

Національна академія педагогічних наук України
Інститут цифровізації освіти

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МІНТІЙ ІРИНА СЕРГІЇВНА

УДК [378.147+378.16]:[378+004]

ДИСЕРТАЦІЯ

**МЕТОДИЧНА СИСТЕМА КОМБІНОВАНОГО НАВЧАННЯ
МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ**

13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Подається на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів
і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело, а всі частини
тексту дисертації, під час написання яких використовувалися технології штучного
інтелекту, перевірені та відредаговані мною особисто



I. С. Мінтій

Науковий консультант **Семеріков Сергій Олексійович**, доктор педагогічних наук,
професор, старший дослідник

Київ 2026

АНОТАЦІЯ

Мінтій І. С. Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті. – Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, 2026.

Дисертацію присвячено теоретичному обґрунтуванню, розробці та експериментальній перевірці методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики. Актуальність дослідження зумовлена потребою у якісній підготовці вчителів інформатики в умовах цифрової трансформації освіти та визнання інформатики фундаментальною STEM-дисципліною, європейськими вимогами до інтеграції комбінованого навчання у педагогічну освіту та відсутністю цілісної, побудованої на доказових засадах методичної системи такої підготовки.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики. Завдання дослідження: уточнити поняттєвий апарат дослідження, визначити сутність комбінованого навчання та підходи до його організації; здійснити систематичний огляд досліджень із професійної підготовки вчителів інформатики, виявити спільні й відмінні риси програм у різних країнах та чинники якості підготовки, встановити закономірності підготовки й сформулювати доказову основу проєктування методичної системи; змодельовати методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики на основі конвергенції трьох теоретичних рамок: технологічно-педагогічного предметного знання (Technological Pedagogical Content Knowledge, TPACK), спільноти дослідження (Community of Inquiry, CoI) та таксономії рівнів навчальної діяльності ICAP (Interactive, Constructive, Active, Passive – інтерактивний, конструктивний, активний і пасивний рівні); спроектувати методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики як реалізацію розробленої моделі, обґрунтувавши комплекс організаційно-педагогічних умов її реалізації; розробити окремі методики комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики (використання систем управління навчанням, організації синхронної та асинхронної взаємодії, розвитку цифрової компетентності, мікрОВикладання із взаємним оцінюванням, проєктного навчання на основі TPACK-таксономії цифрових засобів, використання імерсив-

них технологій, навчання програмування); розробити критеріально-діагностичний апарат оцінювання сформованості цифрової компетентності (критерії, рівні, інструментарій) та експериментально перевірити ефективність спроектованої методичної системи у підготовці бакалаврів спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика).

Методи дослідження: бібліометричний аналіз джерел з комбінованого навчання для визначення тематики досліджень та провідних підходів; лінгвістичний аналіз для вибору українського наукового поняття; наративний огляд для визначення змісту ключового поняття дослідження; SWOT-аналіз для виявлення переваг, недоліків, можливостей та ризиків упровадження комбінованого навчання; систематичний огляд (за протоколом PRISMA 2020) джерел із професійної підготовки вчителів інформатики для виявлення спільних і відмінних рис програм у різних країнах та чинників якості підготовки; нетнографія мережевих освітніх середовищ; педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний, контрольний етапи) для перевірки ефективності методичної системи; анкетування для діагностики цифрової компетентності та вивчення досвіду комбінованого навчання; статистичні методи (t -тест Стюдента, χ^2 -критерій Пірсона, z -критерій для часток, d та h Коена, SEM-PLS).

Обґрунтовано доцільність поняття «комбіноване навчання» на противагу «змішаному навчанню» й уточнено його тлумачення як спланованого, педагогічно виваженого, адаптивного поєднання, взаємопроникнення та інтеграції очного й дистанційного, формального й неформального, реального й віртуального, індивідуального й колективного навчання засобами інтелектуальних технологій. Класифіковано підходи до організації комбінованого навчання за трьома критеріями – способом комбінування форм навчання, типом засобів ІКТ та видом педагогічних технологій.

Здійснено найбільший систематичний огляд професійної підготовки вчителів інформатики (300 досліджень, 52 роки (1972–2024), 44 країни, 6 баз даних). Його результати відтворювані, дані відповідають принципам FAIR, а видобування верифіковано із залученням інтелектуальних технологій. Встановлено фундаментальні закономірності: 1) тріаду «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика», узгоджену з ТРАСК, із дисбалансом на користь предметної складової; 2) парадигмальний зсув від лекцій до активних методів; 3) зростання ролі комбінованого навчання за відсутності валідованих методичних систем; 4) неузгодженість оцінювання із провідними методами навчання. Виявлені закономірності

формують доказову основу проектування методичної системи.

Розроблено інтегровану п'ятикомпонентну модель методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики (цільовий, змістовий, технологічний, організаційний, діагностично-результативний компоненти) з подвійним – теоретичним та емпіричним – обґрунтуванням принципів проектування. Механізмом узгодженості компонентів є конструктивне узгодження, а наскрізним аналітичним каркасом – потрібна рамка ТРАСК – CoI – ICAP.

Обґрунтовано комплекс із п'яти організаційно-педагогічних умов, кожен з яких визначено даними огляду та специфічною теоретичною рамкою (ТРАСК, CoI, ICAP, DigCompEdu, теорією самодетермінації). Як реалізацію розробленої моделі спроектовано методичну систему: розроблено ТРАСК-орієнтовану карту навчального плану, архітектуру середовища комбінованого навчання та систему моніторингу й діагностики з кількісними цілями подолання неузгодженості оцінювання.

Розроблено сім взаємопов'язаних методик реалізації системи (використання системи управління навчанням Moodle; синхронної та асинхронної взаємодії; розвитку цифрової компетентності; мікрОВикладання із взаємним оцінюванням; проектного навчання; використання імерсивних технологій AR/VR; навчання програмування), інтегрованих через середовище комбінованого навчання на основі Moodle та Google Workspace.

Розроблено критеріально-діагностичний апарат оцінювання сформованості цифрової компетентності (когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний та рефлексивно-оцінювальний критерії, рівнева шкала, діагностичний інструментарій). Триетапний педагогічний експеримент (2015–2024) на базі Криворізького державного педагогічного університету підтвердив ефективність системи.

Отримані дані тріангульовано трьома незалежними потоками (кількісна діагностика, навчальна аналітика, якісний аналіз кваліфікаційних робіт студентів). Результати впроваджено у десяти закладах вищої освіти України.

Наукова новизна: *уперше* проведено систематичний огляд професійної підготовки вчителів інформатики (найбільший за обсягом – 300 досліджень, хронологічним охопленням – 52 роки, географічним покриттям – 44 країни, 6 баз даних), виконаний за протоколом PRISMA 2020 на засадах доказової педагогіки (відтворюваність, відповідність принципам FAIR, верифікованість із залученням інтелектуальних технологій), який надав можливість визначити фундаментальні за-

кономірності професійної підготовки вчителів інформатики: 1) тріаду «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» як структурну основу програм, узгоджену з моделлю ТРАСК, із характерним дисбалансом на користь предметної складової; 2) парадигмальний зсув від пасивних до активних форм навчання; 3) зростання ролі комбінованого навчання за відсутності валідованих методичних систем для підготовки вчителів інформатики; 4) неузгодженість оцінювання та розвитку соціальних навичок із провідними (колаборативними) методами навчання; обґрунтовано систему із семи принципів доказового проектування методичної системи (науковості та інноваційності; системності та цілісності; адаптивності, гнучкості та універсального дизайну; студентоцентрованості; інтегративності; технологічності; діагностичності та рефлексивності) з подвійним – теоретичним та емпіричним – обґрунтуванням кожного; розроблено інтегровану п'ятикомпонентну модель методичної системи, кожен структурний зв'язок якої обґрунтовано виключно даними систематичного огляду (принцип простежуваності «від доказів до рішень»); визначено комплекс організаційно-педагогічних умов ефективної підготовки вчителів інформатики в умовах комбінованого навчання, кожна з яких обґрунтована даними систематичного огляду та теоретичними рамками (ТРАСК, CoI, ICAP, DigCompEdu, теорією самодетермінації); теоретично обґрунтовано та розроблено цілісну методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики, спроектовану на доказових засадах, інтегровану наскрізною потрібною теоретичною рамкою (ТРАСК, CoI та ICAP) та втілену в окремих методиках (використання системи управління навчанням Moodle; синхронної та асинхронної взаємодії; розвитку цифрової компетентності за DigCompEdu; мікрОВикладання із взаємним оцінюванням; проєктного навчання на основі ТРАСК-таксономії; використання імерсивних технологій AR/VR; навчання програмування на основі конвеєра від блочного через текстове до фізичного обчислення); *удосконалено*: тлумачення поняття «комбіноване навчання» з урахуванням євроінтеграційних процесів, взаємопроникнення та інтеграції технологій формального і неформального, реального і віртуального, індивідуального і колективного навчання засобами інтелектуальних технологій; систему критеріїв діагностики цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики (когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний, рефлексивно-оцінювальний) за рівневою шкалою з подвійним співвіднесенням до таксономії Блума та DigCompEdu; підходи до ТРАСК-картографування навчальних програм; *набули подальшого розвитку*: наукові положення щодо використання

імерсивних технологій в освіті, зокрема трирівнева модель підготовки «споживач – дизайнер – методист» та обґрунтований добір стека WebAR-технологій; підходи до моделювання методичних систем на основі простежуваності «від доказів до рішень»; методичні засади розвитку цифрової компетентності за прогресією DigCompEdu; зміст і розробка методичних систем навчання інформатичних дисциплін.

Практичне значення результатів дослідження полягає у розробці 6 курсів Moodle: «Методика навчання інформатики» (Частини I-III), «Шкільний курс інформатики» (Частини I-II), «Цифрові технології в освіті»; 3 силабусів високопріоритетних дисциплін: «Методика навчання інформатики», «Шкільний курс інформатики», «Цифрові технології в освіті»; 4 версій освітньо-професійних програм «Інформатика. Програмування»; діагностичного інструментарію; методичних рекомендацій з емпіричним обґрунтуванням та цільовими показниками, зокрема щодо забезпечення доступності електронного освітнього середовища на засадах універсального дизайну в навчанні.

Ключові слова: комбіноване навчання, учитель інформатики, методична система, професійна підготовка, систематичний огляд, ТРАСК, цифрова компетентність, Moodle, педагогічний експеримент, імерсивні технології, мікровикладання, проєктне навчання.

SUMMARY

Mintii I. S. Methodological System of Blended Learning for Pre-Service Computer Science Teachers. – Qualifying scientific work, manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Pedagogical Sciences in specialty 13.00.10 – Information and Communication Technologies in Education. – Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, 2026.

This dissertation presents the theoretical substantiation, development, and experimental validation of a methodological system of blended learning for pre-service computer science teachers. The relevance of the study is determined by the need for high-quality training of computer science teachers in the context of the digital transformation of education and the recognition of computer science as a fundamental STEM discipline, European requirements for integrating blended learning into teacher education, and the lack of a holistic, evidence-based methodological system for such training.

The aim of the study is to theoretically substantiate, develop, and experimentally verify the methodological system of blended learning for pre-service computer science teachers. Research tasks: to refine the conceptual framework of the study and define the essence of blended learning and approaches to its organization; to conduct a systematic review of research on computer science teacher training, identify common and distinctive features of programs across different countries and the factors influencing training quality, establish patterns in computer science teacher training, and build the evidence base for designing the methodological system; to model the methodological system of blended learning for pre-service computer science teachers on the basis of the convergence of three theoretical frameworks – Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), the Community of Inquiry (CoI), and the ICAP taxonomy of learning-activity levels (Interactive, Constructive, Active, Passive); to design the methodological system of blended learning for pre-service computer science teachers as an implementation of the developed model, substantiating a set of organizational and pedagogical conditions for its implementation; to develop specific methods of blended learning for pre-service computer science teachers (the use of learning management systems, the organization of synchronous and asynchronous interaction, digital competence development, microteaching with peer assessment, project-based learning using a TPACK taxonomy of digital tools, the use of immersive technologies, and teaching programming); to develop a criterion-based diagnostic toolkit for assessing the level of digital competence (criteria,

levels, instruments) and to experimentally verify the effectiveness of the designed methodological system in the training of bachelor students in specialty A4 Secondary Education (Informatics).

Research methods: bibliometric analysis of sources on blended learning to determine research topics and leading approaches; linguistic analysis to select the Ukrainian scholarly term; narrative review to define the content of the study's key concept; SWOT analysis to identify the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of implementing blended learning; systematic review (following the PRISMA 2020 protocol) of sources on computer science teacher training to identify common and distinctive features of programs across different countries and the factors influencing training quality; netnography of networked educational environments; pedagogical experiment (ascertaining, formative, and control stages) to verify the effectiveness of the methodological system; questionnaire surveys to diagnose digital competence and to study blended learning experience; statistical methods (Student's *t*-test, Pearson's χ^2 -test, *z*-test for proportions, Cohen's *d* and *h*, SEM-PLS).

The choice of the Ukrainian term «kombinovane navchannia» rather than «zmi-shane navchannia» as the equivalent of «blended learning» was substantiated. Its definition was refined as a planned, pedagogically sound, adaptive combination, interpenetration, and integration of face-to-face and distance, formal and non-formal, real and virtual, and individual and collective learning by means of intelligent technologies. Approaches to organizing blended learning were classified by three criteria – the mode of combining learning forms, the type of ICT tools, and the type of pedagogical technologies.

The largest systematic review of computer science teacher training to date was conducted (300 studies, 52 years, 1972–2024, 44 countries, 6 databases). Its results are reproducible, its data comply with the FAIR principles, and data extraction was verified with the aid of intelligent technologies. Four key patterns were identified: 1) the triad «subject-matter training – pedagogical training – teaching practice», aligned with TPACK, with a characteristic imbalance in favor of the subject-matter component; 2) a paradigm shift from lectures to active methods; 3) the growing role of blended learning in the absence of validated methodological systems; and 4) a misalignment between assessment and the predominant teaching methods. These patterns form the evidence base for designing the methodological system.

An integrated five-component model of the methodological system of blended learning for pre-service computer science teachers was developed (goal, content,

technological, organizational, and diagnostic-outcome components), with a dual – theoretical and empirical – justification of its design principles. Coherence among the components is ensured by constructive alignment, while the cross-cutting analytical framework is the triple theoretical framework TPACK – CoI – ICAP.

A set of five organizational and pedagogical conditions was substantiated, each grounded in the systematic review data and a corresponding theoretical framework (TPACK, CoI, ICAP, DigCompEdu, and Self-Determination Theory). The methodological system was designed as an implementation of the developed model; this included the development of a TPACK-oriented curriculum map, an architecture for the blended learning environment, and a monitoring and diagnostic system with quantitative targets for addressing the misalignment in assessment.

Seven interconnected methods for implementing the system were developed (the use of the Moodle learning management system; synchronous and asynchronous interaction; digital competence development; microteaching with peer assessment; project-based learning; the use of immersive AR/VR technologies; and teaching programming), integrated through a blended learning environment based on Moodle and Google Workspace.

A criterion-based diagnostic toolkit for assessing the level of digital competence was developed (cognitive, operational-activity, motivational-value, and reflective-evaluative criteria; a level-based scale; and diagnostic instruments). A three-stage pedagogical experiment (2015–2024) at Kryvyi Rih State Pedagogical University confirmed the system's effectiveness.

The findings were triangulated using three independent data streams: quantitative diagnostics, learning analytics, and a qualitative analysis of students' theses. The results have been implemented at ten higher education institutions in Ukraine.

Scientific novelty: *for the first time*, a systematic review of computer science teacher training was conducted (the largest in scope – 300 studies; chronological coverage – 52 years; geographical coverage – 44 countries, 6 databases), carried out following the PRISMA 2020 protocol on the principles of evidence-based pedagogy (reproducibility, compliance with the FAIR principles, and verifiability with the aid of intelligent technologies), which made it possible to identify key patterns of computer science teacher training: 1) the triad «subject-matter training – pedagogical training – teaching practice» as the structural foundation of programs, aligned with the TPACK model, with a characteristic imbalance in favor of the subject-matter component; 2) a

paradigm shift from passive to active forms of learning; 3) the growing role of blended learning in the absence of validated methodological systems for computer science teacher training; 4) a misalignment of assessment and social-skills development with the predominant (collaborative) teaching methods; a system of seven principles of evidence-based design of the methodological system was substantiated (scientific rigor and innovativeness; systemic coherence and integrity; adaptability, flexibility, and universal design; student-centeredness; integration; technological orientation; diagnostic orientation and reflectivity), each with a dual – theoretical and empirical – justification; an integrated five-component model of the methodological system was developed, each structural link of which is justified exclusively by systematic review data (the principle of «evidence-to-decision» traceability); a set of organizational and pedagogical conditions for the effective training of computer science teachers in a blended learning setting was determined, each grounded in the systematic review data and theoretical frameworks (TPACK, CoI, ICAP, DigCompEdu, and Self-Determination Theory); a holistic methodological system of blended learning for pre-service computer science teachers was theoretically substantiated and developed, designed on evidence-based principles and integrated through a cross-cutting triple theoretical framework (TPACK, CoI, and ICAP) and embodied in specific methods (the use of the Moodle learning management system; synchronous and asynchronous interaction; digital competence development following DigCompEdu; microteaching with peer assessment; project-based learning using a TPACK taxonomy; the use of immersive AR/VR technologies; and teaching programming based on a pipeline from block-based through text-based to physical computing); *improved*: the interpretation of the concept of «blended learning» with regard to European integration processes, and the interpenetration and integration of technologies of formal and non-formal, real and virtual, and individual and collective learning by means of intelligent technologies; the system of criteria for diagnosing the digital competence of pre-service computer science teachers (cognitive, operational-activity, motivational-value, and reflective-evaluative) using a level-based scale aligned with both Bloom's taxonomy and DigCompEdu; approaches to the TPACK mapping of curricula; *further developed*: theoretical propositions concerning the use of immersive technologies in education, in particular the three-level training model «user – designer – methodologist» and the substantiated selection of a WebAR technology stack; approaches to modeling methodological systems based on «evidence-to-decision» traceability; the methodological foundations of digital competence development following the

DigCompEdu progression; and the content and development of methodological systems for teaching computer science disciplines.

The practical significance of the research findings lies in the development of 6 Moodle courses: «Methods of Teaching Computer Science» (Parts I–III), «School Computer Science Course» (Parts I–II), and «Digital Technologies in Education»; 3 syllabi of high-priority disciplines: «Methods of Teaching Computer Science», «School Computer Science Course», and «Digital Technologies in Education»; 4 versions of the educational and professional program «Computer Science. Programming»; a diagnostic toolkit; and methodological recommendations with empirical justification and quantitative targets, including recommendations on ensuring the accessibility of the electronic educational environment in accordance with the principles of Universal Design for Learning.

Key words: blended learning, computer science teacher, methodological system, teacher education, systematic review, TPACK, digital competence, Moodle, pedagogical experiment, immersive technologies, microteaching, project-based learning.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. І. С. Мінтій та С. В. Шокалюк, «Засоби реалізації чисельних методів розв’язування нелінійних рівнянь з однією змінною», *Актуальні питання природничо-математичної освіти*, т. 9, с. 95–100, 2017. doi: 10.31812/0564/1362
2. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк, В. М. Пірогов, А. М. Горло та М. М. Мінтій, «Аналіз програмних засобів для людей із порушеннями зору», *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*, № 4 (95), с. 108–116, 2018. doi: 10.35433/pedagogy.4(95).2018.108-116
3. I. S. Mintii, «Using Learning Content Management System Moodle in Kryvyi Rih State Pedagogical University educational process», в *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019, А. Е. Кив та М. Р. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2643, CEUR-WS.org, 2019, с. 293–305. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2643/paper17.pdf> (**Scopus**)
4. І. Мінтій, С. Шокалюк, С. Литвинова та О. Пінчук, «Проектування електронних навчальних курсів на основі типового Moodle-курсу університету», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні науки»*, № 14(43), с. 66–84, 2020. doi: 10.32405/2218-7650-2020-14(43)-66-84
5. I. S. Mintii, O. V. Bondarenko, S. V. Shokaliuk, K. V. Polhun та М. М. Mintii, «Analysis of the use of LCMS Moodle in the educational process of KrSPU», *Educational Dimension*, т. 3, с. 368–383, 2020. doi: 10.31812/educdim.v55i0.4366
6. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Mapping lifelong learning quality: a bibliometric study», *Educational Dimension*, т. 3, с. 1–8, 2020. doi: 10.31812/ed.622
7. D. S. Shepiliev, Y. O. Modlo, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, M. M. Mintii, I. S. Mintii, O. M. Markova, T. V. Selivanova, O. M. Drashko, O. O. Kalinichenko, T. A. Vakaliuk, V. V. Osadchyi та S. O. Semerikov, «WebAR development tools: An overview», *CEUR Workshop Proceedings*, т. 2832, А. Е. Кив, S. O. Semerikov, V. N. Soloviev та А. М. Striuk, ред., с. 84–93, 2020. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2832/paper12.pdf> (**Scopus**)
8. D. S. Shepiliev, S. O. Semerikov, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, O. M. Markova, Y. O. Modlo, I. S. Mintii, M. M. Mintii, T. V. Selivanova, N. K. Maksyshko, T. A. Vakaliuk, V. V. Osadchyi, R. O. Tarasenko, S. M. Amelina та А. Е. Кив, «Development of career guidance quests using WebAR», *Journal of Physics:*

- Conference Series*, т. 1840, № 1, с. 012 028, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1840/1/012028 (**Scopus**)
9. I. S. Mintii, T. A. Vakaliuk, S. M. Ivanova, O. A. Chernysh, S. M. Hryshchenko та S. O. Semerikov, «Current state and prospects of distance learning development in Ukraine», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 41–55. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper01.pdf> (**Scopus**)
 10. S. O. Semerikov, M. M. Mintii та I. S. Mintii, «Review of the course «Development of Virtual and Augmented Reality Software» for STEM teachers: implementation results and improvement potentials», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 159–177. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper09.pdf> (**Scopus**)
 11. I. P. Varava, A. P. Bohinska, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Soft Skills in Software Engineering technicians education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1946, с. 012 012, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1946/1/012012 (**Scopus**)
 12. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, В. А. Гаманюк, В. М. Соловійов, О. В. Бондаренко, П. П. Нечипуренко, С. В. Шокалюк, Н. В. Моїсеєнко та В. Р. Рубан, «Розробка системи комп'ютерного зору на основі машинного навчання для освітніх цілей», *Освітній вимір*, т. 5, с. 8–60, 2021. doi: 10.31812/educdim.4717
 13. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та D. S. Shepiliev, «Immersive E-Learning Resources: Design Methods», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 37–47. doi: 10.1145/3526242.3526264 (**Scopus; WoS**)
 14. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та С. М. Іванова, «Використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності досліджень: результати констатувального експерименту», *Інноваційна педагогіка*, т. 47, с. 309–315, 2022. doi: 10.32843/2663-6085/2022/47.59

15. О. М. Спірін, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, С. М. Іванова та О. Шимон, «Технологія використання наукометричної бази даних Scopus для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні науки»*, т. 22(51), с. 116–136, 2022. doi: 10.32405/2218-7650-2022-22(51)-116-136
16. С. М. Іванова, Т. Л. Новицька, А. В. Кільченко, Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Технологія використання наукових електронних бібліотек для оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень», *Освіта. Інноватика. Практика*, т. 10, № 6, с. 14–23, 2022. doi: 10.31110/2616-650X-vol10i6-002
17. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк, С. М. Іванова та А. В. Кільченко, «Окремі компоненти технології використання наукометричної бази даних Web of Science для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, т. 208, с. 177–187, 2023. doi: 10.36550/2415-7988-2023-1-208-177-187
18. О. М. Спірін, Т. А. Вакалюк, В. П. Олексюк, С. М. Іванова, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Модель використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, т. 14, с. 50–62, 2023. doi: 10.28925/2414-0325.2023.145
19. I. S. Mintii, «Blended learning: definition, concept, and relevance», *Educational Dimension*, т. 8, с. 85–111, 2023. doi: 10.31812/ed.539
20. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та S. O. Didkivska, «Challenges facing distance learning during martial law: results of a survey of Ukrainian students», *Educational Technology Quarterly*, т. 2023, № 4, с. 401–421, 2023. doi: 10.55056/etq.637
21. I. S. Mintii, «Blended learning for teacher training: benefits, challenges, and recommendations», *Educational Dimension*, т. 9, с. 1–12, 2023. doi: 10.31812/ed.581
22. I. S. Mintii, «Blended learning: definition, concept and relevance to education for sustainability», в *Proceedings of the 7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 14, 2024, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3918, CEUR-WS.org, 2025, с. 260–281. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3918/paper303.pdf> (**Scopus**)
23. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko,

- P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk ta N. V. Moiseienko, «Development of digital competencies in immersive cloud-based educational environment», в *Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024) co-located with ICTERI 2024, Lviv, Ukraine, September 23, 2024*, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3781, CEUR-WS.org, 2024, с. 203–208. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper27.pdf> **(Scopus)**
24. I. S. Mintii ta S. O. Semerikov, «Optimizing Teacher Training and Retraining for the Age of AI-Powered Personalized Learning: A Bibliometric Analysis», в *Information Technology for Education, Science, and Technics*, cep. Lecture Notes in Data Engineering and Communications Technologies, т. 231, Springer, 2024, с. 339–357. doi: 10.1007/978-3-031-71804-5_23 **(Scopus, Q4)**
 25. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii ta L. O. Fadieieva, «Differential effects of Moodle course design on student subpopulations: advancing personalized learning in higher education», *Smart Learning Environments*, т. 12, с. 46, 2025. doi: 10.1186/s40561-025-00400-6 **(Scopus, Q1; WoS, Q1)**
 26. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii ta L. O. Fadieieva, «Multivariate analysis of Moodle components and grade distribution patterns for adaptive learning environments», *Discover Education*, т. 5, с. 15, 2026. doi: 10.1007/s44217-025-01024-1 **(Scopus, Q2)**
 27. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk ta I. S. Mintii, «Resilience through crisis: an integrated framework for entrepreneurial STEM education in conflict-affected contexts», *Discover Education*, т. 5, с. 24, 2026. doi: 10.1007/s44217-025-01041-0 **(Scopus, Q2)**
 28. S. O. Semerikov, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk ta I. S. Mintii, «Student elective course selection patterns and satisfaction determinants identified through educational data mining», *Scientific Reports*, т. 16, с. 6965, 2026. doi: 10.1038/s41598-026-37712-7 **(Scopus, Q1; WoS, Q1)**
 29. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko ta O. B. Kanevska, «Mapping the Emergence: A Bibliometric Analysis of the Convergence Gap in GeoAI Teacher Education Research», *SN Computer Science*, т. 7, с. 114, 2026. doi: 10.1007/s42979-026-04731-0 **(Scopus, Q2)**
 30. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii ta L. O. Fadieieva, «Development and validation of an adaptive learning readiness assessment

framework for Moodle courses», *Journal of New Approaches in Educational Research*, т. 15, с. 19, 2026. doi: 10.1007/s44322-026-00069-w (**Scopus, Q1; WoS, Q1**)

31. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Multi-dimensional bibliometric framework for analyzing research adaptation during crisis: evidence from Ukrainian educational psychology», *Social Sciences & Humanities Open*, т. 13, с. 102 709, 2026. doi: 10.1016/j.ssaho.2026.102709 (**Scopus, Q1**)
32. S. O. Semerikov, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та P. P. Nechypurenko, «Institutional heterogeneity in crisis response: A mixed-methods analysis of Ukrainian higher education strategic adaptation during war», *International Journal of Educational Research Open*, т. 11, с. 100 580, 2026. doi: 10.1016/j.ijedro.2026.100580 (**Scopus, Q1**)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

33. І. С. Мінтій, «Розвиток ІК-компетентностей викладачів математичних дисциплін в мобільному освітньому середовищі», в *Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (10 жовтня 2017 р.)*, Н. П. Франчук, ред., Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2017, с. 125–126. doi: 10.31812/0564/1524
34. І. С. Мінтій та С. О. Семеріков, «Мобільно орієнтоване середовище навчання студентів природничо-математичних спеціальностей педагогічних вищих навчальних закладів», в *Актуальні питання сучасної інформатики: Тези доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці», присвяченої 10-ій річниці функціонування Інтернет-порталу E-OLYMP (09-10 листопада 2017 р.)*, т. 5, Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2017, с. 142–143. doi: 10.31812/0564/1521
35. І. С. Мінтій, С. О. Семеріков та В. М. Соловйов, «Кафедрі інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету – 25: історія, аналіз здобутків та перспективи розвитку», в *Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2017» (14 груд. 2017 р.)*, О. М. Спірін та А. В. Яцишин, ред., Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 2017, с. 167–171. doi: 10.31812/0564/1961

36. І. С. Мінтій та Т. В. Придача, «Використання Google Forms у роботі майбутнього класного керівника», в *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці: Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції ІТОНТ-2018 (17-18 травня 2018 р.)*, Черкаси: ЧДТУ, 2018, с. 216–218. doi: 10.31812/0564/2243
37. В. М. Пірогов, І. С. Мінтій, М. М. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Програмні засоби для людей із порушеннями зору», в *Актуальні питання сучасної інформатики: Тези доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці» (08-09 листопада 2018 р.)*, Т. А. Вакалюк, ред., т. 6, Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2018, с. 166–170. doi: 10.31812/123456789/2768
38. I. S. Mintii та V. N. Soloviev, «Augmented Reality: Ukrainian Present Business and Future Education», в *Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality in Education, Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018*, А. Е. Ків та V. N. Soloviev, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2257, CEUR-WS.org, 2018, с. 227–231. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2257/paper22.pdf> (**Scopus**)
39. В. М. Пірогов, А. М. Горло та І. С. Мінтій, «Програмна розробка алгоритму адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», *CEUR Workshop Proceedings*, т. 2292, А. Ю. Ків, С. О. Семеріков, В. М. Соловйов та А. М. Стрюк, ред., с. 103–108, 2018. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2292/paper11.pdf> (**Scopus**)
40. I. S. Mintii, S. V. Shokaliuk, T. A. Vakaliuk, M. M. Mintii та V. N. Soloviev, «Import test questions into Moodle LMS», в *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018*, А. Е. Ків та V. N. Soloviev, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2433, CEUR-WS.org, 2018, с. 529–540. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper36.pdf> (**Scopus**)
41. V. O. Ustinova, S. V. Shokaliuk, I. S. Mintii та A. V. Pikilnyak, «Modern techniques of organizing computer support for future teachers' independent work in German language», в *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018*, А. Е. Ків та V. N. Soloviev, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2433, CEUR-WS.org, 2018, с. 308–321. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper20.pdf> (**Scopus**)
42. І. С. Мінтій, М. М. Мінтій та С. В. Шокалюк, «Імпорт питань в систему

- управління навчанням Moodle», в *Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції «MoodleMoot Ukraine 2019. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle»* (24 травня 2019 р.), Київ, 2019, с. 103–108. url: <https://2019.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=5>
43. А. М. Горло, В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Алгоритм адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», в *Інтелектуальний потенціал – 2019*, т. Ч. 3: Математичне моделювання та інженерія програмного забезпечення, 2019, с. 28–30. doi: 10.31812/123456789/3573
 44. І. В. Зезуль та І. С. Мінтій, «Розробка хмаро орієнтованого курсу шкільної інформатики», в *Матеріали XIII Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі»* (24-26 березня 2020 р.), Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2020, с. 202–204. doi: 10.31812/123456789/3832
 45. Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Поняття хмаро орієнтованого навчального середовища закладу вищої освіти», в *Імплементация європейських стандартів в українські освітні дослідження: збірник матеріалів IV Міжнародної наукової конференції Української асоціації дослідників освіти* (26 червня 2020 р.), С. Щудло, О. Заболотна та Л. Загоруйко, ред., ТзОВ «Трек-ЛТД», 2020, с. 32–34. doi: 10.31812/123456789/4107
 46. S. O. Semerikov, M. P. Shyshkina, A. M. Striuk, M. I. Striuk, I. S. Mintii, O. O. Kalinichenko, L. S. Kolgatina та M. Y. Karpova, «8th Workshop on Cloud Technologies in Education: Report», в *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2020, S. O. Semerikov та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2879, CEUR-WS.org, 2020, с. 1–69. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2879/paper00.pdf> (**Scopus**)
 47. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Огляд наукометричних баз Google Scholar та ORCID», в *Звітна наукова конференція ІТЗН НАПН України: матеріали наук.-практ. конф.* (11 лютого 2021 р.), Київ: ІТЗН НАПН України, 2021, с. 63–66. doi: 10.31812/123456789/5085
 48. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Огляд можливостей референс-менеджера Mendeley», в *Сучасні ІТ в освіті та науці: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю* (18-19 листопада 2021 р.), Житомир: ЖДУ, 2021, с. 98–102. doi: 10.31812/123456789/6070

49. І. В. Зезуль, В. В. Подолянюк та І. С. Мінтій, «Використання системи Human школа в освітньому процесі», в *Матеріали XIV Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (23-25 березня 2021 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2021, с. 144–147. doi: 10.31812/123456789/4268
50. S. H. Lytvynova, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, M. I. Striuk, L. S. Kolgatina, V. Y. Velychko, I. S. Mintii, O. O. Kalinichenko та S. M. Tukalo, «AREdu 2021 – Immersive technology today», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021), Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021*, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 1–40. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper00.pdf> (**Scopus**)
51. O. V. Zaika, T. A. Vakaliuk, A. V. Riabko, R. P. Kukharchuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «Selection of online tools for creating math tests», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021), Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021*, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 82–106. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper04.pdf> (**Scopus**)
52. Д. В. Головка, І. В. Зезуль та І. С. Мінтій, «Використання додатків WPS Office у шкільному курсі інформатики», в *Сучасні інформаційні технології в освіті і науці: 12 Всеукр. студ. наук. Інтернет-конф. (22-23 квітня 2021 р.)*, М. О. Медведєва, Г. В. Ткачук та О. В. Жмуд, ред., Умань: Візаві, 2021, с. 41–43. doi: 10.31812/123456789/4424
53. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Референс-менеджери як засоби керування бібліографічними даними», в *Інформаційні технології в освіті та науці*, т. 12, Мелітополь: ФОП «Однорог Т. В.», 2021, с. 102–105. doi: 10.31812/123456789/5066
54. І. С. Мінтій та В. М. Коваленко, «Проблеми впровадження інформаційно-цифрових технологій в галузі освіти і науки», в *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності: тези доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. (2 лист. 2021 р.)*, Київ: Національний авіаційний університет, 2021, с. 89–93. doi: 10.31812/123456789/6053
55. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, M. P. Shyshkina, A. M. Striuk, M. I. Striuk, Y. V.

- Yechkalo, I. S. Mintii, P. P. Nechypurenko, O. O. Kalinichenko, L. S. Kolgatina, K. V. Vlasenko, S. M. Amelina та O. V. Semenikhina, «9th Workshop on Cloud Technologies in Education: Report», в *Proceedings of the 9th Workshop on Cloud Technologies in Education, CTE 2021, Kryvyi Rih, Ukraine, December 17, 2021*, A. E. Kiv, S. O. Semerikov та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3085, CEUR-WS.org, 2021, с. i–lxxvii. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper00.pdf> (**Scopus**)
56. Т. А. Вакалюк, С. М. Іванова та І. С. Мінтій, «Результати аналітико-констатувального етапу дослідження «Методика використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень»», в *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України (10 лютого 2022 р.)*, О. П. Пінчук та Н. В. Яськова, ред., Київ, 2022, с. 13–16. doi: 10.31812/123456789/6467
 57. Е. У. Tarasova та І. С. Mintii, «Web application for facial wrinkle recognition», в *Proceedings of the 4th Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2021), Virtual Event, Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2021*, A. E. Kiv, S. O. Semerikov, V. N. Soloviev та A. M. Striuk, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3077, CEUR-WS.org, 2022, с. 198–210. url: <http://ceur-ws.org/Vol-3077/paper19.pdf> (**Scopus**)
 58. В. С. Січкара та І. С. Мінтій, «Програмні засоби для підтримки вивчення 3D-моделювання у старшій школі», в *Матеріали XV Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (22-24 березня 2022 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2022, с. 118–120. doi: 10.31812/123456789/6238
 59. В. Подолянюк та І. С. Мінтій, «Тестові завдання курсу «Сервіси Google в освітньому процесі»», в *Матеріали XV Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (22-24 березня 2022 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2022, с. 128–130. doi: 10.31812/123456789/6239
 60. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та С. М. Іванова, «Огляд можливостей онлайн-сервісу Lens», в *Тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2022) (23-25*

- червня 2022 р.), Черкаси: ЧДТУ, 2022, с. 96–97. doi: 10.31812/123456789/6468
61. S. Papadakis, A. E. Kiv, H. M. Kravtsov, V. V. Osadchyi, M. V. Marienko, O. P. Pinchuk, M. P. Shyshkina, O. M. Sokolyuk, I. S. Mintii, T. A. Vakaliuk, A. M. Striuk та S. O. Semerikov, «Revolutionizing education: using computer simulation and cloud-based smart technology to facilitate successful open learning», в *Joint Proceedings of the 10th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education, and Workshop on Cloud-based Smart Technologies for Open Education (CoSinEi and CSTOE 2022) co-located with ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education (CITEd 2022) Kyiv, Ukraine, December 22, 2022*, S. Papadakis, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3358, CEUR-WS.org, 2023, с. 1–18. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3358/paper00.pdf> (**Scopus**)
 62. І. С. Мінтій та В. А. Доценко, «Дистанційна підтримка комбінованого навчання інформатики у 5 класі», в *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (6 квітня, 2023)*, Тернопіль: Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2023, с. 124–126. doi: 10.31812/123456789/7248
 63. В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Програмні засоби для людей з порушеннями зору: аналіз досліджень у наукометричній базі даних Scopus», в *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті та науці» (25-26 травня 2023 р.)*, Запоріжжя-Мелітополь: Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 2023, с. 124–126. doi: 10.31812/123456789/7249
 64. І. С. Мінтій, «Комбіноване навчання: аналіз досвіду», в *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація освіти України в умовах воєнного стану» (24 лютого 2023 р.)*, Київ: ІЦО НАПН України, 2023, с. 43–45. doi: 10.31812/123456789/7415
 65. V. A. Hamaniuk, V. A. Karpiuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «2nd International Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education», в *2nd International Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education (3L-Edu 2022)*, Kryvyi Rih, Ukraine, 18 May 2022, V. A. Hamaniuk, V. A. Karpiuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, ред., сер. ACNS Conference Series: Social Sciences and Humanities, т. 3, ACNS, 2023, с. 01 001.

doi: 10.55056/cs-ssh/3/01001

66. I. S. Mintii, O. Y. Stetsyshyna, O. Y. Tarasova, O. B. Kanevska та S. O. Semerikov, «A specialized Ukrainian-Polish computer science translator for primary education: Design and implementation», в *Proceedings of the 12th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 12, 2025, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 4043, CEUR-WS.org, 2025, с. 236–253. url: <https://ceur-ws.org/Vol-4043/paper10.pdf> (**Scopus**)
67. I. S. Mintii, «Approaches to the Blended Learning Organisation», в *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2023)*, SciTePress, 2024, с. 114–121. doi: 10.5220/0012647500003737
68. I. S. Mintii, «Blended learning in computer science teacher training», в *Conference proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference «Information Technology for Education, Science and Technics» (ITEST-2024)*, Cherkasy, May 23-24, 2024, Cherkasy: ChSTU, 2024, с. 334–336. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10396>
69. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Automating literature screening with large language models», в *Conference proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference «Information Technology for Education, Science and Technics» (ITEST-2024)*, Cherkasy, May 23-24, 2024, Cherkasy: ChSTU, 2024, с. 130–132. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10385>
70. S. O. Semerikov, A. M. Striuk, M. V. Marienko, O. P. Pinchuk, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, I. S. Mintii, A. V. Iatsyshyn, O. V. Gorda, O. B. Kanevska та I. I. Donchev, «AREdu 2024: Where augmented reality meets augmented intelligence», в *Proceedings of the 7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 14, 2024, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3918, CEUR-WS.org, 2025, с. 1–28. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3918/paper000.pdf> (**Scopus**)
71. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Immersive cloud-based educational environment of the university: Design principles», в *Proceedings of the 3rd Workshop on Digital Transformation of Education (DigiTransfEd 2024) co-located with ICTERI 2024*, Lviv, Ukraine, September 23-27, 2024, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3771, CEUR-WS.org, 2024, с. 126–135. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3771/paper27.pdf> (**Scopus**)

72. S. Papadakis, S. H. Lytvynova, I. S. Mintii, S. M. Ivanova, I. A. Selyshcheva та S. O. Semerikov, «Advancing lifelong learning with AI-enhanced ICT: A review of 3L-Person 2024», в *Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024) co-located with ICTERI 2024, Lviv, Ukraine, September 23, 2024*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3781, CEUR-WS.org, 2024, с. 1–9. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper00.pdf> (**Scopus**)
73. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, I. S. Mintii та O. V. Bondarenko, «Shifting sands: analyzing trends in educational technology research published in Educational Technology Quarterly (2021-2023)», в *Proceedings of the 6th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2023), Kryvyi Rih, Ukraine, May 17, 2023*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3844, CEUR-WS.org, 2024, с. 72–82. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3844/paper10.pdf> (**Scopus**)
74. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Designing an immersive cloud-based educational environment for universities: a comprehensive approach», в *Proceedings of the 6th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2023), Kryvyi Rih, Ukraine, May 17, 2023*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3844, CEUR-WS.org, 2024, с. 107–116. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3844/paper09.pdf> (**Scopus**)
75. І. С. Мінтій, «SWOT-аналіз комбінованого навчання», в *Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану» (23 лютого 2024 р.)*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 46–49. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10397>
76. В. В. Подолянчук та І. С. Мінтій, «Використання мобільних додатків та ігрових технологій для залучення учнів до навчання», в *XV Всеукраїнська науково-практична конференція для молодих учених та здобувачів освіти «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці» (25–26 квітня 2024 р.)*, Умань: Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, 2024. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10398>
77. В. В. Подолянчук та І. С. Мінтій, «Переваги та недоліки використання штучного інтелекту в освітньому процесі», в *Міжнародна наукова конференція*

- «Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2024)» (1-2 березня 2024 р.), Київ, 2024, с. 46–49. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10399>
78. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «Advancing Education in Challenging Times: A Review of the XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024)», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2871, № 1, с. 011 001, 2024. doi: 10.1088/1742-6596/2871/1/011001 (**Scopus**)
 79. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «Advancing educational resilience: Key insights and innovations from the XVII International Conference on Mathematics, Science, and Technology Education (ICon-MaSTEd 2025)», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 3105, № 1, с. 011 001, 2025. doi: 10.1088/1742-6596/3105/1/011001 (**Scopus**)
 80. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Immersive cloud-based mobile learning tools in higher education: a systematic review of integration frameworks and implementation strategies», в *Proceedings of the 8th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2025)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 13, 2025, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 4060, CEUR-WS.org, 2025, с. 24–51. url: <https://ceur-ws.org/Vol-4060/paper02.pdf> (**Scopus**)
 81. S. O. Semerikov, I. S. Mintii та N. V. Moiseienko, «Teaching logic programming: a review», *CTE Workshop Proceedings*, т. 12, с. 399–425, 2025. doi: 10.55056/cte.838
 82. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Цифрові ідентифікатори як інструмент академічної видимості: методичні аспекти», в *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: матеріали XV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (10 квітня 2025 р.)*, Тернопіль: ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2025, с. 160–163. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745832/>
- Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*
83. І. С. Мінтій, Н. А. Хараджян та С. В. Шокалюк, «Розвиток ІК-компетентностей викладачів педагогічних ВНЗ за програмою курсів підвищення кваліфікації «Інформаційно-комунікаційні технології в очно-дистанційному (комбінова-

- ному) навчанні»», *New computer technology*, т. XV, с. 240–244, 2017. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/1075>
84. С. В. Шокалюк, І. С. Мінтій та М. В. Моїсеєнко, «Моделювання уроку інформатики майбутніми вчителями», *New computer technology*, т. XVI, с. 84–93, 2018. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/2222>
 85. А. М. Горло та І. С. Мінтій, «Адаптація дизайну сайту для людей із порушенням кольоросприйняття», *New computer technology*, т. XVI, с. 182–187, 2018. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/2226>
 86. І. С. Мінтій та М. М. Мінтій, «Проектування засобів доповненої реальності навчального призначення», в *Інформаційні технології у вищій школі*, Т. А. Вакалюк та С. Г. Литвинова, ред., Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2019, с. 290–306. doi: 10.31812/123456789/3607
 87. В. Устінова, С. Шокалюк, І. Мінтій та А. Пікільняк, «Сучасні методи організації комп'ютерної підтримки самостійної роботи майбутніх учителів німецької мови», *Педагогіка вищої та середньої школи*, т. 52, с. 135–152, 2019. doi: 10.31812/pedag.v52i0.3781
 88. Т. А. Вакалюк, В. В. Концедайло та І. С. Мінтій, «Професійні м'які компетенції майбутніх інженерів-програмістів: ключові поняття», *Освітній вимір*, т. 2, с. 101–110, 2020. doi: 10.31812/educdim.v54i2.3859
 89. В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Реалізація алгоритмів конвертації та імітації в системі адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», в *Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ)*, Кривий Ріг: Криворізький державний педагогічний університет, 2020, с. 95–97. doi: 10.31812/123456789/4203
 90. М. М. Мінтій та І. С. Мінтій, «МООС як форма підвищення ІКТ-компетентності педагогічних працівників», в *Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ)*, Кривий Ріг: Криворізький державний педагогічний університет, 2020, с. 77–79. doi: 10.31812/123456789/4202
 91. I. Mintii, S. Shokaliuk, T. Vakaliuk, O. Merzlykin та M. Mintii, «Development of a Standard Moodle Course to Optimize the Teacher's Work in Distance Education», *Universal Journal of Educational Research*, т. 8, № 12, с. 6659–6666, 2020. doi: 10.13189/ujer.2020.081230

92. A. E. Kiv, V. N. Soloviev, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XIII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1946, с. 011 001, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1946/1/011001 (**Scopus**)
93. Т. А. Вакалюк, О. М. Спірін, І. С. Мінтій, С. М. Іванова та Т. Л. Новицька, «Наукометричні показники оцінювання результативності педагогічних досліджень науковців та науково-педагогічних працівників», *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, т. 60, с. 167–184, 2021. doi: 10.31652/2412-1142-2021-60-167-184
94. В. Ю. Биков, О. М. Спірін, С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Наукометричні показники оцінювання результативності досліджень наукових установ і закладів освіти», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 86, № 6, с. 289–312, 2021. doi: 10.33407/itlt.v86i6.4656 (**WoS**)
95. V. P. Oleksiuk, S. M. Ivanova та I. S. Mintii, «Evaluating the results of scientific and pedagogic research: a foreign review», *Educational Dimension*, т. 4, с. 58–74, 2021. doi: 10.31812/educdim.v56i4.4435
96. Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, В. А. Гаманюк та С. М. Іванова, «Врахування показників діяльності науково-педагогічних працівників за проектною діяльністю та підготовкою переможців у конкурсах та олімпіадах», *Наукові інновації та передові технології (Серія «Державне управління», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»)*, № 4 (6), с. 22–34, 2022. doi: 10.52058/2786-5274-2022-4(6)-22-34
97. В. С. Моркун, С. М. Грищенко, І. С. Мінтій, М. В. Мар'єнко та Ю. В. Єчкало, «Вимоги до змісту та підготовки докторів філософії зі спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»», *Освітній вимір*, т. 4, с. 77–88, 2021. doi: 10.31812/educdim.v56i4.4436
98. С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Інформаційно-цифрові технології як засоби оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень», *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, т. 4, № 1, 2022. doi: 10.37472/v.naes.2022.4114
99. С. М. Іванова, А. В. Кільченко, І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Оцінювання ре-

- зультативності наукової діяльності засобами інформаційно-цифрових систем окремої установи», *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*, т. 3, с. 39–53, 2021. doi: 10.31812/123456789/5052
100. O. M. Spirin, O. V. Matviienko, S. M. Ivanova, O. V. Ovcharuk, I. S. Mintii, I. V. Ivaniuk та L. A. Luparenko, «The Use of Open Electronic Scientific and Educational Systems to Support the Professional Activities of Research and Teaching Staff of Ukrainian Universities and Scientific Institutions», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 169–176. doi: 10.1145/3526242.3526261 (**Scopus; WoS**)
 101. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та V. R. Ruban, «Mask and Emotion: Computer Vision in the Age of COVID-19», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 103–124. doi: 10.1145/3526242.3526263 (**Scopus; WoS**)
 102. S. O. Semerikov, I. S. Mintii та R. K. Makhachashvili, «Digital Humanities Event Horizon», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 1–28. doi: 10.1145/3526242.3526243 (**Scopus; WoS**)
 103. R. K. Makhachashvili, I. S. Mintii, O. B. Protsenko та S. O. Semerikov, «Preface», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. VI. url: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3526242.3526243> (**Scopus**)
 104. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та D. S. Shepiliev, «Design methodology for immersive educational resources», *Educational Dimension*, т. 6, с. 176–199, 2022. doi: 10.31812/educdim.4716
 105. A. E. Kiv, V. N. Soloviev, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2288, с. 011 001, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2288/1/011001 (**Scopus**)
 106. I. Onikienko, L. Bratchenko, I. Mintii та O. Chaika, «Remote study for the humanities and social sciences: digitization and coaching», *SHS Web Conf.*, т. 142, с. 03 001, 2022. doi: 10.1051/shsconf/202214203001
 107. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk,

- P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2611, № 1, с. 011 001, 2023. doi: 10.1088/1742-6596/2611/1/011001 (Scopus)
108. V. S. Morkun, S. Semerikov, S. Hryshchenko, I. Mintii та Y. Hryshchenko, «Results of Experimental Work to Check the Effectiveness of the Method of Using Geoinformation Technologies», в *Proceedings of the 2nd Myroslav I. Zhaldak Symposium on Advances in Educational Technology – AET*, INSTICC, SciTePress, 2023, с. 272–280. doi: 10.5220/0012063600003431
 109. S. M. Ivanova, O. M. Spirin, O. M. Shymon, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «A Comprehensive Framework for Assessing Scientific Research Effectiveness Among Academic and Research Staff», в *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2023)*, SciTePress, 2024. doi: 10.5220/0000176600003737
 110. О. М. Спiрiн, С. М. iванова, В. П. Олексюк, I. С. Мiнтiй, Т. А. Вакалюк та А. В. Кiльченко, «Експеримент з розвитку компетентностi з використання iнформацiйно-цифрових технологiй для оцiнювання результативностi педагогiчних дослiджень», *Вiсник пiслядипломної освiти. Серiя «Педагогiчнi науки»*, т. 27(56), с. 148–170, 2024. doi: 10.58442/2218-7650-2024-27(56)-147-170
 111. I. С. Мiнтiй, Т. А. Вакалюк та В. А. Ткаченко, «Використання сервісу VOSviewer у науковiй дiяльностi», *iнновацiйна педагогiка*, № 75, с. 279–285, 2024. doi: 10.32782/2663-6085/2024/75.54
 112. I. С. Мiнтiй, О. Ю. Стецишина, О. Ю. Тарасова, Т. А. Вакалюк та С. О. Семерiков, «iнформатична термiнологiя: мiж неповнотою та надлишковiстю», *iнформацiйнi технологiї в освiтi*, № 2(56), с. 14–34, 2024. doi: 10.14308/ite000784
 113. С. О. Семерiков, Т. А. Вакалюк, I. С. Мiнтiй та В. П. Олексюк, «На перетинi знань: XVI мiжнародна конференцiя з математичної, природничо-наукової та технологiчної освiти», *Вiсник Нацiональної академiї педагогiчних наук України*, т. 6, № 1, с. 1–5, 2024. doi: 10.37472/v.naes.2024.6124
 114. I. С. Мiнтiй та Т. А. Вакалюк, «Навчальний складник цифрової компетентностi наукових i науково-педагогiчних працiвникiв: результати констатувального експерименту», *Науковий вiсник Пiвденноукраїнського нацiонального педа-*

- гогічного університету імені К. Д. Ушинського*, № 4(149), с. 33–39, 2024. doi: 10.24195/2617-6688-2024-4-5
115. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Методичний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Освітологічний дискурс*, т. 47, № 4, с. 64–72, 2024. doi: 10.28925/2312-5829/2024.4.7
 116. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Дослідницький складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, т. 23(30), с. 16–25, 2024. doi: 10.31392/UDU-nc.series2.2024.23(30).02
 117. С. О. Семеріков та І. С. Мінтій, «Оптимізація підготовки та перепідготовки вчителів для персоналізованого навчання на основі штучного інтелекту: бібліометричний аналіз з великими мовними моделями», в *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 214–239. doi: 10.33407/lib.NAES.id/eprint/744025
 118. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, П. П. Нечипуренко, І. С. Мінтій та О. В. Бондаренко, «Аналіз тенденцій досліджень з освітніх технологій, опублікованих у Educational Technology Quarterly (2021-2023)», в *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 292–306. doi: 10.33407/lib.NAES.id/eprint/744025
 119. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Формування цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами наукометричних баз даних: аналіз сучасного стану досліджень», *Інноваційна педагогіка*, т. 2, № 84, с. 169–173, 2025. doi: 10.32782/2663-6085/2025/84.2.33
 120. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Організаційно-виховний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*, № 2, с. 47–58, 2025. doi: 10.31499/2307-4906.2.2025.332123
 121. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та В. А. Ткаченко, «Окремі компоненти методики розвитку цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників з використанням наукометричних баз даних», *Науковий ві-*

сник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського, № 3(152), с. 138–145, 2025. doi: 10.24195/2617-6688-2025-3-19

122. Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Окремі компоненти методики використання журнальних та конференційних систем у рецензуванні наукових праць», *Освітологічний дискурс*, т. 50, № 3, с. 63–75, 2025. doi: 10.28925/2312-5829/2025.3.6
123. В. П. Олексюк, О. М. Спірін, С. М. Іванова, І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та А. В. Кільченко, «Огляд досвіду використання штучного інтелекту для розвитку цифрової компетентності науково-педагогічних працівників», *Інформаційні технології в освіті*, № 2(58), с. 146–158, 2025. doi: 10.14308/ite000806
124. О. М. Спірін, С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, А. В. Кільченко, Ю. А. Лабжинський, І. С. Мінтій, Т. Л. Новицька, В. П. Олексюк, К. П. Осадча, Я. Б. Сікора, С. О. Семеріков, В. А. Ткаченко, Н. П. Франчук, О. М. Шимон, М. А. Шиненко, О. В. Чижмотря та Т. І. Чернецька, *Розвиток цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами відкритих освітньо-наукових інформаційних систем: методичний посібник*. Київ: ІЦО НАПН України, 2025. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/746838>
125. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та A. O. Kolhatin, «Vision-Based Autonomous UAV Landing: A Comprehensive Review of Technologies, Techniques, and Applications», *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, т. 111, с. 115, 2025. doi: 10.1007/s10846-025-02314-4 (**Scopus, Q1; WoS, Q3**)
126. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Mathematical exclusion as social injustice: a critical analysis of inclusive education discourse and practice in grades 5-6», *SN Social Sciences*, т. 6, с. 17, 2026. doi: 10.1007/s43545-025-01305-4 (**Scopus, Q2**)
127. S. O. Semerikov, I. S. Mintii, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko та S. L. Malchenko, «Geographic Information Systems for Space Science Education: A Review», *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, т. 26, с. 46, 2026. doi: 10.1007/s42330-026-00422-3 (**Scopus, Q2; WoS, Q3**)
128. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та O. B. Kanevska, «From science fiction to smart reality: a technology foresight review of smartdust evolution through the lens of Hamilton's Great North Road», *European Journal of*

Futures Research, т. 14, с. 4, 2026. doi: 10.1186/s40309-026-00266-y (**Scopus, Q1; WoS, Q1**)

129. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та A. O. Kolhatin, «Energy-efficient neuromorphic computing for ultra-low latency cognitive radio: a hardware-software co-design framework for 6G spectrum intelligence», *Discover Artificial Intelligence*, т. 6, с. 363, 2026. doi: 10.1007/s44163-026-01093-7 (**Scopus, Q1**)
130. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Mapping the intellectual landscape of geometry education in inclusive settings: A bibliometric analysis of teaching squares, cubes, areas, and volumes and the SPACE framework», *Social Sciences & Humanities Open*, т. 14, с. 103 437, 2026. doi: 10.1016/j.ssaho.2026.103437 (**Scopus, Q1**)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
SUMMARY	7
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	38
ВСТУП	42
Розділ 1. Теоретичні основи комбінованого навчання	56
1.1 Підходи до визначення комбінованого навчання	56
1.1.1 Лінгвістичний аналіз українськомовного позначення поняття «blended learning»	58
1.1.2 Підходи до трактування комбінованого навчання	58
1.2 Підходи до організації комбінованого навчання	67
1.3 Висновки до 1 розділу	75
Розділ 2. Систематичний огляд джерел із професійної підготовки учителів інформатики	78
2.1 Вступ	78
2.1.1 Обґрунтування необхідності проведення систематичного огляду	78
2.1.2 Цілі огляду	79
2.2 Методика огляду	82
2.2.1 Критерії включення та виключення документів до огляду	83
2.2.2 Джерела інформації та стратегія пошуку	84
2.2.3 Процес відбору документів	86
2.2.4 Процес збору даних	88
2.2.5 Дані про інші змінні	89
2.2.6 Оцінювання ризику упередженості в дослідженнях	90
2.2.7 Методи синтезу	92
2.3 Результати	94
2.3.1 Відбір досліджень	94

2.3.2	Характеристика включених досліджень	94
2.3.2.1	Розподіл публікацій за роками	94
2.3.2.2	Розподіл публікацій за країнами	95
2.3.2.3	Розподіл публікацій за типом документа	96
2.3.2.4	Розподіл публікацій за мовою	96
2.3.2.5	Розподіл публікацій за базами даних	97
2.3.3	Ризик упередженості у включених дослідженнях	97
2.3.4	Синтез результатів	99
2.3.4.1	ДЗ 1. Статистика досліджень із професійної підготовки учителів інформатики	100
2.3.4.2	ДЗ 2. Контекст програм підготовки вчителів інформатики	101
2.3.4.3	ДЗ 3. Зміст програм підготовки вчителів інформатики	105
2.3.4.4	ДЗ 4. Технології підготовки вчителів інформатики	109
2.3.4.5	Аналіз чутливості	120
2.4	Обговорення результатів	121
2.4.1	Основні результати	121
2.4.2	Інтерпретація результатів та зв'язок із попередніми дослідженнями	123
2.4.3	Сильні сторони та обмеження доказової бази	126
2.4.4	Імплікації для практики та подальших досліджень	127
2.4.5	Обмеження огляду	128
2.5	Висновки до 2 розділу	130
Розділ 3. Моделювання методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики		
3.1	Концептуальні засади проєктування методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики	134
3.1.1	Від систематичного огляду до проєктування: обґрунтування вихідних положень	134
3.1.2	Принципи проєктування методичної системи комбінованого навчання	141

3.1.3	Узагальнена модель проєктування методичної системи комбінованого навчання	145
3.2	Моделювання методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики	151
3.2.1	Цільовий компонент методичної системи	152
3.2.2	Змістовий компонент методичної системи	155
3.2.3	Технологічний компонент методичної системи	159
3.2.4	Організаційний компонент методичної системи	169
3.2.5	Діагностично-результативний компонент системи	174
3.3	Висновки до 3 розділу	181
Розділ 4. Проєктування методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики		
4.1	Організаційно-педагогічні умови реалізації методичної системи комбінованого навчання	185
4.1.1	Інтеграція складників підготовки майбутнього вчителя інформатики на засадах ТРАСК	187
4.1.2	Комбінування форм, методів і засобів навчання	193
4.1.3	Розвиток цифрової компетентності майбутніх учителів	204
4.1.4	Моніторинг на основі навчальної аналітики	212
4.1.5	Психолого-педагогічний супровід	220
4.1.6	Системний взаємозв'язок організаційно-педагогічних умов	228
4.2	Проєктування компонентів методичної системи комбінованого навчання	234
4.2.1	Проєктування змісту навчання на засадах інтеграції інформатичної, педагогічної та методичної підготовки	235
4.2.2	Проєктування технологій та середовища комбінованого навчання	244
4.2.3	Проєктування системи моніторингу та діагностики результатів навчання	253
Розділ 5. Методичні особливості реалізації системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики		
		264

5.1	Методика використання систем управління навчанням у підготовці вчителів інформатики	265
5.2	Методика використання засобів синхронної та асинхронної взаємодії у комбінованому навчанні	274
5.3	Методика розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики в умовах комбінованого навчання	283
5.4	Методика мікрОВикладання та моделювання уроків інформатики . .	291
5.5	Методика проєктного навчання у фахових дисциплінах	299
5.6	Методика використання імерсивних технологій (AR/VR) у підготовці вчителів інформатики	306
5.7	Методика підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання програмування на основі конвеєра від блочного через текстове до фізичного обчислення	314
5.8	Висновки до 5 розділу	323
Розділ 6. Організація та результати педагогічного експерименту		326
6.1	Організація та дизайн педагогічного експерименту	326
6.2	Констатувальний етап педагогічного експерименту	327
6.2.1	Мета, завдання та зміст констатувального етапу	327
6.2.2	Характеристика бази дослідження	327
6.2.3	Аналіз освітньо-професійних програм та силабусів	329
6.2.4	Аналіз використання LMS Moodle та стану цифрової компетентності у КДПУ	331
6.2.5	Дипломні роботи під керівництвом автора: ТРАСК-еволюція	334
6.3	Формувальний етап педагогічного експерименту	336
6.3.1	Мета, гіпотеза та завдання формувального етапу	336
6.3.2	Розгортання інфраструктури LMS Moodle	337
6.3.3	Реалізація моделі синхронно-асинхронної взаємодії	338
6.3.4	Впровадження мікрОВикладання у середовищі комбінованого навчання	340
6.3.5	Формування цифрової компетентності за DigCompEdu . . .	340
6.3.6	Конвеєр програмування та проєктне навчання	341
6.3.7	Адаптація до кризових умов	342
6.3.8	Моніторинг, коригування та якісні індикатори	344

6.4	Контрольний етап педагогічного експерименту	345
6.4.1	Характеристика вибірки та інструментарій	345
6.4.2	Діагностика рівня цифрової компетентності за критеріями .	347
6.4.3	Аналіз результатів контрольного експерименту за архетипа- ми Moodle-курсів	348
6.4.4	Тріангуляція результатів	350
6.4.5	Якісна тріангуляція: кваліфікаційні роботи	351
6.4.6	Перевірка гіпотези та обмеження дослідження	353
6.5	Впровадження результатів дослідження у підготовку майбутніх учителів інформатики	356
6.5.1	Інституційне впровадження: еволюція освітньо-професійної програми	356
6.5.2	Впровадження через силабуси навчальних дисциплін	357
6.5.3	Методичні рекомендації щодо впровадження комбінованого навчання	360
6.5.4	Перспективи подальших досліджень	362
6.6	Висновки до 6 розділу	363
ВИСНОВКИ		367
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		371
ДОДАТКИ		443
ДОДАТОК А	Підходи до тлумачення поняття «blended learning»	443
ДОДАТОК Б	Ключові дослідження підходів до організації комбінованого навчання	447
ДОДАТОК В	Карта огляду для статті	461
ДОДАТОК Г	Контрольний список PRISMA 2020	462
ДОДАТОК Д	Географічний розподіл включених досліджень	463
ДОДАТОК Е	Перелік опублікованих освітньо-програмних матеріалів . .	467

ДОДАТОК Ж	Список публікацій І. С. Мінтій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації	468
ДОДАТОК И	Довідки про впровадження результатів дослідження	492

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД	база даних
ДЗ	дослідницьке запитання
ЕГ	експериментальна група
ЕОР	електронний освітній ресурс
ЕОС	електронне освітнє середовище
ЄКТС	Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система
ЄС	Європейський Союз
ЗВО	заклад вищої освіти
ІКТ	інформаційно-комунікаційні технології
ІС	інформаційна система
ІТ	інформаційні технології
КГ	контрольна група
КДПУ	Криворізький державний педагогічний університет
КІ	контентно-інтерактивний (архетип курсу)
КН	комбіноване навчання
МНІ	методика навчання інформатики (дисципліна)
НАПН	Національна академія педагогічних наук України
НРАТ	Національний репозитарій академічних текстів
ООП	об'єктно-орієнтоване програмування
ОПП	освітньо-професійна програма
ОС	операційна система
ПЗ	програмне забезпечення
РУ	ризик упередженості
РЦОР	розробка цифрових освітніх ресурсів (дисципліна)
США	Сполучені Штати Америки
ЦК	цифрова компетентність
ЦОР	цифрові освітні ресурси
ЦТ	цифрові технології
ЦТВО	цифрові технології в освіті (дисципліна)
ШКІ	шкільний курс інформатики (дисципліна)

ADDIE	Analysis – Design – Development – Implementation – Evaluation (аналіз, проектування, розробка, реалізація, оцінювання)
AI	Artificial Intelligence (штучний інтелект)
AR	Augmented Reality (доповнена реальність)
ATs	Assessment Tasks (завдання оцінювання)
CK	Content Knowledge (предметні знання)
CoI	Community of Inquiry (спільнота дослідження)
CoP	Community of Practice (спільнота практики)
CS	Computer Science (інформатика)
CSS	Cascading Style Sheets (каскадні таблиці стилів)
CT	Computational Thinking (обчислювальне мислення)
DBR	Design-Based Research (дизайн-орієнтоване дослідження)
DDL	Digital Dissertation Library (цифрова бібліотека дисертацій)
DigCompEdu	European Framework for the Digital Competence of Educators (Європейська рамка цифрової компетентності педагогів)
ER	Extended Reality (розширена реальність)
GPS	Global Positioning System (система глобального позиціонування)
GRADE	Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations (градація рекомендацій, їх оцінювання, розробки та експертизи)
H5P	HTML5 Package (пакет інтерактивного контенту HTML5)
HTML	HyperText Markup Language (мова розмітки гіпертексту)
ICAP	Interactive, Constructive, Active, Passive (інтерактивний, конструктивний, активний, пасивний)
ICBEE	Immersive Cloud-Based Educational Environment (хмарно-імерсивне освітнє середовище)
IDE	Integrated Development Environment (інтегроване середовище розробки)
IER	Immersive Educational Resources (імерсивні освітні ресурси)
ILOs	Intended Learning Outcomes (очікувані результати навчання)
LA	Learning Analytics (навчальна аналітика)
LMS	Learning Management System (система управління навчанням)

MOOC	Massive Open Online Course (масовий відкритий онлайн-курс)
MR	Mixed Reality (змішана реальність)
NFT	Natural Feature Tracking (відстеження природних ознак)
OATD	Open Access Theses and Dissertations (відкритий архів дисертацій)
PBL	Problem-Based Learning (проблемно-орієнтоване навчання)
PCK	Pedagogical Content Knowledge (предметно-педагогічні знання)
PICO	Population, Intervention, Comparison, Outcome (популяція, втручання, порівняння, результат)
PK	Pedagogical Knowledge (педагогічні знання)
PLC	Professional Learning Community (професійна навчальна спільнота)
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (рекомендовані пункти звітування для систематичних оглядів і метааналізів)
ROBIS	Risk of Bias in Systematic Reviews (оцінювання ризику упередженості систематичних оглядів)
SCORM	Sharable Content Object Reference Model (еталонна модель об'єктів навчального контенту)
SDT	Self-Determination Theory (теорія самодетермінації)
SEM-PLS	Structural Equation Modeling – Partial Least Squares (моделювання структурними рівняннями на основі часткових найменших квадратів)
SRL	Self-Regulated Learning (саморегульоване навчання)
SSS	Strategy, Structure, Support (стратегія, структура, підтримка)
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics (природничі науки, технології, інженерія, математика)
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (сильні та слабкі сторони, можливості, загрози)
TCK	Technological Content Knowledge (технологічно-предметні знання)
TEL	Theses en ligne (відкритий архів дисертацій, Франція)

TCK	Technological Content Knowledge (технологічні предметні знання)
TK	Technological Knowledge (технологічні знання)
TLAs	Teaching and Learning Activities (навчальна діяльність)
TPACK	Technological Pedagogical Content Knowledge (технологіко-педагогічні предметні знання)
TPCK	Technological Pedagogical Content Knowledge (технологіко-педагогічні предметні знання; історична назва моделі TPACK у Mishra, Koehler)
TPK	Technological Pedagogical Knowledge (технологіко-педагогічні знання)
UDL	Universal Design for Learning (універсальний дизайн навчання)
VR	Virtual Reality (віртуальна реальність)
WebAR	Web-based Augmented Reality (вебдоповнена реальність)
WebGL	Web Graphics Library (вебграфічна бібліотека)
WoS	Web of Science

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Провідною ціллю сталого розвитку України на період до 2030 року, визначеною відповідним Указом Президента України, є забезпечення всеохоплюючої і справедливої якісної освіти та заохочення можливості навчання впродовж усього життя для всіх [134]. ЮНЕСКО наголошує, що вчителі, які відіграють ключову роль у досягненні цієї цілі, повинні мати професійну кваліфікацію та підтримку в умовах ефективного управління освітою [561, с. 15], адже «цілісний і узгоджений підхід до систем навчання вимагатиме узгодження змісту навчання, методів оцінювання та підготовки вчителів» [561, с. 18].

Європейська Комісія у «Цифровому компасі – 2030: європейський шлях до цифрового десятиліття» («2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade») вказує, що «лише за рік пандемія COVID-19 радикально змінила роль та сприйняття цифровізації у суспільстві» [267, с. 1], а цифрові технології (ЦТ) стали імперативом в освіті: першим кроком на європейському шляху названо цифрових професіоналів і цифрово грамотне населення. Щодо формальної освіти та професійної підготовки Комісія наголошує на глибокій інтеграції ЦТ у шкільні та університетські методи і форми організації навчання всіх предметів; особистісно зорієнтовані цифрові засоби створюють умови для освітніх інновацій і нових методик навчання [241].

Для забезпечення якісної цифрової освіти Європейська Комісія рекомендує, зокрема: підтримувати дослідження та розробку цифрових освітніх засобів і новітніх технологій – розширеної (extended reality, ER), віртуальної (virtual reality, VR) та доповненої реальності (augmented reality, AR), штучного інтелекту (artificial intelligence, AI), робототехніки; *запровадити обов’язкову складову професійної підготовки майбутніх учителів «Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) в освіті»* та забезпечити розвиток цифрової компетентності (ЦК) учителів у системі неперервної освіти через гнучкі й інноваційні форми підвищення кваліфікації (онлайн-навчання, програми мобільності, взаємне навчання, спільноти практики (Community of Practice, CoP); інвестувати у високошвидкісне підключення до Інтернету, цифрове обладнання класів, персоналізовані пристрої вчителів та централізовані, зокрема хмарні, сервіси – як-от системи управління навчанням

(Learning Management Systems, LMS) [241, с. 12–17].

Європейська Комісія у «Рекомендації Ради ЄС щодо комбінованого навчання для високоякісної та інклюзивної початкової та середньої освіти» («Council Recommendation on blended learning approaches for high-quality and inclusive primary and secondary education») [239, с. 23], повністю визнаючи цінність очного навчання, вказує, що навчання у різних середовищах, зокрема в школі, вдома, на свіжому повітрі, на культурних об'єктах, на робочих місцях і в цифровому середовищі, може мотивувати дітей і молодь до розвитку їхніх компетентностей у цілому та підвищити рівень якості освіти та інклюзивності навчання через підходи, що надає комбіноване навчання. До того ж використання ЦТ надає можливість підтримки навчання у різних середовищах і контекстах, а набуття необхідних цифрових і медіакомпетентностей може бути підтриманим за допомогою комбінованого навчання.

Для забезпечення високоякісної початкової та загальної середньої освіти Європейська Комісія рекомендує, зокрема, розвивати методики комбінованого навчання, адаптовані до віку, потреб і навчальних цілей учнів; розробляти й поширювати навчальні матеріали для вчителів з організації комбінованого навчання; *упроваджувати комбіноване навчання у підготовку та перепідготовку вчителів*; створювати експертні центри та підтримувати професійний розвиток учителів і керівників освіти через МООС; надавати школам засоби, ресурси та науково обґрунтовані рекомендації з педагогічного проєктування комбінованого навчання – включно з цифровими засобами, підходами до оцінювання, використанням AI, захистом даних і безпекою в Інтернеті [239, с. 26].

«План дій з цифрової освіти на 2021–2027 pp.» («Digital Education Action Plan 2021-2027») [268] визначає європейський підхід до освіти в цифрову епоху і розглядає розвиток відповідних компетентностей як стратегічний пріоритет. У [268] зазначено, що глибоке розуміння цифрового світу має бути частиною формальної та неформальної освіти. Це особливо важливо в контексті цифрової трансформації та впливу нових технологічних засобів, зокрема, заснованих на генеративних системах AI.

Ця сама рекомендація [239] закликає країни Європейського Союзу (ЄС) прискорювати розвиток ЦК учнів і вчителів: у початковій і середній освіті ЦК розвиваються насамперед у межах інформатики, а також у навчанні інших природничо-наукових, технологічних, інженерних та математичних (Science, Technology, Engi-

neering, Mathematics, STEM) дисциплін.

У «Рекомендації Ради щодо покращення надання цифрових умінь і компетентностей у сфері освіти й навчання» («Council Recommendation on improving the provision of digital skills and competences in education and training») [240] інформатику визначено як окрему фундаментальну STEM-дисципліну «із власними концепціями, методами, ядром знань та відкритими питаннями, що покривають основи обчислювальних структур, процесів, артефактів і систем, а також їх програмне проектування, застосування та вплив на суспільство» [240, с. 9], підкреслюючи цим важливість підготовки кваліфікованих учителів інформатики.

«Висновки Ради щодо європейських учителів і викладачів професійної підготовки майбутнього» («Council conclusions on European teachers and trainers for the future») [238] визначають, що вчителів слід залучати до розробки освітніх політик і підтримувати комплексним підходом до педагогічної освіти, інтернатури та неперервного професійного розвитку, у тому числі – ЦК. Структурований діалог Комісії з країнами ЄС [265] висвітлив виклики при наймі, утриманні та підготовці вчителів, особливо інформатики [240, с. 12].

Для вдосконалення ЦК Європейська Комісія рекомендує: розвивати ЦК на всіх рівнях освіти з акцентом на розумінні ЦТ та їх безпечному й відповідальному використанні; сприяти міждисциплінарному підходу (особливо у STEM-освіті) та участі шкіл у Digital Education Hackathon і EU Code Week; *удосконалювати професійну орієнтацію на професію вчителя інформатики з високим рівнем психолого-педагогічної та методичної підготовки*; заохочувати залучення фахівців у галузі інформаційних технологій (ІТ) до вчителювання, стажування вчителів на ІТ-підприємствах та їх неперервний професійний розвиток; підтримувати якісне навчання інформатики як окремого шкільного предмета на основі науково обґрунтованої методики – кваліфікованими вчителями, з доступом до якісних освітніх ресурсів, інклюзивно та з обміном передовим досвідом [240, с. 16–20]. Європейська Комісія системно підтримує реформи, спрямовані на розвиток ЦК та високоякісне навчання інформатики [240, с. 28]. В Україні пріоритетність цифрової трансформації освіти визначено на законодавчому рівні – у законах України «Про освіту» [36] та «Про вищу освіту» [35], «Концепції розвитку цифрових компетентностей» [48], а професійні стандарти за вчительськими професіями відносять інформаційно-цифрову компетентність до загальних компетентностей учителя [113].

Теоретичні та методичні засади використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в освіті та проектування цифрових освітніх середовищ розкрито у працях В. Ю. Бикова [4], [5], О. Ю. Бурова [3], О. Г. Глазунової [24], К. Р. Колос [46], [47], О. Г. Кузьмінської [52], М. П. Лещенко [97], С. Г. Литвинової [3], [59], Н. В. Морзе [92], О. В. Овчарук [97], В. П. Олексюка [99], С. О. Семерікова [96], [121], О. М. Спіріна [3], [129], М. П. Шишкіної [3], [141], А. В. Яцишин [143] та інших; концептуальні засади цифрової гуманістичної педагогіки, суголосні з ідеєю комбінованого навчання як конвергенції фізичного та віртуального освітніх просторів, закладено у працях В. Ю. Бикова, М. П. Лещенко, Л. І. Тимчук, А. В. Яцишин [7], [8], [58]. Проблеми професійної підготовки майбутніх учителів інформатики досліджували Л. І. Білоусова [193], Т. А. Вакалюк [18], В. Є. Величко [23], М. І. Жалдак [32], [33], [60], О. Г. Колгатін [45], Н. В. Морзе [92], К. П. Осадча [100], Н. С. Павлова [101], [102], Н. О. Пономарьова [112], [458], О. М. Спірін [534], Ю. В. Триус [34], М. А. Умрик [135], В. М. Франчук [138] та інші.

У працях зарубіжних і вітчизняних дослідників розв'язано низку проблем щодо залучення студентів до комбінованого навчання (S. H. Tuiloma [559]), його впливу на мотивацію та успішність (X. Chen [231], J.-J. Yan [585], H. Zhang [594]); методик розробки та оцінювання курсів для комбінованого навчання (H. Al-Jadar [338], L. A. Giacomo [291], A. Heinze [316], S. B. Ibarra Vargas [330], F. Owczarek-Jedrkiewicz [441], D. Sichau [530]); застосування навчальної аналітики (Learning Analytics, LA) у комбінованому навчанні (V. Lukarov [383]); комбінованого навчання іноземних мов (О. Ф. Мусійовська [94]), інформатики (F. E. Ayeni [170], T. B. Bati [180], A. A. Othman [439], S. T. Hurley [328]), математики (J. Koeckemoer [366]); комбінованого навчання у закладах професійної освіти (Т. Б. Бикова [9], J.-J. Yan [585]); комбінованого навчання майбутніх фахівців з філології (Т. С. Дибська [29], Т. М. Собченко [124]), фізичної культури і спорту (С. А. Лазоренко [57]), інформаційних технологій (І. А. Клеопа [42], P. Jackson [337], А. М. Стрюк [540]); комбінованого навчання інформатики та підготовки майбутніх учителів (L. J. Larsen [375], B. McHugh [391], J. C. da Roza [472], C. R. Short [527], S. M. De Stefani [247], M. A. G. Vallim [566], Д. М. Коровій [49], А. М. Стрюк [120], Г. В. Ткачук [132], Ю. В. Триус [133]); комбінованого навчання у професійному розвитку вчителів (S. S. Leake [378], J. A. Maynard [390], R. L. Santos, [481], H. Yip [587], В. В. Коваленко, М. В. Мар'єнко [43], [44]); професійної підготовки

та перепідготовки вчителів до реалізації комбінованого навчання (М. Jensen [341], S. Mekhitarian [395], E. B. Pulham [465], L. R. Tiell [553]).

Водночас зазначені дослідження зосереджені переважно на проєктуванні конкретних цифрових (хмаро орієнтованих) середовищ, платформ або програм підготовки в окремому ЗВО. Поза їх увагою залишається обґрунтування цілісної методичної системи саме комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики на основі узагальнення міжнародного доказового масиву досліджень. На відміну від попередніх досліджень, у цій роботі методичну систему спроектовано на засадах систематичного огляду 300 досліджень із 6 баз даних і репозитаріїв за 52 роки, що забезпечує доказовість проєктних рішень і потенціал їх перенесення в інші освітні контексти.

Аналіз нормативних документів та наукових джерел із проблеми дослідження дав змогу виявити низку *суперечностей*:

- між наявними європейськими вимогами до професійних компетентностей учителів інформатики та відсутніми вітчизняними стандартами підготовки вчителів інформатики;
- між потенціалом інтелектуальних технологій та нерозробленістю методик їх використання для реалізації комбінованого навчання;
- між потребою у цілісній методичній системі комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики, побудованій на доказових засадах, та нерозробленістю її теоретико-методичних засад, структурних компонентів і засобів діагностики результатів.

Розв'язання зазначених суперечностей потребує вирішення проблеми обґрунтування та розробки теоретико-методичних засад проєктування методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики, що зумовило вибір теми дослідження – **«Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики»**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертацію виконано у межах фундаментального дослідження «Теоретико-методичні засади проєктування імерсивного хмаро орієнтованого освітнього середовища університету» (ДР № 0121U113711, 2021–2023) Криворізького державного педагогічного університету (КДПУ), прикладних досліджень «Методика використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень» (ДР № 0121U107615, 2021–2023), «Розвиток цифрової ком-

петентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами відкритих освітньо-наукових інформаційних систем» (ДР № 0124U000675, 2024–2025), «Комплексне наукове дослідження використання генеративного штучного інтелекту на різних рівнях освіти для удосконалення педагогічних та управлінських практик» (ДР № 0125U003489, 2025–2026), «Технології формування і використання FAIR даних в галузі освітніх наук» (ДР № 0126U000521, 2026–2027) Інституту цифровізації освіти НАПН України. Тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Інституту цифровізації освіти НАПН України, протокол № 7 від 30 квітня 2024 року.

Об’єкт дослідження – процес підготовки учителів інформатики у закладах вищої освіти.

Предмет дослідження – методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики.

Гіпотеза дослідження. Професійна підготовка майбутніх учителів інформатики в умовах комбінованого навчання буде ефективнішою (за критеріями сформованості цифрової компетентності (ЦК)) за умови її здійснення на основі цілісної методичної системи комбінованого навчання, теоретично обґрунтованої та спроектованої з урахуванням специфіки фахової підготовки вчителів інформатики та комплексу організаційно-педагогічних умов:

- 1) проектування змісту підготовки на основі інтеграції інформатичної, педагогічної, методичної складових;
- 2) добір та поєднання форм, методів і засобів комбінованого навчання, зокрема систем управління навчанням (Learning Management System, LMS), засобів синхронної та асинхронної взаємодії, інтелектуальних технологій;
- 3) цілеспрямований розвиток ЦК майбутніх учителів інформатики, необхідної для ефективного комбінованого навчання;
- 4) системний моніторинг та коригування процесу підготовки на основі аналізу навчальної аналітики (Learning Analytics, LA) в електронному освітньому середовищі (ЕОС);
- 5) забезпечення психолого-педагогічного супроводу підготовки, спрямованого на підвищення мотивації, подолання ізольованості студентів, налагодження

ефективної суб'єкт-суб'єктної педагогічної взаємодії.

Зазначений комплекс організаційно-педагогічних умов ефективної підготовки вчителів інформатики в умовах комбінованого навчання у своїй цілісній єдності складає концептуальну основу методичної системи підготовки вчителів інформатики та зумовлює інноваційний характер, педагогічну доцільність та синергетичний ефект використання технологій комбінованого навчання в освітньому процесі ЗВО.

Загальну гіпотезу конкретизовано в чотирьох *часткових гіпотезах*: упродовження методичної системи комбінованого навчання забезпечить статистично значуще підвищення рівня сформованості кожного з критеріїв ЦК майбутніх учителів інформатики в експериментальній групі (ЕГ) порівняно з контрольною (КГ) – 1) когнітивного, 2) операційно-діяльнісного, 3) мотиваційно-ціннісного та 4) рефлексивно-оцінювального.

Відповідно до мети й гіпотези визначено такі **завдання дослідження**:

1. Уточнити поняттєвий апарат дослідження, визначити сутність комбінованого навчання та підходи до його організації.
2. Здійснити систематичний огляд досліджень із професійної підготовки вчителів інформатики, виявити спільні й відмінні риси програм у різних країнах та чинники якості підготовки, встановити закономірності підготовки й сформувати доказову основу проектування методичної системи.
3. Змоделювати методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики на основі конвергенції трьох теоретичних рамок: технологічного-педагогічного предметного знання (Technological Pedagogical Content Knowledge, TPACK), спільноти дослідження (Community of Inquiry, CoI) та таксономії рівнів навчальної активності ICAP (Interactive, Constructive, Active, Passive – інтерактивний, конструктивний, активний і пасивний рівні навчальної активності).
4. Спроектувати методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики як реалізацію розробленої моделі, обґрунтувавши комплекс організаційно-педагогічних умов її реалізації.
5. Розробити окремі методики комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики (використання LMS, організації синхронної та асинхронної взаємодії, розвитку ЦК, мікрОВикладання із взаємним оцінюванням, проєктного навчання на основі TPACK-таксономії цифрових засобів, використання імерсивних технологій, навчання програмування).

6. Розробити критеріально-діагностичний апарат оцінювання сформованості ЦК (критерії, рівні, інструментарій) та експериментально перевірити ефективність спроектованої методичної системи у підготовці бакалаврів спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика).

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань використано систему методів: *теоретичні* – бібліометричний аналіз джерел з комбінованого навчання для визначення тематики досліджень та провідних підходів; лінгвістичний аналіз для вибору українського наукового поняття; наративний огляд для визначення змісту ключового поняття дослідження; SWOT-аналіз для виявлення переваг, недоліків, можливостей та ризиків упровадження комбінованого навчання; систематичний огляд (за протоколом PRISMA 2020) джерел із професійної підготовки вчителів інформатики для виявлення спільних і відмінних рис програм у різних країнах та чинників якості підготовки; *емпіричні* – нетнографія мережевих освітніх середовищ; педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний, контрольний етапи) для перевірки ефективності методичної системи; анкетування для діагностики ЦК та вивчення досвіду комбінованого навчання; *статистичні* – t -тест Стюдента, χ^2 -критерій Пірсона, z -критерій для часток, d та h Коена, SEM-PLS для обробки отриманих даних та перевірки статистичної значущості результатів.

Дослідження мало ітеративний характер і розгорталося за логікою дизайн-орієнтованого циклу досліджень (Design-Based Research, DBR): окремі методики комбінованого навчання розроблялися, апробовувалися та вдосконалювалися у практиці починаючи з 2015 року. Систематичний огляд, завершений у 2024 році, систематизував накопичену доказову базу, верифікував ухвалені раніше проєктні рішення та скоригував їх з урахуванням міжнародного досвіду. Контрольний зріз педагогічного експерименту проведено у 2024 році після завершення систематичного огляду, що забезпечило зіставлення результатів упровадження методичної системи з її доказовим обґрунтуванням.

Експериментальна база дослідження. Дослідно-експериментальна робота проводилась упродовж 2015–2024 рр. на базі КДПУ.

Наукова новизна та теоретичне значення результатів дослідження:

— *уперше:*

— проведено систематичний огляд професійної підготовки вчителів інформатики (найбільший за обсягом – 300 досліджень, хронологічним

- охопленням – 52 роки, географічним покриттям – 44 країни, 6 баз даних), виконаний за протоколом PRISMA 2020 на засадах доказової педагогіки (відтворюваність, відповідність принципам FAIR, верифікованість із залученням інтелектуальних технологій), який надав можливість визначити фундаментальні закономірності професійної підготовки вчителів інформатики: 1) тріаду «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» як структурну основу програм, узгоджену з моделлю ТРАСК, із характерним дисбалансом на користь предметної складової; 2) парадигмальний зсув від пасивних до активних форм навчання; 3) зростання ролі КН за відсутності валідованих методичних систем для підготовки вчителів інформатики; 4) неузгодженість оцінювання та розвитку соціальних навичок із провідними (колаборативними) методами навчання;
- обґрунтовано систему із семи принципів доказового проектування методичної системи (науковості та інноваційності; системності та цілісності; адаптивності, гнучкості та універсального дизайну; студентоцентрованості; інтегративності; технологічності; діагностичності та рефлексивності) з подвійним – теоретичним та емпіричним – обґрунтуванням кожного;
 - розроблено інтегровану п'ятикомпонентну модель методичної системи, кожен структурний зв'язок якої обґрунтовано виключно даними систематичного огляду (принцип простежуваності «від доказів до рішень»);
 - визначено комплекс організаційно-педагогічних умов ефективної підготовки вчителів інформатики в умовах комбінованого навчання, кожна з яких обґрунтована даними систематичного огляду та теоретичними рамками (ТРАСК, CoI, ICAP, DigCompEdu, теорії самодетермінації (Self-Determination Theory, SDT));
 - теоретично обґрунтовано та розроблено цілісну методичну систему комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики, спроєктовану на доказових засадах, інтегровану наскрізною потрійною теоретичною рамкою (ТРАСК, CoI та ICAP) та втілену в окремих методиках (використання LMS Moodle; синхронної та асинхронної взаємодії; розвитку ЦК за DigCompEdu; мікрОВикладання із взаємним оцінюванням; проєктного навчання на основі ТРАСК-таксономії; використання імерсивних

технологій AR/VR; навчання програмування на основі конвеєра від блочного через текстове до фізичного обчислення);

— *удосконалено:*

- тлумачення поняття «комбіноване навчання» з урахуванням євроінтеграційних процесів, взаємопроникнення та інтеграції технологій формального і неформального, реального і віртуального, індивідуального і колективного навчання засобами інтелектуальних технологій;
- систему критеріїв діагностики ЦК майбутніх учителів інформатики (когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний, рефлексивно-оцінювальний) за рівневою шкалою з подвійним співвіднесенням до таксономії Блума та DigCompEdu;
- підходи до ТРАСК-картографування навчальних програм;

— *набули подальшого розвитку:*

- наукові положення щодо використання імерсивних технологій в освіті, зокрема трирівнева модель підготовки «споживач – дизайнер – методист» та обґрунтований добір стека WebAR-технологій;
- підходи до моделювання методичних систем на основі простежуваності «від доказів до рішень»;
- методичні засади розвитку ЦК за прогресією DigCompEdu;
- зміст і розробка методичних систем навчання інформатичних дисциплін.

Практичне значення результатів дослідження полягає у розробці:

- 6 курсів Moodle: «Методика навчання інформатики» (МНІ, Частини I-III), «Шкільний курс інформатики» (ШКІ, Частини I-II), «Цифрові технології в освіті» (ЦТВО);
- 3 силабусів високопріоритетних дисциплін: МНІ, ШКІ, ЦТВО;
- 4 версій освітньо-професійних програм (ОПП) «Інформатика. Програмування»;
- діагностичного інструментарію;
- методичних рекомендацій з емпіричним обґрунтуванням та цільовими показниками, зокрема щодо забезпечення доступності ЕОС на засадах UDL.

Розроблені ОПП та силабуси навчальних дисциплін оприлюднено у відкритому доступі; їх перелік наведено у додатку Е.

Результати дослідження можуть бути використані в процесі професійної підготовки учителів у закладах вищої освіти, у системі підвищення кваліфіка-

ції вчителів інформатики, для підготовки навчально-методичних посібників та рекомендацій з питань впровадження комбінованого навчання в освітній процес.

Результати дослідження **впроваджено** у процес професійної підготовки майбутніх учителів інформатики за спеціальністю А4 Середня освіта (Інформатика) у закладах вищої освіти України: КДПУ (довідка № 08-300/3 від 29.06.2026), Вінницькому державному педагогічному університеті імені Михайла Коцюбинського (довідка № 06/57 від 29.06.2026), Житомирському державному університеті імені Івана Франка (довідка № 963-01-09/2026 від 29.06.2026), Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського (довідка № 53-10/623 від 29.06.2026), Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького (довідка № 01-15/1249 від 01.07.2026), Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка (довідка № 922/17.03-33 від 30.06.2026), Українському державному університеті імені Михайла Драгоманова (довідка № 369 від 30.06.2026), Харківському національному педагогічному університеті імені Г. С. Сковороди (довідка № 01/10-458 від 30.06.2026), Центральноукраїнському державному університеті імені Володимира Винниченка (довідка № 62-н від 30.06.2026) та Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького (довідка № 168/04 від 08.07.2026). Перелік довідок і їх копії наведено в додатку И.

Особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає в: розробці, узагальненні та систематизації досвіду підготовки майбутніх учителів інформатики й розробці цифрових освітніх ресурсів і програмних засобів навчального призначення [37], [89], [111], [142], [413], [496]; розробці концепції проведення дослідження [17], [20], [21], [25]–[27], [38], [40], [71], [72], [77]–[82], [85], [87], [90], [93], [104]–[107], [109], [110], [122], [492], [548], [568]; аналізі досвіду використання системи LMS Moodle в освітньому процесі [73], [84], [136], [402], [403], [411], [502]–[504], [563]; бібліометричному аналізі та систематизації наукових джерел [69], [116]–[118], [410], [491], [493], [497], [499]–[501], [505], [506], [509], [510], [518]; аналізі досвіду використання технологій AR, VR та синтетичної реальності, імерсивних хмаро орієнтованих середовищ в освіті [83], [115], [412], [487], [512]–[517], [524], [525]; аналізі історії та поточного стану дистанційного навчання [414], [435]; статистичному опрацюванні й аналізі результатів опитувань та експериментів [15], [67], [420], [488], [494], [498], [511]; описі технології використання хмаро орієнтованих та мобільно орієн-

тованих засобів, загальної методики та окремих аспектів застосування цифрових технологій для оцінювання педагогічних досліджень [6], [22], [39], [41], [64], [68], [86], [98], [125], [126], [128], [334], [433], [536], [592]; розробці та експериментальному дослідженні методики розвитку ЦК наукових і науково-педагогічних працівників [16], [61]–[63], [65], [66], [70], [88], [127]; організації та рецензуванні результатів наукових конференцій [309], [358]–[363], [384], [385], [447], [448], [495], [507], [508].

Апробація результатів дисертації. Основні положення й результати дослідження доповідались та обговорювались на наукових конференціях і семінарах різного рівня:

- *Міжнародних*: IV, VI, VII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2018, 2022, 2024) (Черкаси, 2018, 2022, 2024), 1st, 4th, 5th, 6th, 7th, 8th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2018, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025) (Кривий Ріг, 2018–2025), 1st Student Workshop on Computer Science & Software Engineering, 3rd, 4th Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2018, 2020, 2021) (Кривий Ріг, 2018, 2020, 2021), 6th–10th, 12th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018–2022, 2024) (Кривий Ріг, 2018–2022, 2025), Сьома міжнародна науково-практична конференція «Moodle Moot Ukraine 2019. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle» (Київ, 2019), IV Міжнародна наукова онлайн конференція УАДО «Імплементація європейських стандартів в українські освітні дослідження» (Київ, 2020), 19th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications (ICTERI 2024) (Львів, 2024), XII–XVII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2020–2025) (Кривий Ріг, 2020–2025), Symposium on Advances in Educational Technology, 2nd Myroslav I. Zhaldak Symposium on Advances in Educational Technology (AET 2020, 2021) (Київ, 2020, 2021), Digital Humanities Workshop (DHW 2021) (Київ, 2021), 3rd, 4th, 6th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2022, 2023, 2025) (Кривий Ріг, 2022, 2023, 2025), 2nd International Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education (3L-Edu 2022) (Кривий Ріг, 2022), ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education (CITEd 2022) (Київ, 2022),

10th, 11th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education, and Workshop on Cloud-based Smart Technologies for Open Education (CoSinE 2022+CSTOE 2022, CoSinE 2024) (Київ, 2022; Кривий Ріг, 2024), International Digital Forum (Bydgoszcz (Poland), 2023), XI, XV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи» (Тернопіль, 2023, 2025), III Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті та науці», (Запоріжжя-Мелітополь, 2023), Міжнародна науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» (Київ, 2023), IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2023) (Львів, 2023), Міжнародна наукова конференція «Штучний інтелект у науці та освіті» (AISE 2024) (Київ, 2024), 3rd Workshop on Digital Transformation of Education (DigiTransfEd 2024), 19th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications (ICTERI 2024) (Львів, 2024), IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024), ICTERI 2024 (Львів, 2024);

- *Всеукраїнських*: X, XI Всеукраїнська науково-методична конференція «Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освіті» (КМІТО 2017, 2018) (Кривий Ріг, 2017, 2018), Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі» (Київ, 2017), II, III, VI Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці» (Житомир, 2017, 2018, 2021), V Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених «Наукова молодь-2017» (Київ, 2017), Всеукраїнська конференція студентів та молодих науковців «Інтелектуальний потенціал 2019» (Хмельницький, 2019), XIII–XV Всеукраїнська науково-практична WEB конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (KICM 2020–2022) (Кривий Ріг, 2020–2022), XII Всеукраїнська студентська наукова Інтернет-конференція «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці», XV Всеукраїнська науково-практична конференція для молодих учених та здобувачів освіти «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці» (Умань, 2021, 2024), Науково-практична конференція з міжнародною участю

«Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» (Київ, 2021), VI Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» (Житомир, 2024);

— *регіональних та інституційних*: звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України (Київ, 2021–2025).

Відомості про апробацію наведено в додатку Ж.

Наукові положення та результати кандидатської дисертації «Формування у студентів педагогічних університетів компетентностей з програмування на основі функціонального підходу» у докторській дисертації не використано.

Основні результати дослідження відображено у 130 працях, із яких 9 – одноосібні; 3 – колективні монографії; 32 статті опубліковано в наукових фахових виданнях України, 51 стаття – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus / Web of Science (з них – 9 статей у журналах першого квартилю, 5 – другого, 1 – четвертого); 5 статей – у зарубіжних виданнях; 1 – методичний посібник.

Використання технологій штучного інтелекту. Під час підготовки дисертації технології AI використовувалися як допоміжний засіб (зокрема для перекладу та редагування власних раніше опублікованих результатів, мовностилістичного узгодження й технічного оформлення тексту). Усі частини тексту, при написанні яких застосовувалися такі технології, перевірено, змістовно опрацьовано та відредаговано автором особисто; відповідальність за достовірність і наукову коректність усіх положень дисертації несе автор.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків до них, загальних висновків, списку використаних джерел (598 найменувань, серед яких 455 – іноземними мовами), 8 додатків (на 68 сторінках). Робота містить 99 таблиць та 64 рисунки. Загальний обсяг дисертації – 511 с.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОМБІНОВАНОГО НАВЧАННЯ

1.1. Підходи до визначення комбінованого навчання

Кризові явища, як то пандемія, або ж, як зараз, війна в Україні, змушують поглянути на комбіноване навчання (КН) як на одну із наразі оптимально можливих форм організації освітнього процесу, адже нині в Україні провадити традиційне очне та дистанційне навчання у багатьох ЗВО неможливо з причин безпекової ситуації, пошкодження приміщень та навчального обладнання, географічного розосередження учасників освітнього процесу, високої залежності засобів дистанційного навчання від стійкого зв'язку та електропостачання тощо.

Поняття КН найперше було визначено наприкінці 1990-х років [332], однак уже за десятиліття у його трактуванні констатували невизначеність щодо того, що насправді мається на увазі [434]. Змінювались і очікування від КН: якщо J. Cross та M. G. Moore [242] визначали КН як «крокування (трамплін) у майбутнє», а A. Norberg, C.D. Dziuban та P. D. Moskal[431] – як норму у вищій освіті, то вже у 2016 році дослідники констатують, що «в сфері вищої освіти існує багато суперечливих уявлень про КН» [275, с. 3].

J. Fernandes, R. Costa та P. Peres [275] визначають КН як «найбільш значущу подію ХХІ століття, коли мова йде про способи навчання» і водночас як «третій шлях, що веде до перемовин між традиційним очним і тільки електронним навчанням» [275, с. 3]. Особлива увага до КН розпочалась з початком пандемії, обумовленої COVID-19 [192], і продовжується донині [370]; саме пандемія стала рубежем у трансформації розуміння КН, що обумовлює необхідність ґрунтовного аналізу підходів щодо визначення поняття «blended learning».

Результатом пошукового запиту KEY («blended learning») у наукометричній базі даних Scopus на 05.05.2023 є отримання 7625 документів, перший з яких датовано 2002 роком (рис. 1.1).

У найпершому документі 2002 року [329] висвітлено «веб-платформу під назвою eXtreme e-Learning eXperience (XLX), що призначена для виконання практичних завдань технічно орієнтованих університетських курсів післядипломної освіти», яка, окрім традиційних навчальних матеріалів, контактів та форуму для

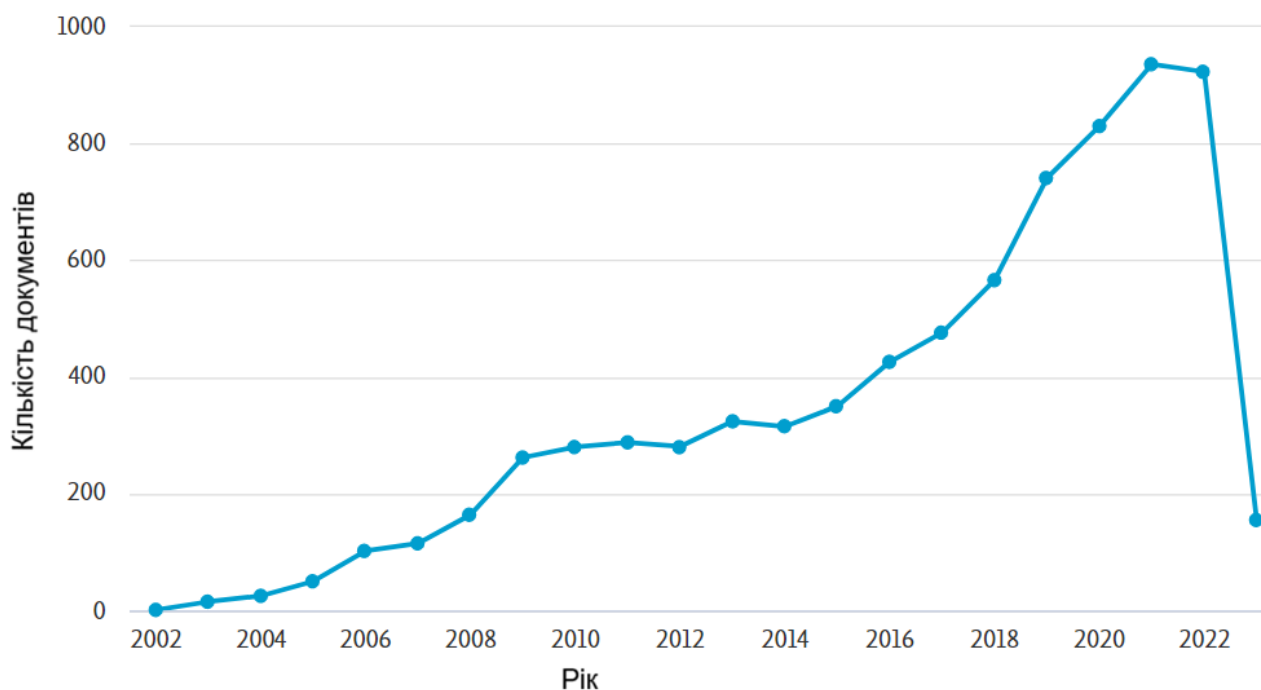


Рис. 1.1 – Результат пошукового запиту KEY («blended learning») у НБД Scopus

дискусій, містить персоналізований навчальний розділ із прозорим доступом до сторонніх систем (баз даних, управління робочим процесом). Отже, КН спирається на здобутки комп'ютерно-орієнтованого, електронного, онлайн- та дистанційного навчання.

Вже у 2003 році кількість публікацій, що відповідає цьому запиту, становить 15 (серед них [157], [181], [187], [226], [234], [235], [250], [315], [381], [424], [454], [455], [484], [562]); надалі ця тенденція зростання зберігається (рис. 1.1).

Представники бізнесу в числі перших оцінили переваги КН [235] – у публікації 2003 року про Центр технічної підготовки Philips акцентовано більшу гнучкість навчання, підтримку веб-системою керування курсами, доступ до курсів для більшої кількості учасників у віддалених місцях та можливість постійного оновлення змісту курсів. А у [226] зазначається, що «прихильники повністю відзначили переваги цього типу навчання».

Далі обґрунтуємо відповідь на два дослідницьких запитання (ДЗ):

1. Яке українськомовне позначення є найбільш доцільним для передавання змісту поняття «blended learning» в умовах активізації євроінтеграційних процесів в Україні?
2. Який зміст поняття «blended learning»?

1.1.1. Лінгвістичний аналіз українськомовного позначення поняття «blended learning»

У вітчизняних дослідженнях часто використовують як поняття «комбіноване навчання», так і «змішане навчання» [13], [51], [54], [55], [371], [554]. Ця варіація може бути пояснена варіацією у перекладі з англійської мови слова «blended» – комбінований або ж змішаний. В офіційних документах здебільшого використовують поняття «змішане навчання» [10], [103], [114]. Проаналізуємо підходи щодо перекладу «blended learning» у вільній енциклопедії Вікіпедії, Вікісловнику та наукових джерелах (див. табл. А.1 у додатку); матеріали Вікіпедії та Вікісловника відображають радше актуальний стан суспільної думки.

Узагальнені результати використання різних перекладів поняття «blended learning» та допоміжних слів, що вживаються для його визначення, подано на картах (рис. 1.2, рис. 1.3).

У Великому тлумачному словнику сучасної української мови «комбінація – сполучення, поєднання або розташування чого-небудь однорідного у певному порядку» [14, с. 558].

«Комбінований – який становить комбінацію чого-небудь» [14, с. 558].

«Змішаний – 1) який складається з чого-небудь різного, різнорідного; 2) позбавлений звичайного порядку, безладно розташований; перемішаний, переплутаний» [14, с. 467].

Згідно Закону України «Про освіту» [36] «освітній процес – система науково-методичних і педагогічних заходів, спрямованих на розвиток особистості шляхом формування та застосування її компетентностей».

«Система – порядок, зумовлений правильним, планомірним розташуванням і взаємним зв'язком чого-небудь» [14, с. 1320].

Проведений аналіз надав можливість відповісти на *перше ДЗ*: виходячи з активізації євроінтеграційних процесів в Україні, українськомовним позначенням, що найточніше передає зміст поняття «blended learning», є «комбіноване навчання».

1.1.2. Підходи до трактування комбінованого навчання

У критичному огляді М. Oliver та К. Trigwell [434] дійшли висновку, що поняття КН просто вимагає двох або більше різних видів речей, які можна ком-

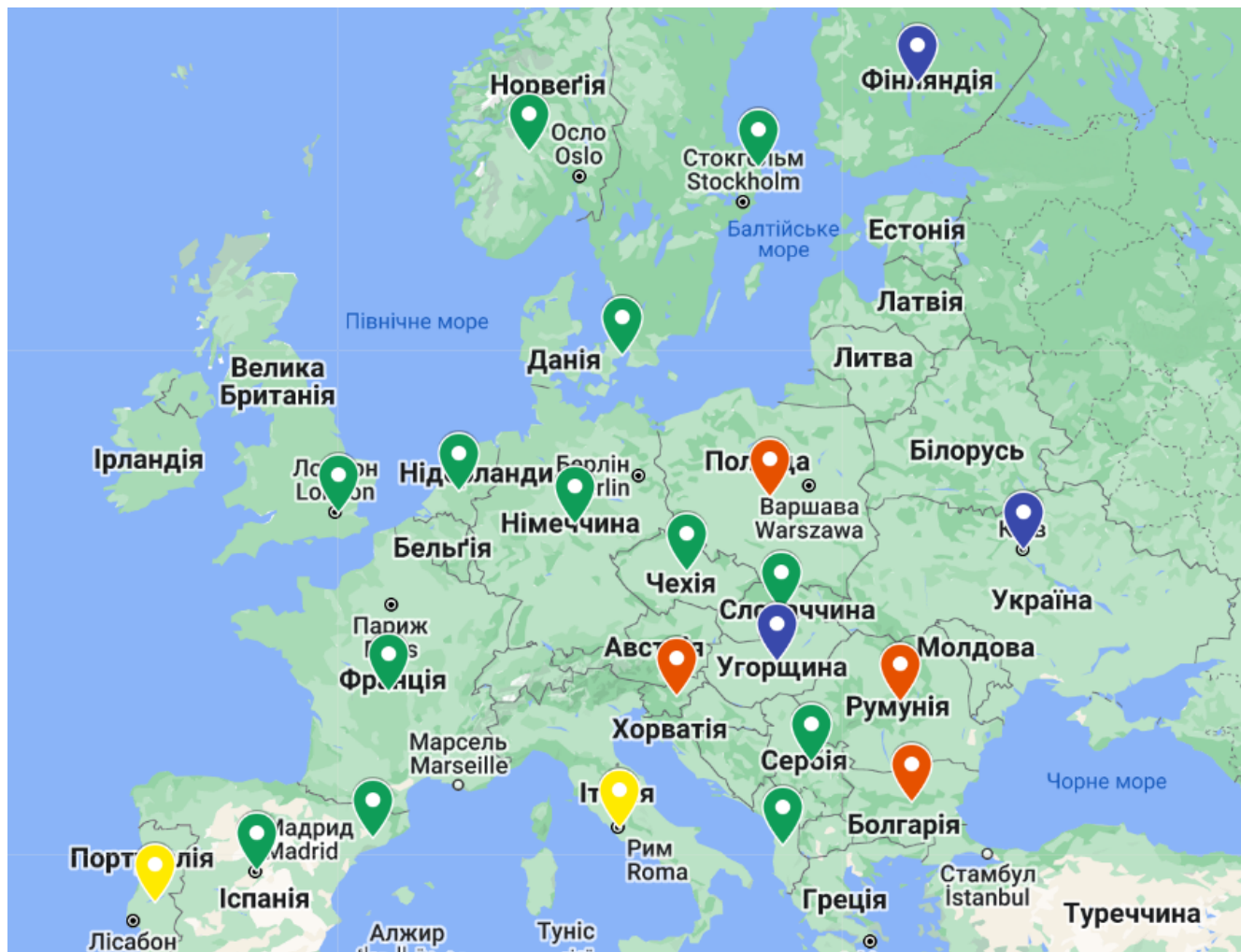


Рис. 1.3 – Визначення «blended learning» на карті Європи

Примітка. Країни, в яких використовуються слова «комбінування», позначені зеленим маркером, «змішування» – червоним, і «змішування», і «комбінування» – синім (джерельні дані за країнами – у табл. А.1 додатка).

оцінювання.

Поряд з уже наведеним образним визначенням [242], А. Rossett та R. V. Frazee [470] зазначають, що КН «інтегрує, здавалося б, протилежні підходи, такі як формальне і неформальне навчання, очне та онлайн навчання, самоспрямоване і кероване навчання, а також цифрові довідкові матеріали і особисті контакти для досягнення індивідуальних та інституційних цілей [навчання]».

У праці С. R. Graham [301] визначено три найпоширеніших визначення КН: «комбінування форм навчання (або засобів навчання), комбінування методів навчання та комбінування очного та онлайн навчання».

S. Hubackova та I. Semradova [325] характеризують КН як «поєднання очного (контактного) навчання з викладачем і самостійної підготовки з використанням

онлайн навчання» [325, с. 551].

У багатьох дослідженнях мета вбачається в тому, щоб очне та онлайн викладання і навчання доповнювали одне одного, поєднуючи різні переваги (Н. Bicen, F. Ozdamli та Н. Uzunboylu [190], Н. Çakır та В. А. Bichelmeyer [223], N. Deschacht та К. Goeman [253]).

D. R. Garrison та Н. Kanuka [287] тлумачать КН як «обмірковану (обдуману) інтеграцію очної навчальної діяльності з онлайн» [287, с. 96].

I. E. Allen та J. Seaman [146] дають таке означення «КН-курс – курс, що поєднує онлайн і очну форму. Значна частина контенту надається в режимі онлайн, зазвичай використовуються мережеві дискусії і, як правило, зменшена кількість очних зустрічей». Співзвучно S. Hrastinski [323] зазначає, що як КН можна визначити всі види освіти, які містять деякі аспекти очного і онлайн навчання.

I. E. Allen, J. Seaman та R. Garrett [147], C. J. Bonk та C. R. Graham [207], J. Khlaisang [353], [354], S. Waterhouse [575], D. Wilson та E. M. Smilanich [579] визначають таке співвідношення онлайн та очного навчання – 30–79 % онлайн і очне навчання на рівні 21–70 %; R. M. Bernard та ін. [188], W. W. Porter, C. R. Graham, K. A. Spring та K. R. Welch [460] оцінюють, що не менше 50% загального часу навчання має бути очним. А.-N. Diep, C. Zhu, K. Struyven та Y. Blieck [255] виокремлюють два різних підходи до КН, один з яких містить 25% онлайн-навчання, інший – 50% онлайн. Як онлайн курси визначаються ж такі, що принаймні 80% контенту надають онлайн [147, с. 5]. Електронне навчання, перетворюючись на агента глобальних змін у вищій освіті, «стало більш різноманітним за своєю формою і застосуванням» [284, с. 2], а «ця різноманітність ускладнює здатність обмінюватися результатами досліджень і передовим досвідом, оскільки не вистачає загального набору визначень» [389].

Зрештою, I. Shibley [526] констатує, що «різноманітність комбінацій очних і онлайн-навчання поєднань здається нескінченною», однак у всіх випадках мета – «зробити очне навчання більш ефективним, ніж воно було б без онлайн-удосконалень» [526, с. 6]; у кінцевому підсумку саме від викладача залежить, що викладається очно і що онлайн.

КН заохочує самотійне, автономне, саморегульоване та спільне навчання (C. Ruiz Bolívar [473]); поєднання очних і віртуальних (онлайн) занять забезпечує інтерактивність та мотивацію завдяки спільній роботі студентів і викладачів (M. A. Gonzalez Aldana, K. V. Perdomo Osorio та Y. Pascuas Rengifo [295, с. 145]),

а очний режим дає студентам змогу з'ясувати проблемні питання, викладачам – посилити рівень засвоєння курсу [295, с. 147].

Порівнюючи КН та електронне навчання, науковці визначають спільні характеристики (фізичне відокремлення учнів та вчителя, використання засобів ІКТ, самостійне навчання), проте електронне навчання базується на онлайн навчанні, а КН використовує засоби ІКТ для найкращого розвитку процесу навчання (R. Estrada Lizárraga та ін. [264]). У електронному (дистанційному) навчанні через брак динамічних процесів співпраці та втрату взаємодії між вчителем і учнем досягається нижчий рівень успішності та вищий рівень незавершення курсів (A. G. Antúnez Sánchez та ін. [161]), тоді як КН поєднує гнучкий розклад із очною взаємодією студента з однолітками та викладачами. N. Jachin та T. Usagawa [336] визначають, що «електронне навчання стає рушійною силою педагогічних та технологічних інновацій у ЗВО світу. Найбільш практичною формою електронного навчання у ЗВО є КН». A. Picciano [453] доповнює: КН стало настільки поширеним, що багато викладачів уже не ідентифікують себе як викладачів КН, «таємничість і аура викладання в мережі, яка існувала в середині – наприкінці 1990-х років, зникає», а коледжам і університетам важко вести точний облік професорсько-викладацького складу, який викладає КН курси [453]. E. Masie [388] зауважує, що ««е» в електронному навчанні зникає, і все це просто навчання».

Високо оцінюючи роль ІКТ (як апаратного, так і програмного забезпечення) у *National Education Act of B.E. 2542* [423] акцентується увага і на важливості комунікації, оцінюванні, ролі викладача/учня та безпосередньо методиці.

Á. N. Galvis [284] розширює вже наведене визначення та характерні особливості КН: навчання відбувається в різних навчальних середовищах – формальному (наприклад, в аудиторії), неформальному (наприклад, на роботі, в спільнотах практики) та інформальному (наприклад, через засоби масової інформації, вебсайти), ґрунтуючись на сильних сторонах кожного з них. І також підкреслює роль ІКТ – «визначальну роль у КН відіграє не лише вчитель, а й ІКТ-технології» [284]. Завдяки інструментам ІКТ у студентів виникає високий рівень задоволення (до 90%) [295, с. 146].

КН означає більше, ніж просте поєднання компонентів, і мета використання цього поєднання полягає в тому, щоб зробити процес навчання найбільш зручним, водночас стимулюючи студентів вчитися іншими способами (Picciano [453, с. 4]).

N. Jachin та T. Usagawa [336], аналізуючи КН, приходять до висновку, що

найпоширенішою причиною вибору КН є те, що КН поєднує в собі «найкраще з обох світів» (очного та онлайн навчання) [336, с. 1482].

С. Т. Procter [464] підкреслює, що КН вимагає «ефективного поєднання різних способів навчання, моделей навчання та стилів навчання» [464, с. 3].

Узагальнюючи положення W. Dick, L. Carey та J. O. Carey [254] і J. T. Holden, P. J.-L. Westfall та K. I. Gamor [321], N. Mirriahi, D. Alonzo та B. Fox [415] визначають КН як «процес інтеграції найбільш доцільних стратегій навчання та викладання, технологій та/або засобів для забезпечення значущої, гнучкої навчальної діяльності для досягнення результатів».

М. А. Gonzalez Aldana, К. V. Perdomo Osorio та Y. Pascuas Rengifo [295] зазначають, що мета КН – надання більшої гнучкості та освітнього комфорту: фізично відокремлений від викладача студент навчається динамічно й самостійно. Головна особливість КН – його адаптивність, акцент на розвитку когнітивних навичок, прийнятті рішень із використанням ІКТ, швидкість у спілкуванні, розробці та оновленні контенту. «КН є найбільш сприятливою формою навчання на всіх освітніх рівнях, так як охоплює різні сфери освітнього процесу, полегшуючи сприйняття змісту курсів студентами» [295, с. 147].

У вищій освіті КН набуло широкого поширення завдяки гнучкості, що надає можливість викладачам інтегрувати різноманітні освітні технології, впроваджуючи студентоцентроване навчання, а студентам – отримувати доступ до контенту та обмінюватися ідеями у будь-якому місці і в будь-який час, як очно, так і в онлайн-середовищі [355, с. 760].

Акцентують увагу на персоналізації з КН і S. Hubackova та I. Semradova [325], зазначаючи, що «основною перевагою КН є індивідуальне освітнє середовище. Кожен учень вибирає свій темп, місце і час, найбільш сприятливий для навчання. Важливу роль відіграє негайний зворотний зв'язок» [325, с. 552].

Серед конкретних прикладів переваг КН N. Z. Zacharis [590] наводить таке: «КН сприяє навчанню поза межами класу, оскільки вчитель і учні мають обмежений час у класі, заняття можна продовжити онлайн».

Подібний приклад – «підготовка до очних заходів, таких як перевернутий клас, відеолекції вдома, щоб час, проведений у класі, максимально використовувався для обговорення предмету та для проведення заходів, орієнтованих на учнів (наприклад, групова робота)» [547].

Проведений Т. Torres-Coronas та М.-А. Vidal-Blasco [555] аналіз, що синтезує

думку керівництва, студентів і викладачів ЗВО, показує: КН підвищує якість навчання студентів, зміцнює академічну успішність і стимулює викладачів до постійного впровадження інновацій.

Згідно з S. Pavla, V. Hana та V. Jan [451], задача КН полягає в тому, щоб отримати максимальну користь з очних і онлайн форм навчання, а I. Shibley [526] доповнює, що «КН – це не просто спосіб звести до мінімуму очне навчання ... добре розроблений курс створює можливості для навчання, яких раніше не існувало» [526, с. 5]. M. Derntl та R. Motschnig-Pitrik [251], D. R. Garrison та H. Kanuka [287], C. A. Twigg [560] погоджуються, що просто додавання технологій до традиційного класу не робить ефективним КН.

N. Jachin та T. Usagawa [336] стверджують, що використання КН у ЗВО може підвищити якість навчання, а розробка, впровадження та оцінка якості КН-курсів сприятимуть дослідженням якості у вищій освіті.

В University of Calgary [549] зазначають, що «інтеграція очного та онлайн навчання сприяє покращенню очного навчання. КН покращує залучення студентів до навчання через онлайн діяльність та підвищує ефективність за рахунок скорочення часу лекцій».

Водночас реалізація КН є проблемою для викладачів із низьким рівнем ЦК [416], тому викладачі потребують допомоги у професійному розвитку, зокрема шляхом демонстрування переваг КН [230]. Потрібно також визнати, що «інновації не відбуваються без напруги, і насправді саме напруга фактично забезпечує частину енергії, яка може стимулювати інновації» [442, с. 100].

Серед недоліків КН S. Hubackova та I. Semradova [325] також виокремлюють іноді його неналежне розуміння студентами, складність використання в деяких освітніх галузях; залежність від технологічного обладнання і знов-таки високі вимоги щодо підготовки викладачів [325, с. 552].

I. Shibley [526] зауважує, що хоча КН-курси підвищують гнучкість і покращують процес навчання, «реалізація таких переваг вимагає ретельного планування і розуміння проектування КН-курсів. КН вимагає високої технічної підготовки і ретельної уваги до процесу розробки курсу. Викладач, який планує викладати КН-курс, повинен бути ще більш організованим, ніж зазвичай» [526, с. 5].

А. Н. Galvis [284] акцентує увагу як на індивідуальних ініціативах викладачів, так і на необхідності інституційної підтримки КН – «узгодження технологічних, адміністративних і фінансових процесів підтримки з фундаментальними процесами

[освіти] відповідно до бажаних параметрів комбінування» [284, с. 9].

I. Shibley [526] виокремлює кілька важливих акцентів в організації КН, які можна стисло визначити як тріаду «до заняття – під час заняття – після заняття». Ця тріада передбачає, що первинне ознайомлення зі змістом виноситься на самостійне опрацювання перед очним заняттям, час у класі відводиться на аналіз і застосування, а закріплення й творчі завдання переносяться на етап після заняття [526].

C. D. Dziuban, J. L. Hartman та P. D. Moskal [260] визначають КН «як педагогічний підхід, який поєднує ефективність та можливості соціалізації в класі з технологічно розширеними можливостями активного навчання в Інтернет-середовищі, а не як співвідношення способів навчання». Іншими словами, «КН слід розглядати не просто як часову конструкцію, а скоріше як фундаментальну переробку навчальної моделі» з такими характеристиками [260]: персоналізація навчання (перехід від лекційного викладення до орієнтованого на студента інструктажу), збільшення взаємодії як між студентом і викладачем, так і поміж студентами, ефективні механізми оцінювання.

Виконаний огляд надав можливість відповісти на *друге ДЗ* щодо змісту поняття «blended learning»: **комбіноване навчання – сплановане, педагогічно виважене, адаптивне поєднання, взаємопроникнення та інтеграція технологій (очного та дистанційного навчання, формального та неформального навчання, реального та віртуального, індивідуального та колективного навчання) з метою оптимального задоволення освітніх потреб суб'єктів освітнього процесу засобами інтелектуальних технологій** [405], [408]. Наведене означення задає *повну (ідеальну) модель* комбінованого навчання – простір усіх можливих вимірів комбінування; у конкретній освітній практиці перелічені виміри (очне та дистанційне, формальне та неформальне, реальне та віртуальне, індивідуальне та колективне навчання) поєднують *вибірково*, відповідно до цілей, змісту й умов навчання, а не обов'язково всі одночасно. Визначальною ознакою КН є його планованість і педагогічна виваженість: стихійне самонавчання поза межами організованого освітнього процесу до нього не належить. Технології АІ в КН виступають *засобом* – об'єктом застосування і водночас предметом вивчення для майбутнього вчителя інформатики, а не суб'єктом навчання, адже суб'єктність у педагогічно виваженому процесі належить його учасникам – викладачам і здобувачам.

Отримані відповіді на поставлені ДЗ надали можливість визначити КН

термінологічно («комбіноване навчання») та змістово (наведене вище означення).

Запровадження КН надає доступ до великих даних щодо освітнього процесу та можливість застосування інтелектуальних технологій (насамперед моделей і методів машинного навчання) для їх опрацювання та прогнозування можливих кризових явищ на рівні суб'єктів навчання та системи у цілому [409]. Зокрема, інтелектуальні технології надають можливість визначити ступінь зацікавлення учасників онлайн заняття, їхній емоційний стан, рівень стресу тощо, створюючи умови для автоматизації індивідуалізації та персоналізації навчання. Тому основними концептами, розгляд яких є необхідним для розбудови системи КН, мають бути: персоналізація навчання, інтелектуалізація, великі дані, LA, віртуалізація навчання, імєрсія з опорою на досвід студентів [414].

Відповідно, у дослідженні комбіноване навчання розглядається у шести взаємопов'язаних вимірах: філософському – співвідношення реального та модельного (віртуального) у навчанні; психофізіологічному – індивідуалізація навчання на основі урахування емоційного стану, рівня стресу тощо; соціологічному – співвідношення індивідуального та колективного, очного та дистанційного у навчанні, бажаної та вимушеної мобільності суб'єктів навчання; організаційно-педагогічному – співвідношення формального та неформального у навчанні; інформаційно-технологічному – співвідношення традиційних та інтелектуальних технологій у навчанні, доступності та науковості, реальної та віртуальної наочності; синергетичному – співвідношення класичних методів машинного навчання та методів дослідження складних систем для виявлення кризових явищ. Теоретико-методологічне підґрунтя кожного виміру конкретизують відповідні наукові рамки: філософського – конструктивізм і коннективізм, психофізіологічного – теорія когнітивного навантаження та SDT, соціологічного – модель CoI, організаційно-педагогічного – гнучкі моделі організації КН, інформаційно-технологічного – LMS і хмарні технології, синергетичного – теорія самоорганізації складних систем. Ці виміри операціоналізуються далі у проєктних вимогах методичної системи (п. 3.1.1).

Окремого осмислення потребує *синергетичний вимір* КН, у якому освітній процес постає як складна нелінійна система, здатна до самоорганізації. Оскільки система – це «порядок, зумовлений правильним, планомірним розташуванням і взаємним зв'язком чого-небудь» [14, с. 1320], а освітній процес – «система науково-методичних і педагогічних заходів» [36], то у КН саме взаємодія різнорідних

складників – очного та дистанційного, формального та неформального, реального та віртуального – породжує нові, емерджентні властивості, яких не має жоден із компонентів окремо: вплив поєднання є не адитивним, а синергетичним, що й пояснює, чому механічне додавання технологій до традиційного навчання не робить його ефективним. Специфічним для підготовки майбутніх учителів інформатики проявом такого взаємопроникнення є подвійна роль засобів навчання: середовище, у якому навчається майбутній учитель інформатики (системи управління навчанням, спеціалізоване програмне забезпечення, інтелектуальні технології), є водночас і засобом організації освітнього процесу, і предметом його фахової підготовки. Відтак дослідження освітнього процесу як складної системи, що уможливорює виявлення та прогнозування кризових явищ на рівні як окремих суб'єктів навчання, так і освітньої системи в цілому, постає закономірним складником концептуальних засад КН [406].

1.2. Підходи до організації комбінованого навчання

Перші дослідження, присвячені впровадженню КН в освіту, датуються початком ХХІ століття, а повномасштабне запровадження КН організовано у 2020 році через необхідність соціального дистанціювання, обумовленого пандемією COVID-19. Ще до пандемії дослідники наводили численні аргументи на користь використання КН: «задоволення потреб у навчанні у невеликих віддалених та ізольованих районах», де немає достатньої кількості слухачів, викладача, навчального центру чи навчальних приміщень [591, с. 12947]; «підходи КН розглядаються як найбільш життєздатні для проведення навчання у віддалених районах та доступу до учнів на масовому рівні» [169, с. 1], значні переваги отримують і «здобувачі освіти, які не мають можливості відвідувати традиційні заклади освіти», зокрема через серйозні проблеми зі здоров'ям [169, с. 2]. Важливим доповненням є те, що організація КН сприяє «безперервності освіти у воєнних ситуаціях, таких як в Україні, Ємені» [335, с. 26].

Науковці наголошують на актуальності досліджень практичної реалізації КН, адже «огляд емпіричних досліджень КН може допомогти стимулювати роздуми про ефективні стратегії для розробки та впровадження програм підготовки вчителів у рамках КН» [348, с. 480], проте «кількість досліджень, що стосуються імплементації

[КН], досить обмежена» [591, с. 12943]. Одним із важливих чинників ефективної реалізації КН є компетентність вчителів, тож насамперед потребують дослідження їх КН та готовність до його імплементації [406], [408].

Метою аналізу в цьому підрозділі є систематичний розгляд застосування КН у підготовці та перепідготовці вчителів на початку та у процесі розгортання пандемії COVID-19.

Для отримання вибірки публікацій використано наукометричну базу даних Scopus. Попередній відбір виконано 11.01.2023 за пошуковим запитом: (TITLE-ABS-KEY («blended learning») AND TITLE-ABS-KEY («teacher education» OR «teacher training»)), що повернув 397 джерел. Хронологічні межі 01.01.2020 – 11.01.2023, визначені згідно мети, зменшили вибірку до 130 джерел, а вилучення джерел, відсутніх у відкритому доступі (для ознайомлення з повним змістом), – до остаточних 27: [144], [150], [152], [169], [211], [224], [285], [293], [312], [318], [339], [340], [343], [344], [349], [377], [382], [399], [400], [468], [521], [528], [543], [545], [552], [586], [591]. Зауважимо, що критерій відкритого доступу, застосований із прагматичних міркувань, міг спричинити систематичний зсув вибірки, оскільки доступність повного тексту корелює з типом видання та регіоном; тому цей підрозділ окреслює проблемне поле, не претендуючи на вичерпність. Окрім 27 джерел вибірки, до тематичного аналізу додатково залучено окремі суміжні праці поза нею (зокрема в характеристиці географії досліджень і засобів КН). Основний доказовий корпус дисертації формує систематичний огляд, виконаний за методологією PRISMA у розділі 2.

Аналіз вибірки надав змогу виокремити основні напрями досліджень (рис. 1.4): рефлексивний огляд власного досвіду впровадження КН [144], [344], [468], кількісний та якісний аналізи щодо певних аспектів упровадження КН [150], [152], [169], [224], [285], [293], [312], [318], [339], [340], [343], [349], [377], [382], [399], [400], [521], [543], [545], [552], [591], систематичні огляди з даної тематики [211], [528], [586].

Дослідження проводились як з майбутніми вчителями [150], [152], [285], [312], [318], [340], [343], [344], [349], [377], [382], [399], [400], [468], [521], [543], [545], [552], [570], так і вже з педагогами-практиками [144], [169], [216], [224], [293], [339], [479], [591].

Географія досліджень охоплює Європу (Грецію [591], Румунію [312], Нідерланди [399], [552], Хорватію, Мальту, Німеччину, Португалію та Норвегію [150],

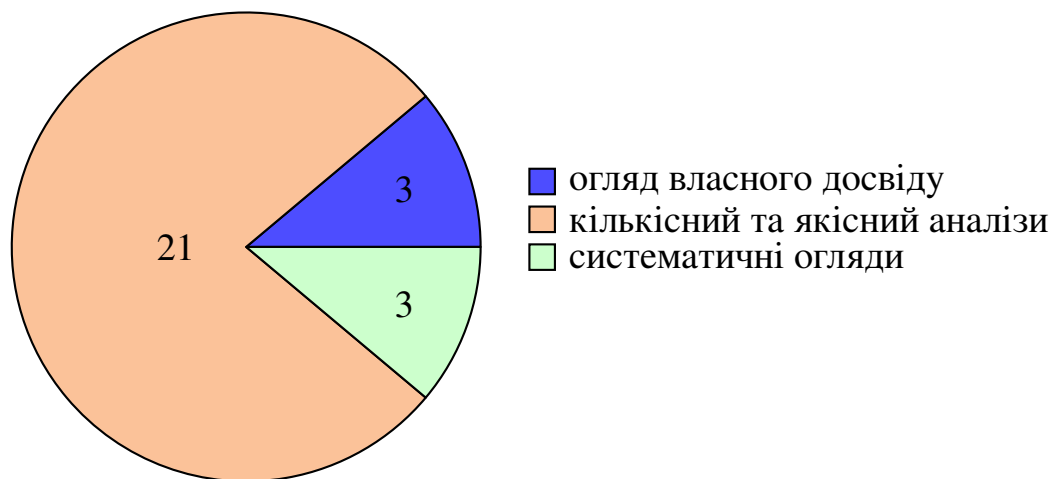


Рис. 1.4 – Розподіл джерел за напрямками досліджень

[339], Францію [373], Іспанію, Великобританію [144], [152], Бельгію [216], Фінляндію [479], Туреччину [349], [521]), Азію (Гонконг [339], Пакистан [169], Китай [343], Індонезію [318], [468], [543], [545], В'єтнам [377]), Австралію [340], [344], [382], Південну Америку (Еквадор [570], Мексику [285]), Африку (Ефіопію [400], Південно-Африканську Республіку [293]) (рис. 1.5).

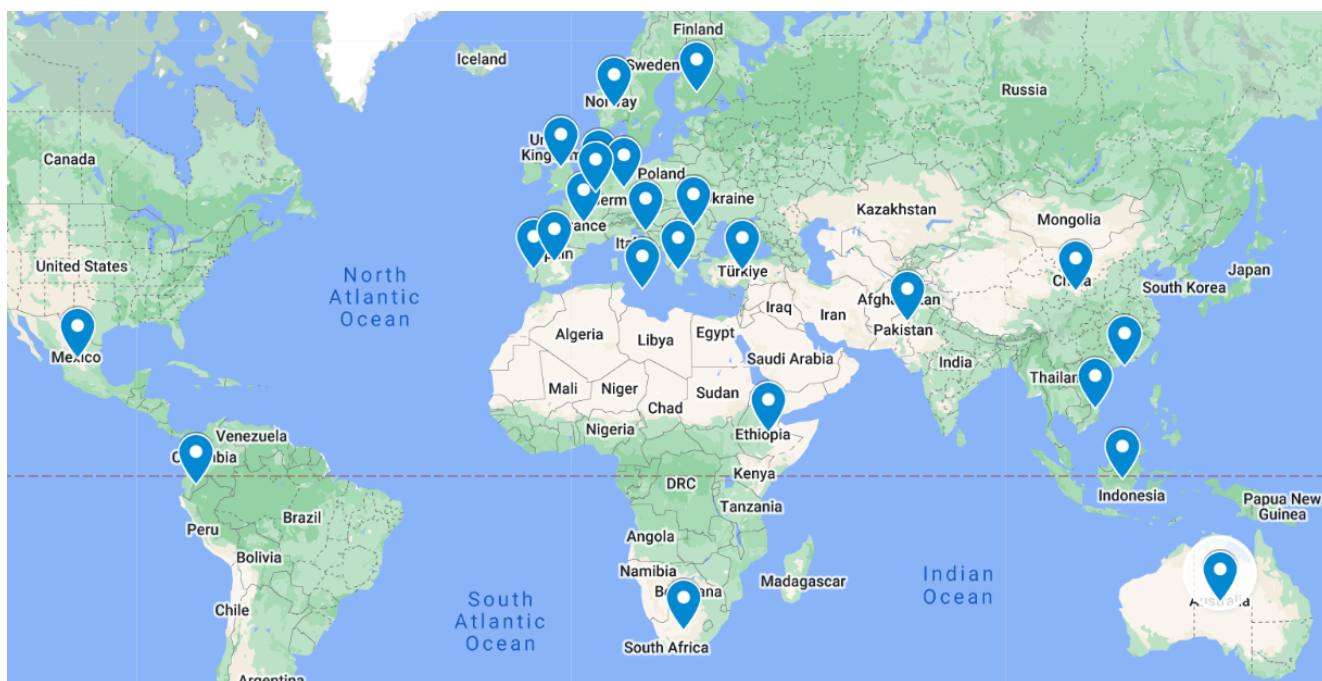


Рис. 1.5 – Географія досліджень

Тематика досліджень включає (рис. 1.6):

— *КН у підготовці вчителів:*

— організація КН майбутніх учителів [216], [377], [570], зокрема під час

пандемії COVID-19 [318], [344], [545];

- вплив КН на навчальні досягнення майбутніх вчителів, зокрема аспекти саморегуляції навчальної діяльності [343], онлайн активності [479], формування навичок ХХІ століття [521];
- академічна мобільність майбутніх учителів в умовах КН [152], [552];
- КН у формуванні професійних компетентностей майбутніх вчителів, зокрема загальних [150] та методичних [312], [528], [543];
- КН у підготовці вчителів-предметників: фізичного виховання та початкових класів [224], англійської мови [285], [349], [468], фізики [400], музики [340];
- *КН у перепідготовці вчителів*: до навчання обдарованих дітей [339] та використання ЦТ в умовах формальної [591] та неформальної освіти [144];
- *КН у підготовці та перепідготовці вчителів*: визначення співвідношення частин КН [169], аналіз організації екстреного КН в умовах COVID-19 [293], [382], [399].

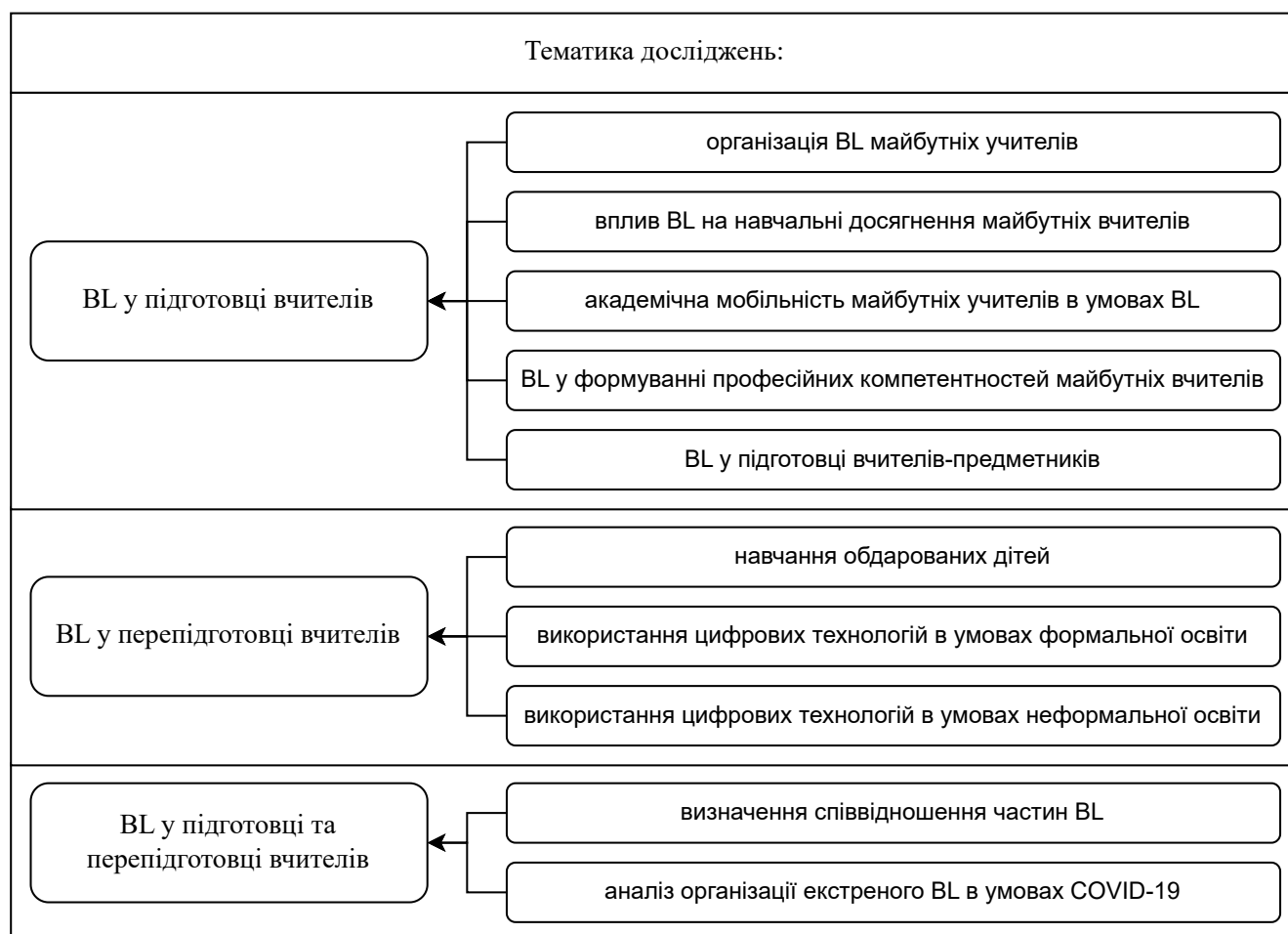


Рис. 1.6 – Тематика досліджень

Якщо у дослідженнях попередніх років більше уваги приділялось концептуально-теоретичним засадам КН – визначенню, складовим, моделям організації [538] та ін., то для періоду розгортання пандемії COVID-19 характерними є роботи з практичного досвіду упровадження КН (детальний аналіз ключових досліджень підходів до організації КН наведено у додатку Б, табл. Б.1 і табл. Б.2).

Аналіз ключових робіт [144], [152], [169], [285], [293], [339], [340], [344], [349], [373], [377], [399], [400], [468], [479], [521], [543], [570], [591], систематизований у [407], надав можливість виокремити такі *провідні підходи до організації КН*:

1) за способом комбінування:

- заздалегідь заплановане комбінування очного, синхронного та асинхронного дистанційного навчання [169], [224], [339], [400], [468], [591] через проєктування КН [144], [373], [468];
- комбінування очної та заочної форм організації навчання [591];
- комбінування навчання у робочий день і вихідні дні [591];
- комбінування навчання на кампусі та віддалено [339], [400], [521], [591];
- комбінування навчання в різних фізичних місцях, які пов'язані з навчальною та професійною діяльністю студента [144];
- екстрений перехід від очного до дистанційного навчання [144], [293], [399], [545];
- комбінування методів навчання у навчальні стратегії [468];

2) за засобами ІКТ КН:

- застосування систем підтримки навчання: LMS (Blackboard [293], [591], Moodle [73], [340], [479], [591], Elena [543], Google Classroom [545]) та CMS [468];
- інституційне навчання на відкритих курсах, розміщених на МООС платформах (edX [570]);
- застосування програмних засобів:
 - * для оцінювання навчальних досягнень [399], [521], [591];
 - * проведення вебінарів [144], [339], [591] та відеоконференцій [144], [399], [545];
 - * мультимедійних засобів [169] (зокрема, інформаційні ролики, записи лекторів [373], [377], [479], [570], відеоблоги [339], анімації [521], презентації [377], [468] та інші інтерактивні матеріали [570]);
 - * VR та AR для створення імерсивного навчального середовища [278];

- * симуляторів [400];
- * віртуальних маніпулятивів [400];
- * AI для підвищення ефективності навчання та персоналізації процесу навчання [461], [479];
- * інтернет-платформ для підтримки співпраці та взаємодії між студентами та викладачами:
 - ◇ соціальних мереж [344];
 - ◇ месенджерів (WhatsApp [169], [349], [479]);
 - ◇ електронної пошти [169], [479];
 - ◇ онлайн-голосування та опитування [399], [570];
 - ◇ онлайн-чатів [144], [224], [399], [521];
 - ◇ онлайн-форумів [340], [349], [399], [468], [521];
 - ◇ віртуальних дошок [570];

— застосування апаратних засобів для реалізації КН: стаціонарних (комп'ютери [169]) та мобільних (ноутбуки [169], [340], мобільні телефони [169], [340], [349], планшети [340]), зовнішніх носіїв із навчальними посібниками та електронною бібліотекою [169];

3) за педагогічними технологіями КН:

- ефективна комунікація, взаємодія та співпраця у середовищі КН [152], [340], [344], [521], [591];
- керована викладачем групова та індивідуальна рефлексія досвіду студентів із використання засобів КН на їх власних уроках [152], [285], [339], [340], [591];
- робота студентів у малих групах [344], [399];
- проєктний підхід [285], [344], [543];
- мобільне навчання, зокрема, навчання на вимогу [293], [340];
- гейміфікація у навчанні [311], [322].

Узагальнену схему подано на рис. 1.7.

Аналіз сильних і слабких сторін, можливостей і загроз (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, SWOT) [76] надав можливість виокремити:

1. Strengths (сильні сторони, зумовлені сутністю КН):

- сильна інтеграція між різними формами навчання [591];
- гнучкість, що сприяє персоналізації навчання [339], [591];
- доступність [339], [382];

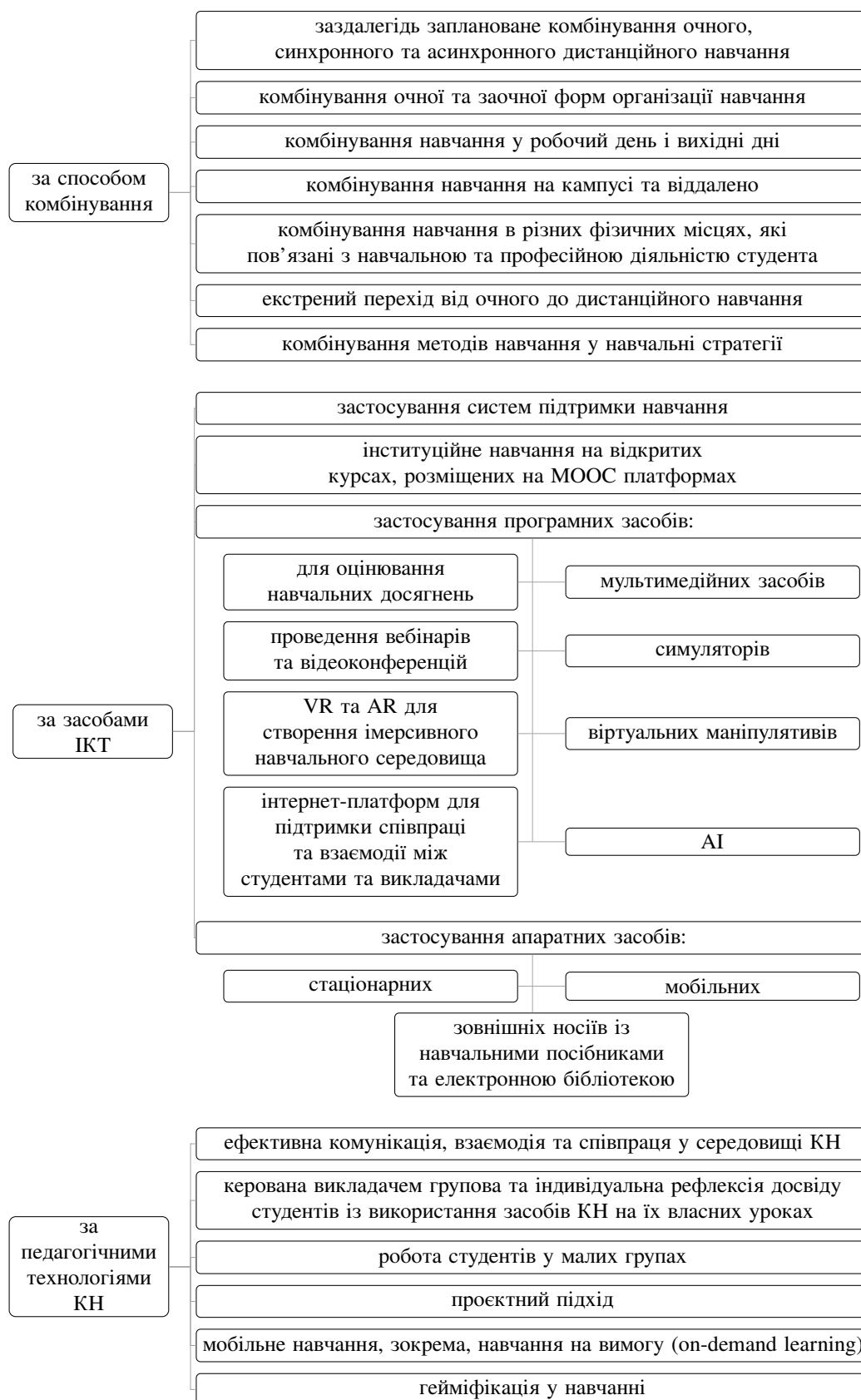


Рис. 1.7 – Класифікація підходів до організації КН

— ключова роль проектування КН в успішності його реалізації [152], [339], [400], [468];

- більша ефективність при роботі у малих групах [399];
- можливість навчатися будь-де, покращення академічної мобільності [152], [312];
- більша ефективність комбінованого лабораторного практикуму порівняно із традиційним [400].

2. Weaknesses (слабкі сторони, зумовлені сутністю КН):

- додатковий час на опанування засобів та технологій КН [169], [312];
- недостатня ефективність реалізації КН для студентів з низьким рівнем сформованості ЦК (зокрема, онлайн-навчання) [169], [339];
- студенти повинні мати розвинені навички самоуправління навчальною діяльністю [169], [285], [312], [343], [382], [468];
- додаткові фінансові вкладення у організацію КН [169], [312], [349], [382];
- у викладачів повинні бути сформовані навички фасилітації навчальної діяльності студентів [169], [312], [343], [468];
- викладачі повинні володіти методикою КН [169], [312], [339], [382];
- роз'єднання учасників освітнього процесу, складність організації адекватного зворотного зв'язку, дистанціювання від членів групи, недостатня взаємодія [169], [224], [312], [339], [382], [399];
- недостатня якість онлайн курсів знижує ефективність КН [339], [382].

3. Opportunities (можливості, зумовлені реалізацією КН):

- покращений доступ до цифрових освітніх ресурсів;
- інтелектуалізація навчання через опрацювання великих даних, що генеруються у процесі навчання студентів;
- висока ефективність реалізації КН для студентів інформатичних спеціальностей порівняно з іншими [169];
- високий рівень підтримки, переконання, заохочення та рекомендації викладачів формують позитивне ставлення студентів до КН [343];
- більший рівень залученості студентів до спілкування у онлайн-чатах порівняно із аудиторним [224];
- більш об'єктивне та точне оцінювання навчання [570];
- зниження професійної тривожності майбутніх учителів після проходження педагогічної практики у комбінованому форматі [552];
- більше можливостей для міжособистісних зв'язків, інтерактивності,

- командної роботи, безпосередньої, спонтанної взаємодії [312];
- швидка взаємодія із викладачем [312];
- можливості використання засобів ІКТ для вирішення конфліктних ситуацій [312];
- можливість більш ефективного контролю освітнього процесу без обмежень у часі та просторі [521];
- підвищення рівня сформованості ЦК учасників освітнього процесу [521].

4. Threats (загрози, зумовлені зовнішнім середовищем):

- неможливість проведення очних навчальних сесій (перетворення КН на дистанційне) [150];
- нестабільний Інтернет-зв'язок для проведення синхронних онлайн-заходів [312], [545];
- екстрений перехід до КН під впливом зовнішніх факторів [169], [373];
- ускладнене спілкування в онлайн-середовищі через відсутність фізичної взаємодії [312], [349], [545];
- зменшення можливостей співпраці поміж студентами, що призводить до відчуття самотності та ізольованості [312], [349], [545];
- недостатній рівень фізичної активності студентів [312];
- недостатній рівень підтримки практичної складової навчання та інтерактивної роботи [312].

1.3. Висновки до 1 розділу

У першому розділі дисертаційного дослідження були отримані такі основні результати:

1. Проаналізовано підходи до визначення сутності КН. На основі лінгвістичного аналізу та з урахуванням євроінтеграційних процесів в Україні обґрунтовано доцільність використання поняття «комбіноване навчання» на противагу більш поширеному в українських джерелах «змішане навчання». Слід наголосити, що йдеться не лише про вибір терміна: комбіноване навчання розглядається насамперед як *поняття* – цілісне педагогічне явище, тоді як назва «комбіноване навчання» є його українським термінологічним позначен-

ням. Уточнено тлумачення поняття «комбіноване навчання» як спланованого, педагогічно виваженого, адаптивного поєднання, взаємопроникнення та інтеграції технологій (очного та дистанційного навчання, формального та неформального навчання, реального та віртуального, індивідуального та колективного навчання) з метою оптимального задоволення освітніх потреб суб'єктів освітнього процесу засобами інтелектуальних технологій.

2. Систематизовано та узагальнено підходи до організації КН, зокрема за способом комбінування (комбінування навчання у робочий день і вихідні дні, на кампусі та віддалено, в різних фізичних місцях, екстрений перехід від очного до дистанційного навчання, комбінування методів навчання у навчальні стратегії), засобами ІКТ КН (системи підтримки навчання, інституційне навчання на відкритих курсах, розміщених на MOOC платформах, спеціалізоване програмне забезпечення, засоби комунікації та ін. і апаратні засоби реалізації) та педагогічними технологіями (групова робота, індивідуальна рефлексія, робота у малих групах, проєктний підхід, мобільне навчання, гейміфікація у навчанні та ін.)
3. За допомогою SWOT-аналізу визначено переваги, недоліки, можливості та ризики впровадження КН в освітній процес. До переваг віднесено сильну інтеграцію очного та дистанційного навчання, гнучкість, персоналізацію навчання. Серед недоліків відзначено додатковий час і зусилля викладачів на опанування нових технологій та методик, ризик психологічного відчуження студентів. Можливості КН пов'язані з розширенням доступу до освітніх ресурсів, інтелектуалізацією навчання, розвитком ЦК. Основними зовнішніми ризиками є технічні проблеми та екстрений вимушений перехід до дистанційного навчання.

Отримані результати надали можливість визначити *теоретичні основи КН*:

1. Термінологічний апарат дослідження, зокрема уточнено сутність поняття «комбіноване навчання».
2. Концептуальні засади КН, що охоплюють такі виміри: філософський (поєднання реального та віртуального), психофізіологічний (індивідуалізація навчання на основі врахування емоційного стану), соціологічний (співвідношення індивідуального та колективного, мобільність суб'єктів навчання), організаційно-педагогічний (інтеграція форм, методів і засобів традиційного та електронного навчання), інформаційно-технологічний (використання

інтелектуальних систем), синергетичний (дослідження освітнього процесу як складної нелінійної системи, що завдяки взаємодії очної та дистанційної складових набуває нових, емерджентних властивостей, а не лише їх адитивної суми).

3. Класифікацію підходів до організації КН за різними класифікаційними ознаками: за способом комбінування форм навчання (інтеграція очного та дистанційного навчання за заздалегідь визначеним планом чи ситуативно), за засобами ІКТ (використання LMS, спеціалізованого програмного забезпечення, засобів комунікації тощо), за превалюючими педагогічними технологіями (робота у малих групах, проєктний підхід, рефлексія досвіду студентів та ін.).
4. Передумови (чинники) ефективної реалізації КН, виявлені в науковій літературі за результатами SWOT-аналізу: інституційна підтримка, готовність викладачів, мотивація та ЦК студентів, якість навчального контенту, LMS, засоби комунікації та взаємодії. Ці передумови стають відправною точкою для обґрунтування комплексу з п'яти організаційно-педагогічних умов реалізації методичної системи (розділ 4).

Визначені теоретичні основи дозволяють сформувати цілісне концептуальне бачення КН та стають підґрунтям для моделювання методичної системи підготовки вчителів інформатики в умовах КН. Основні наукові результати першого розділу викладено в публікаціях автора [75], [76], [88], [405]–[409], [414].

РОЗДІЛ 2

СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ІЗ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

2.1. Вступ

2.1.1. Обґрунтування необхідності проведення систематичного огляду

Пошук у Scopus та Web of Science (WoS) у заголовках статей за пошуковим запитом

"review"

AND

((teacher* OR educator* OR pedagogical)

AND (education OR training OR preparation OR teaching

OR "pre-service" OR "professional development"))

AND

(informatics OR "computer science" OR cs)

надав такі огляди:

1. M. Menekse, «Computer science teacher professional development in the United States: a review of studies published between 2004 and 2014», *Computer Science Education*, т. 25, № 4, с. 325–350, 2015. doi: 10.1080/08993408.2015.1111645
2. L. Ni, G. Bausch та R. Benjamin, «Computer science teacher professional development and professional learning communities: a review of the research literature», *Computer Science Education*, т. 33, № 1, с. 29–60, 2023. doi: 10.1080/08993408.2021.1993666
3. A. Yadav, C. Connolly, M. Berges, C. Chytas, C. Franklin, R. Hijón-Neira, V. Macann, L. Margulieux, A. Ottenbreit-Leftwich та J. R. Warner, «A Review of International Models of Computer Science Teacher Education», в *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*, Association for Computing Machinery, 2022, с. 65–93. doi: 10.1145/3571785.3574123

До пошукового запиту не були включені терміни, пов'язані із обчислювальним

мисленням (Computational Thinking, CT) через його спрямованість на початкову ланку шкільної освіти та розвиток ЦК учителів, що не є учителями інформатики.

А. Yadav та ін. [584] представлено несистематичний огляд *підготовки вчителів інформатики* у Новій Зеландії, окремих штатах США (Огайо, Мічіган, Джорджія, Індіана, Техас), Німеччині, Ірландії, Нідерландах, Іспанії станом на 2021 рік. Автори розглянули, як у програмах підготовки для середньої школи ураховуються зміст інформатики та педагогічні знання, які є виклики у розробці таких програм та які рекомендації дають експерти щодо розробки високоякісних програм підготовки.

М. Menekse [396] виконано систематичний огляд джерел за 2004-2014 рр. із *професійного розвитку вчителів інформатики* у США.

На продовження попереднього дослідження, L. Ni, G. Bausch та R. Benjamin «[425] виконано систематичний огляд джерел за 2015-2020 рр. із *професійного розвитку вчителів інформатики* у США з особливою увагою до ролі професійних учительських спільнот.

Спроби зміни пошукового запиту (зокрема, розширення пошуку із заголовків статей до заголовків та ключових слів) не виявили жодного систематичного огляду із підготовки вчителів інформатики, що зумовило необхідність проведення такого дослідження.

2.1.2. Цілі огляду

Сучасний стан знань у галузі підготовки вчителів інформатики та комп'ютерних наук перебуває на стадії розвитку. Зростає визнання важливості ЦК для вчителів: Європейська комісія у травні 2023 року проаналізувала на семінарі напрацювання щодо ключових компонентів та еволюції розроблених рамок ЦК [266]; ЦК було визначено серед ключових у 2006 році [269, с. 4] як таку, що «передбачає впевнене та критичне використання технологій інформаційного суспільства (ІКТ) для роботи, дозвілля та спілкування» [269, с. 7]; у 2017 році Європейська комісія у [467] описала рамку DigCompEdu, орієнтовану «на освітян на всіх рівнях освіти, від раннього дитинства до вищої освіти та освіти дорослих».

Підготовка ефективних вчителів інформатики має вирішальне значення для забезпечення якісної інформатичної освіти, що озброює учнів критичним мисленням, вмінням розв'язувати проблеми та ЦК. Водночас забезпечення такої

підготовки на належному рівні є непростим завданням, оскільки вона має одночасно враховувати динаміку розвитку самої галузі, потреби закладів освіти та сучасні педагогічні підходи.

Проте у цій сфері існують певні проблеми та невизначеності. По-перше, підготовка вчителів часто відстає від стрімкого розвитку ІТ, що призводить до невідповідності між змістом навчання та реальними потребами школи [346]. По-друге, поява та активне впровадження систем AI, зокрема генеративних моделей, ставить нові виклики перед вчителями інформатики, пов'язані з оцінюванням навчальних досягнень, академічною доброчесністю тощо [380].

Дослідження часто зосереджуються на окремих елементах підготовки вчителів інформатики, не приділяючи достатньої уваги синергетичному ефекту від поєднання різних підходів, зокрема в рамках цілісних методичних систем. Крім того, недостатньо вивченими залишаються питання використання імерсивних та інтелектуальних технологій у підготовці вчителів інформатики, а також організації КН в умовах пандемії та воєнного часу [511].

Систематичний огляд літератури з цієї теми надає всебічний огляд наявних досліджень, виявляє прогалини у знаннях та окреслює напрямки майбутніх досліджень, сприяючи розробці ефективних програм підготовки вчителів інформатики та відповідних методичних систем.

Виходячи з цього, для формулювання ДЗ доцільним є застосування PICO (Patient, problem or population, Intervention, Comparison, control or comparator, Outcome) – складової «доказової освіти» [430], яка, подібно до доказової медицини, уможливорює обґрунтовані рішення про вибір дій (впливів, втручань) щодо освітнього процесу, ефективність яких у заданому контексті є науково доведеною [215].

Для систематичного огляду джерел із професійної підготовки учителів інформатики

- а) основним *об'єктом* дослідження (Problem) є професійна підготовка учителів інформатики, а *суб'єктами* дослідження (Population) – майбутні вчителі інформатики;
- б) основним *впливом* (Intervention) є застосування програм професійної підготовки майбутніх учителів інформатики, у тому числі зміст інформатичної і методичної підготовки, а також методичні системи навчання окремих предметів, їх підсистеми і компоненти;
- в) *компаратор* (Comparison) не передбачений: огляд є описовим (некомпара-

тивним), що є типовим для оглядів характеристик освітніх програм, тому альтернативні методи професійної підготовки (як-от неформальна освіта) окремо не порівнюються;

- г) основним *результатом* (Outcome) описового огляду є характеристики програм професійної підготовки – контекст, зміст і технології навчання – як чинники формування професійної компетентності майбутніх учителів інформатики.

Відповідно, *метою огляду* є здійснити ґрунтовний аналіз програм підготовки вчителів інформатики з точки зору контексту, змісту, технологій навчання та статистичних показників для розроблення методичної системи КН майбутніх учителів інформатики.

У табл. 2.1 подані сформульовані згідно мети ДЗ.

Таблиця 2.1 – ДЗ систематичного огляду

ДЗ	Обґрунтування
ДЗ 1. Яка статистика досліджень із професійної підготовки учителів інформатики?	
ДЗ 1.1. Який розподіл досліджень за роками?	Для розуміння динаміки інтересу до проблеми професійної підготовки учителів інформатики.
ДЗ 1.2. Який розподіл досліджень за країнами?	Для розуміння інтересу до проблеми професійної підготовки учителів інформатики у конкретній країні.
ДЗ 2. Який контекст програми підготовки вчителя інформатики (як вони враховують зовнішні та внутрішні фактори, що впливають на їхню діяльність)?	
ДЗ 2.1. За якими рівнями освіти здійснюється професійна підготовка учителів інформатики?	Для виявлення відмінностей у підготовленості вчителів за різними рівнями освіти (бакалавр, магістр).
ДЗ 2.2. Які вимоги до вступу на програму підготовки?	Для виявлення мінімальних вимог для початку підготовки вчителя інформатики.
ДЗ 2.3. Чи відповідає програма підготовки стандартам / акредитаційним вимогам?	Для порівняння результатів підготовки за акредитованими та неакредитованими програмами.
ДЗ 2.4. Чи передбачає програма підготовки дуальну освіту?	Для виявлення співвідношення навчання у закладі освіти та навчання на виробництві.
ДЗ 3. Який зміст програми підготовки вчителя інформатики?	
ДЗ 3.1. Який обсяг програми підготовки?	Для розуміння впливу тривалості підготовки на рівень підготовленості вчителів.
ДЗ 3.2. Як структурований зміст підготовки?	Для виявлення спільних та відмінних змістових блоків.
ДЗ 3.3. Який зміст інформатичних дисциплін у програмі підготовки?	Для розуміння спільних та відмінних складників інформатичної підготовки.
ДЗ 3.4. Який зміст методичних дисциплін у програмі підготовки?	Для розуміння спільних та відмінних складників методичної підготовки.
ДЗ 3.5. Який зміст інших дисциплін (відмінних від інформатичних та методичних) у програмі підготовки вчителя інформатики?	Для розуміння спільних та відмінних складників загальної підготовки.

Продовження таблиці 2.1

ДЗ	Обґрунтування
ДЗ 3.6. Які види та обсяг педагогічної практики у підготовці вчителя інформатики?	Для розуміння спільних та відмінних складників практичної підготовки.
ДЗ 4. Які технології підготовки вчителя інформатики?	
ДЗ 4.1. Які методи, форми організації та засоби навчання є провідними у програмі підготовки?	Для виявлення впливу технології навчання на професійну підготовку вчителя.
ДЗ 4.2. Які види та кількість контрольних заходів передбачає програма підготовки?	Для виявлення спільного та відмінного у контрольних заходах за різними програмами.
ДЗ 4.3. Які методи розвитку соціальних навичок майбутніх учителів пропонуються у складниках програми підготовки?	Для порівняння внеску загального, інформатичного та методичного компонентів підготовки у розвиток соціальних навичок.

2.2. Методика огляду

Згідно Page та ін. [445], «систематичні огляди ... можуть надавати узагальнення стану знань у певній галузі, ... відповісти на питання, на які інакше не можна було б відповісти за допомогою окремих досліджень, ... виявити проблеми в первинних дослідженнях ... і ... генерувати або оцінювати теорії»; для цього «автори повинні підготувати прозорий, повний і точний звіт про те, чому був проведений огляд, що вони зробили і що знайшли» [445, с. 1].

Систематичний літературний огляд, виконаний з використанням методики PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses – пріоритетні елементи звітності для систематичних оглядів і мета-аналізів), надає можливість згенерувати *доказові висновки* та *доказові рекомендації*.

Термін «систематичний» у назві огляду вказує на процедурну систематичність – виконання огляду за заздалегідь визначеним протоколом (сформульовані за форматом PICO ДЗ, формалізовані критерії включення та виключення, задокументована процедура відбору – від 985 до 300 досліджень), а не на періодичність із певним часовим кроком.

Методика PRISMA 2020 є оновленням методики 2009 року, за якою станом на серпень 2020 року було виконано близько 60 тис. оглядів [445, с. 1]. Відповідність цього огляду 27 пунктам контрольного списку звітності PRISMA 2020 наведено у додатку Г.

2.2.1. Критерії включення та виключення документів до огляду

Документ, що розглядається на прийнятність його включення до систематичного огляду, повинен:

- містити відповідь принаймні на одне із ДЗ 1, ДЗ 2, ДЗ 3, ДЗ 4;
- бути поданим українською, англійською, російською, польською або французькою мовами (мовами, якими володіє автор дослідження);
- мати один із типів: а) захищена дисертація; б) рецензована наукова публікація: книга, глава книги, стаття у журналі, стаття у матеріалах конференції, звіт тощо (як таких, що були оцінені зовнішніми експертами у галузі);
- не містити пропаганди та ідеології (зокрема, антиукраїнської пропаганди, пропаганди держав-агресорів тощо) (відповідно до рекомендацій Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти [95]).

Критерії включення та виключення узагальнено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Критерії включення та виключення

Критерій	Включення	Виключення
Фокус	Публікації, що стосуються професійної підготовки вчителів інформатики за різними освітніми рівнями	Публікації, що не стосуються безпосередньо підготовки вчителів інформатики, а розглядають інші аспекти інформатичної освіти
Мова публікацій	Документи, подані англійською, українською, російською, польською або французькою мовами	Документи, подані іншими мовами
Тип публікації	Рецензовані статті в журналах, матеріалах конференцій, главах книг, звітах; захищені дисертації	Нерецензовані публікації, препринти, виступи на конференціях без публікації; незахищені дисертації
Якість публікації	Публікації, що пройшли процедуру рецензування та оцінку редколегій і програмних комітетів	Публікації, що містять ознаки псевдонауки, пропаганди чи низької якості

До огляду включалися лише повнотекстові документи, доступні для завантаження та опрацювання, і лише оригінальні дослідження, тоді як вторинні публікації (інші огляди, реферати тощо) використовувалися для перехресних посилань та пошуку додаткових джерел. Операційно це правило застосовувалося так: огляд включався як одиниця аналізу лише тоді, коли він містив первинний агрегований аналіз програм підготовки, що безпосередньо відповідає принаймні одному ДЗ (багатопрограмні описи на кшталт [396], [425], [584]); межа з професійним розвитком проводилася за функцією програми – включалися праці, де професійний

розвиток є шляхом входження у професію вчителя інформатики (перекваліфікація, сертифікація) або де описана програма розкриває структуру чи технології підготовки, релевантні ДЗ 2–4, тоді як підвищення кваліфікації вже працюючих учителів інформатики без компонента підготовки виключалося.

Щодо якості публікацій, то перевага надавалася високоцитованим роботам у авторитетних виданнях, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science (WoS). Водночас оглядалися і менш відомі, але релевантні дисертаційні дослідження для повнішого охоплення наявних підходів та практик. Натомість відхилялися роботи, що мали ознаки недоброчесності, упередженості чи ненаукового стилю викладу.

2.2.2. Джерела інформації та стратегія пошуку

Як надійні джерела даних для пошуку релевантних публікацій були використані наукометричні бази даних Scopus і WoS для статей у журналах та матеріалах конференцій, а також Open Access Theses and Dissertations (OATD, <https://oatd.org/>), національний репозитарій дисертацій Франції Theses en ligne (TEL, <https://theses.hal.science/?lang=en>), Digital Dissertation Library (DDL, <https://diss.rsl.ru/?lang=en>) та Національний репозитарій академічних текстів (НРАТ, <https://nrat.ukrintei.ua/searchdb/>) для захищених дисертацій.

Scopus та WoS є найбільшими та найавторитетнішими базами даних рецензованої наукової літератури (журнали та матеріали конференцій) з різних галузей знань, включаючи інформатику та педагогіку: Scopus станом на травень 2024 року налічує понад 90 млн записів [263], WoS Core Collection – понад 92 млн документів [233].

Своєю чергою, OATD є найбільшою у світі колекцією відкритих дисертацій та тез, що налічує близько 7 млн. документів з понад 1100 університетів та інституцій [432]; оскільки захищені дисертації містять найновіші наукові результати та часто передують публікаціям у журналах, пошук серед них дозволяє отримати актуальну інформацію з теми дослідження.

Пошуковий запит до Scopus був виконаний 30.04.2024, до WoS – 03.05.2024. Пошук виконувався у заголовках статей без обмеження за роками; запит до Scopus: TITLE (

((teacher* OR educator* OR pedagogical)


```

AND (education OR training OR preparation OR teaching
      OR "pre-service" OR "professional development") )
AND
( informatics OR "computer science" OR cs )
)

```

Для WoS той самий запит (з тими самими термінами) було адаптовано до синтаксису поля заголовка – TI=(...):

```

TI=(
  ( (teacher* OR educator* OR pedagogical)
    AND (education OR training OR preparation OR teaching
          OR "pre-service" OR "professional development") )
  AND
  ( informatics OR "computer science" OR cs )
)

```

Пошуковий запит до OATD був виконаний 03.05.2024: [https://oatd.org/oatd/search?q=title%3A\(\(teacher%20or%20educator%20or%20pedagogical\)%20and%20\(education%20or%20training%20or%20preparation%20or%20teaching%20or%20%22pre-service%22%20or%20%22professional%20development%22\)%20and%20\(informatics%20or%20%22computer%20science%22%20OR%20cs\)\)](https://oatd.org/oatd/search?q=title%3A((teacher%20or%20educator%20or%20pedagogical)%20and%20(education%20or%20training%20or%20preparation%20or%20teaching%20or%20%22pre-service%22%20or%20%22professional%20development%22)%20and%20(informatics%20or%20%22computer%20science%22%20OR%20cs))).

Пошуковий запит до TEL був виконаний 27.07.2024: https://theses.hal.science/search/index?q=+++%28+%28teacher*+OR+educator*+OR+pedagogical%29++++++AND+%28education+OR+training+OR+preparation+OR+teaching+++++++OR+%22pre-service%22+OR+%22professional+development%22%29++%29+++AND++++%28+informatics+OR+%22computer+science%22+OR+cs+%29

Пошукові запити до HPAT та DDL були виконані 18.07.2024 із використанням ключових слів українською, російською та англійською мовами:

— HPAT:

"вчитель" I "інформатика"

"teacher" AND "computer science"

— DDL:

title:(будуши*

(подготовк* OR обучени* OR образовани* OR

(профессионально* развити*))

(учител* OR педагог*) информатик*

Пошук у базах даних здійснювався за наведеними запитами, що в сукупності дозволило ідентифікувати 985 потенційно релевантних досліджень: 337 – у Scopus, 238 – у WoS, 9 – у OATD, 41 – у TEL, 322 – у DDL та 38 – у HPAT.

На наступному кроці з метою усунення дублювання записів було виявлено та вилучено 372 дублікати: 5 – у Scopus, 3 – у WoS, 170 спільних для Scopus та WoS, 2 – у OATD, 187 – у DDL та 5 – у HPAT. Жодного дублікату не було виявлено у TEL.

Отже, після вилучення дублікатів залишилося 613 записів, відібраних для подальшого перегляду.

2.2.3. Процес відбору документів

На рис. 2.1 подана схема відбору даних для систематичного огляду згідно методики PRISMA [445].

Первинний відбір документів за типом, назвою та анотацією незалежно виконувався двома дослідниками. На цьому етапі 145 записів з 613 були визнані нерелевантними та виключені; розбіжності між дослідниками щодо включення окремих робіт вирішувались шляхом обговорення до досягнення консенсусу.

Для отримання повних текстів було відібрано 468 потенційно релевантних досліджень. У випадку відсутності повного тексту в базах даних, здійснювалися спроби його отримання через ResearchGate, інституційні репозитарії, запити до авторів, а також через відкриті репозитарії дисертацій (DDL, HPAT, TEL); у результаті лише 22 публікації, повні тексти яких не вдалося отримати, були виключені з подальшого аналізу.

Перевірка 446 повних текстів на відповідність критеріям включення незалежно виконувалась двома дослідниками. У процесі відбору публікацій автоматизовані інструменти та краудсорсинг не застосовувалися. Масиви вже відібраних документів з інших досліджень за темою огляду не використовувалися для звуження пошуку та виключення публікацій.

На етапі оцінки повних текстів 6 публікацій були виключені через невідповідність типу (зокрема, 2 вступні статті, 3 листи до редакції та 1 рецензія на книгу). Основною причиною виключення 135 публікацій була невідповідність фокусу дослідження – замість розгляду професійної підготовки майбутніх учителів інформатики, ці роботи були присвячені професійному розвитку вчителів

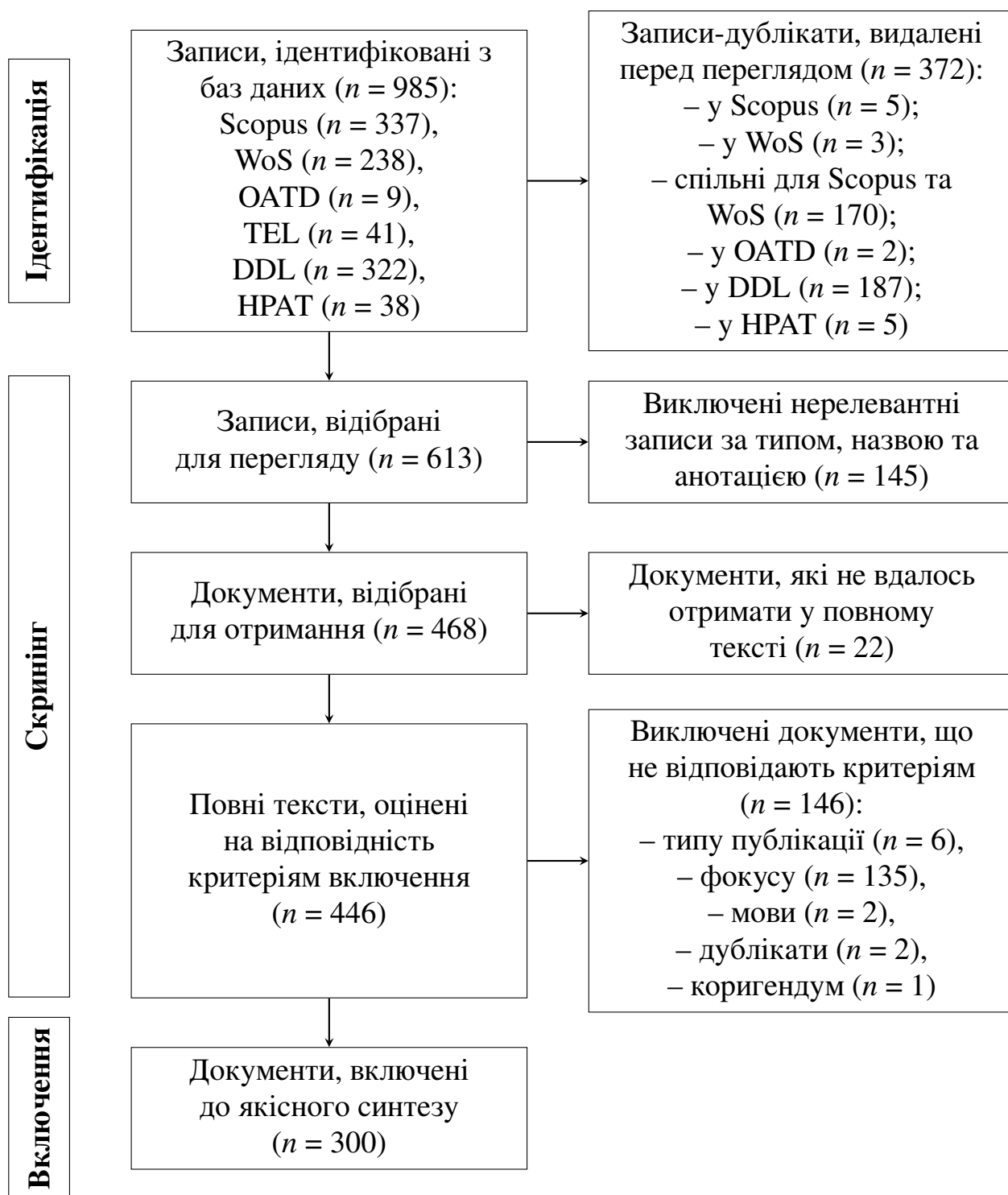


Рис. 2.1 – Схема відбору даних для систематичного огляду (згідно методики PRISMA)

інформатики, які вже працюють ($n = 71$), підготовці вчителів інших предметів ($n = 17$), навчанню учнів ($n = 32$) або іншим аспектам, не пов'язаних із підготовкою вчителів інформатики ($n = 15$). Крім того, 2 дослідження були виключені через мову публікації (іспанська), 2 – як дублікати та 1 – як коригендум. Не було виявлено

жодної публікації, яка б містила пропаганду чи ідеологію.

Отже, на основі аналізу повнотекстових документів, 300 досліджень, кожне з яких містило інформацію для відповіді принаймні на одне ДЗ, були визнані відповідними критеріям включення та включені до подальшого якісного та кількісного аналізу та синтезу.

2.2.4. Процес збору даних

Для збору даних із кожного дослідження, включеного до огляду, використовувався єдиний протокол – карта огляду (додаток В). Карта огляду містила 21 пункт, що охоплювали такі аспекти досліджень, як мова та тип публікації, рік видання, країни авторів та країни, що згадуються у статті, мета дослідження, характеристики програми підготовки вчителів інформатики (рівень освіти, вимоги до вступу, акредитація, відповідність стандартам, наявність дуальної освіти, обсяг у кредитах ЄКТС, структура та зміст, методи та форми навчання, контрольні заходи, розвиток соціальних навичок) тощо.

Первинне видобування даних із повних текстів статей незалежно виконувалось двома дослідниками (дисертанткою і консультантом). Кожен дослідник самостійно заповнював карту огляду на основі інформації з тексту статті, не консультуючись з іншим дослідником на цьому етапі.

Для автоматизації процесу видобування даних із включених публікацій застосовувалась велика мовна модель Claude 3 Sonnet [159]. Ця модель компанії Anthropic здатна виконувати різноманітні завдання з обробки природної мови, включаючи видобування інформації. На вхід моделі подавався повний текст статті у PDF форматі разом із структурованою інструкцією (запитом), що містила перелік характеристик із карти огляду, за якими необхідно описати статтю.

Точність видобування даних за допомогою Claude 3 Sonnet була верифікована іншою великою мовною моделлю – GPT-4 [436] через розширення Scholar GPT [437]. Порівняння результатів роботи двох моделей показало їх високу узгодженість в ідентифікації ключових характеристик досліджень.

Для мінімізації ризику некоректного видобування даних автоматизованими інструментами, результати роботи моделі Claude 3 Sonnet перевірялися вручну дисертанткою шляхом порівняння згенерованих характеристик із повним текстом відповідної публікації. У випадку виявлення розбіжностей, пріоритет надавався

даним, отриманим при ручному аналізі статті.

На другому етапі для комплексного повторного видобування даних із усіх 300 включених публікацій була застосована модель Claude Opus 4 з використанням структурованої схеми видобування у форматі JSON, що відповідала пунктам карти огляду. Результати повторного видобування порівнювались із даними першого етапу та ручної перевірки для виявлення та усунення розбіжностей.

Після завершення незалежного видобування даних обома дослідниками, результати порівнювалися між собою. Розбіжності в заповненні пунктів карти огляду обговорювалися та вирішувалися шляхом повторного звернення до повного тексту публікації та досягнення консенсусу. Фінальний узгоджений варіант карти огляду для кожної публікації вносився до загальної таблиці результатів [401].

Повнотекстові публікації французькою мовою ($n = 4$), для яких інформація була недоступна з англomовної анотації, перекладалися та повторно аналізувалися із заповненням карти огляду.

Поеднання цих процедур дозволило отримати надійний масив даних для подальшого синтезу та інтерпретації.

2.2.5. Дані про інші змінні

Під час видобування даних з публікацій, включених до огляду, збиралася інформація про такі змінні: характеристики досліджень – мова публікації, тип публікації (стаття у журналі, матеріали конференції, дисертація тощо), рік публікації, країни, в яких проводилось дослідження, мета дослідження; характеристики програм підготовки вчителів інформатики – рівень освіти (бакалавр, магістр), вимоги до вступу на програму, наявність акредитації програми та відповідність стандартам, тривалість та обсяг програми (у кредитах ЄКТС), структура та зміст програми, форми, методи та засоби навчання, види контролю та оцінювання, наявність педагогічної практики, розвиток соціальних навичок майбутніх учителів.

У випадку, якщо інформація про певні змінні була відсутня у публікації, фіксувалася відсутність даних.

2.2.6. Оцінювання ризику упередженості в дослідженнях

Для оцінювання ризику упередженості (PU) у дослідженнях, включених до огляду, використовувався інструмент Risk of Bias in Systematic Reviews (ROBIS) [577]. Цей інструмент призначений для оцінки упередженості саме у систематичних оглядах, але його можна адаптувати і для окремих досліджень. Вибір адаптації ROBIS замість стандартних інструментів для первинних досліджень (MMAT, CASP) зумовлений тим, що предметом оцінювання у цьому огляді є передусім повнота звітування методологічних аспектів у гетерогенному за дизайнами корпусі, тоді як зазначені інструменти орієнтовані на конкретні дизайни первинних досліджень.

ROBIS охоплює 4 домени можливої упередженості:

- критерії відбору учасників;
- оцінка впливу та результатів;
- методи ідентифікації та відбору досліджень;
- синтез та висновки.

Кожен домен містить декілька сигнальних запитань, відповіді на які дозволяють оцінити PU як низький, високий або незрозумілий.

Для адаптації ROBIS до специфіки досліджень у галузі освіти, були внесені такі зміни:

- Домен «Критерії відбору учасників» замінено на домен D1 «Дизайн дослідження» (критерії відбору учасників та опис контексту дослідження).
- Домен «Оцінка впливу та результатів» замінено на домен D2 «Збір та аналіз даних».
- Домен «Методи ідентифікації та відбору досліджень» вилучено як неактуальний.
- Домен «Синтез та висновки» перейменовано на домен D3 «Висновки та обмеження» (інтерпретація результатів та обговорення обмежень).

Остаточний варіант адаптованого інструменту ROBIS подано у таблиці 2.3. Відповіді на кожне із запитань співвідносяться з такими рівнями PU: «так» – низький ризик, «ні» – високий ризик, «незрозуміло» – незрозумілий ризик.

Оцінка PU виконувалась за допомогою великої мовної моделі Claude 3.5 Sonnet з подальшою перевіркою дисертанткою згідно запиту:

Надай однозначні відповіді на кожне із запитань:

Таблиця 2.3 – Адаптований інструмент ROBIS для оцінки РУ у дослідженнях з професійної підготовки вчителів інформатики

Домен	Сигнальне запитання	Критерій
D1: Дизайн дослідження	Чи чітко описані критерії відбору учасників дослідження?	Критерії відбору учасників мають бути чітко описані та обґрунтовані
	Чи репрезентативна вибірка учасників по відношенню до цільової популяції дослідження?	Вибірка має бути репрезентативною або випадковою, щоб уникнути упередженого відбору учасників
D2: Збір та аналіз даних	Чи використовувалися валідні та надійні інструменти для збору даних?	Інструменти збору даних мають бути стандартизованими, валідованими та відповідати меті дослідження
	Чи описано та обґрунтовано методи аналізу даних?	Методи аналізу даних мають відповідати ДЗ та типу зібраних даних
D3: Висновки та обмеження	Чи узгоджуються інтерпретації та висновки з отриманими результатами?	Інтерпретація результатів має базуватися на отриманих даних, а не на упередженнях чи очікуваннях дослідників
	Чи визнаються та обговорюються обмеження дослідження?	Дослідники мають критично оцінювати обмеження свого дослідження та їх потенційний вплив на результати

так, ні, незрозуміло:

1. Чи чітко описані критерії відбору учасників дослідження?
2. Чи репрезентативна вибірка учасників по відношенню до цільової популяції дослідження?
3. Чи використовувалися валідні та надійні інструменти для збору даних?
4. Чи описано та обґрунтовано методи аналізу даних?
5. Чи узгоджуються інтерпретації та висновки з отриманими результатами?
6. Чи визнаються та обговорюються обмеження дослідження?

Відповідь має складатись лише з 6 слів, кожне з яких виводиться з нового рядка. Приклад відповіді:

так

ні

так

незрозуміло

незрозуміло

так

Релевантність використання Claude 3.5 Sonnet визначали шляхом порівняння результатів, отриманих за допомогою Claude 3 Opus, Claude 3 Haiku та людини-дослідника. Модель Claude 3 Haiku виявила найменший рівень правильних відповідей; Claude 3 Opus надавала загалом правильну оцінку упередженості, але з варіюванням за доменами. Натомість Claude 3.5 Sonnet забезпечувала правильну оцінку упередженості як у цілому, так і за окремими доменами.

Правила визначення РУ за доменом:

1. Якщо на всі сигнальні запитання домену отримано відповідь «так», РУ вважається низьким.
2. Якщо принаймні на одне запитання отримано відповідь «ні», ризик вважається високим.
3. Якщо принаймні на одне запитання отримано відповідь «незрозуміло», але немає відповідей «ні», ризик вважається незрозумілим.

Загальне судження про РУ формулювалося на основі оцінок за окремими доменами. Загальний ризик уважався високим, якщо принаймні в одному домені його визначено як високий; незрозумілим – якщо принаймні один домен мав незрозумілий ризик за відсутності жодного високого; низьким – якщо всі три домени мали низький ризик.

Результати оцінювання РУ для кожного включеного дослідження подано у [401]; вони враховуються при інтерпретації результатів та формулюванні висновків огляду.

2.2.7. Методи синтезу

1. Відбір досліджень для синтезу

До якісного та кількісного синтезу включалися дослідження, що відповідали всім критеріям включення, визначеним у протоколі огляду.

2. Підготовка даних до синтезу

Для кожного включеного дослідження інформація про публікацію, контекст, зміст та особливості програми підготовки вчителів інформатики була вилучена з повного тексту та занесена до таблиці Google Sheets [401].

3. Представлення та візуалізація результатів

Основними методами представлення результатів індивідуальних досліджень та їх

синтезу були: окрема узагальнювальна таблиця для кожного ДЗ (за необхідності – із групуванням даних за країною, роком публікації тощо); стандартні типи діаграм для візуалізації окремих характеристик програм підготовки (наприклад, розподілу кредитів між дисциплінами); детальні текстові описи особливостей та прикладів програм підготовки з окремих досліджень.

4. Методи статистичного синтезу

З огляду на гетерогенність досліджень та переважання якісних та описових даних, можливості для статистичного синтезу та мета-аналізу у цьому огляді були обмежені. Для окремих кількісних показників, що повідомлялися щонайменше у 5 дослідженнях (наприклад, тривалість програм у кредитах), розраховувалися описові статистики.

5. Оцінка достовірності доказів

Формальна оцінка достовірності доказів за методологією Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations (GRADE) не проводилася, оскільки GRADE призначена переважно для оглядів ефективності втручань із кількісними показниками ефекту. У нашому огляді домінують якісні та описові дані про характеристики програм підготовки вчителів інформатики, що унеможлиблює застосування стандартних процедур GRADE. Натомість достовірність результатів оцінювалася опосередковано через оцінку РУ кожного включеного дослідження та враховувалася при інтерпретації результатів синтезу.

6. Оцінка РУ через неповноту звітування й достовірності та надійності результатів, отриманих із публікацій

Оцінка РУ через неповноту результатів є найбільш актуальною для мета-аналізів, що узагальнюють кількісні оцінки ефекту втручань, де вибіркова публікація лише статистично значущих результатів або замовчування небажаних ефектів можуть суттєво спотворювати підсумкові оцінки; у нашому огляді основна увага приділяється якісним характеристикам програм підготовки вчителів, а не кількісним ефектам, тому цей РУ є меншим. Включення до огляду захищених дисертацій, що достатньо повно описують відповіді на ДЗ, додатково зменшує РУ через неповноту результатів, а використання надійних джерел надає можливість не виконувати пряму оцінку достовірності та надійності результатів, отриманих із публікацій.

7. Фінансування, конфлікт інтересів та доступність даних

Дослідження виконано в межах дисертаційної роботи без спеціального зовнішнього фінансування. Авторка заявляє про відсутність конфлікту інтересів. Дані огляду доступні для перевірки: протокол, критерії та карта огляду зафіксовані у відкритій таблиці [401].

2.3. Результати

2.3.1. Відбір досліджень

Процес відбору представлено на рис. 2.1: із 985 потенційно релевантних публікацій, ідентифікованих у 6 базах даних (Scopus, WoS, OATD, TEL, DDL, HPAT), після вилучення 372 дублікатів залишилося 613 записів; на етапі скринінгу за назвою та анотацією виключено 145 нерелевантних записів, із 468 відібраних документів 22 виключено через неможливість отримати повний текст; із 446 оцінених повнотекстових документів 146 виключено через невідповідність критеріям: типу публікації ($n = 6$), фокусу дослідження ($n = 135$), мови публікації ($n = 2$), дублювання ($n = 2$) та наявності коригендуму ($n = 1$). Остаточного до якісного синтезу було включено 300 досліджень.

2.3.2. Характеристика включених досліджень

2.3.2.1. Розподіл публікацій за роками

На рис. 2.2 представлено розподіл 300 включених досліджень за роками публікації. Хронологічний діапазон охоплює 1972–2024 рр.

Найперше виявлене дослідження датується 1972 роком. Протягом 1972–2002 рр. кількість публікацій залишалася спорадичною – не більше 3 на рік (19 досліджень за три десятиліття); у 2003–2008 рр. публікувалось 3–7 досліджень щорічно, у 2009–2013 рр. відбувся перший стрибок активності (10–13 публікацій на рік), а найбільш продуктивним виявився період 2017–2021 рр. із 21–24 дослідженнями щорічно (загалом 116 досліджень, 38,7 % від загальної кількості). У 2022–2024 рр. кількість дещо зменшується (20, 16 та 8 відповідно), що частково пояснюється незавершеністю індексації публікацій 2024 року на момент пошуку.

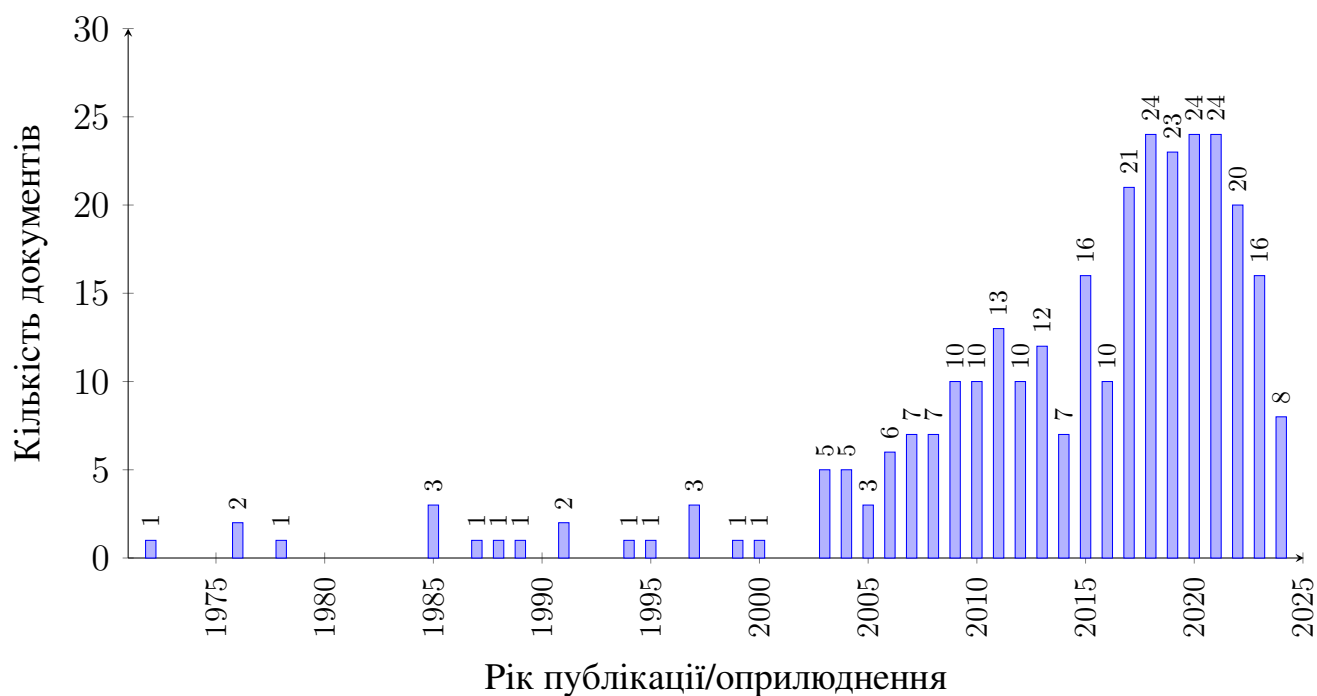


Рис. 2.2 – Розподіл документів за роками

Для подальшого аналізу часових трендів дослідження розподілено на три хронологічні періоди – ранній (до 2008 р. включно), зростання (2009–2016 рр.) та пік (2017–2024 рр.); їх кількісні характеристики наведено у синтезі за ДЗ 1.1.

2.3.2.2. Розподіл публікацій за країнами

Для розуміння географії наукового інтересу проаналізовано два аспекти: країни афіліації авторів публікацій (автори представляють 44 країни; лідери та частки наведено у синтезі за ДЗ 1.2) та країни, освітні системи яких розглядаються у публікаціях; повні розподіли наведено в додатку Д (табл. Д.1 і Д.2).

За країнами, що досліджуються у публікаціях, найбільш вивченими є освітні системи США (110 згадок, 36,7 %), України (40, 13,3 %), Великобританії (35, 11,7 %) та Німеччини (29, 9,7 %); загалом згадуються понад 60 країн, причому досвід США аналізується не лише вітчизняними, а й зарубіжними авторами.

Для подальшого аналізу регіональних відмінностей країни було згруповано у шість регіонів (кількісний розподіл – у синтезі за ДЗ 1.2). Домінування пострадянського простору за кількістю досліджень пояснюється включенням до вибірки дисертацій з DDL та HPAT. Диспропорція між дослідницькою продуктивністю та населенням є найбільш виразною для Латинської Америки та Африки: ці регіони,

що налічують понад 2 млрд населення, представлені лише 9 дослідженнями (3,0 %) – суттєва географічна прогалина у наявній літературі.

2.3.2.3. Розподіл публікацій за типом документа

За типом документа (табл. 2.4) серед 300 включених досліджень переважають статті у матеріалах конференцій (129, 43,0 %) та статті у журналах (89, 29,7 %); значну частку складають дисертації (75, 25,0 %) – зокрема з України (24 з HPAT) та Франції (4 з TEL); глави книг та інші типи представлені 7 публікаціями (2,3 %). Виявлений розподіл має змістове значення: висока частка конференційних публікацій є характерною саме для інформатичних галузей, де конференції відіграють роль основного каналу наукової комунікації, а цілеспрямоване включення дисертаційного («сірого») масиву через бази DDL, HPAT, TEL та OATD відрізняє цей огляд від попередніх, що здебільшого обмежувалися реферованими статтями, і забезпечує повніше охоплення національних традицій підготовки.

Таблиця 2.4 – Розподіл досліджень за типом документа

Тип документа	<i>n</i>	%
Стаття у матеріалах конференції	129	43,0
Стаття у журналі	89	29,7
Дисертація	75	25,0
Глава книги	3	1,0
Інше	4	1,3

2.3.2.4. Розподіл публікацій за мовою

Домінує англійська мова (221 документ, 73,7 %), що відображає не стільки реальну географію досліджень, скільки структурну упередженість провідних наукометричних баз (Scopus, WoS) на користь англomовної періодици. Свідоме долучення спеціалізованих баз дисертацій частково врівноважує цю упередженість і уможливорює міжмовний синтез: російськомовні дослідження (46, 15,3 %) представлені переважно дисертаціями з DDL, україномовні (29, 9,7 %) – дисертаціями з HPAT та публікаціями в українських виданнях, франкомовні (4, 1,3 %) – дисертаціями з TEL. Водночас відсутність у стратегії пошуку іспано-, португало- та китайськомовних джерел лишається обмеженням, що корелює з виявленою недопредставленістю

Латинської Америки, Африки та значної частини Азії.

2.3.2.5. Розподіл публікацій за базами даних

Більшість включених досліджень ідентифіковано через Scopus (194, 64,7 %). Дисертації з DDL (43, 14,3 %) та статті з WoS (31, 10,3 %) становлять наступні за величиною групи. Дисертації з HPAT (24, 8,0 %), TEL (4, 1,3 %) та OATD (4, 1,3 %) доповнюють вибірку (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Розподіл досліджень за базою даних

База даних	<i>n</i>	%
Scopus	194	64,7
DDL	43	14,3
WoS	31	10,3
HPAT	24	8,0
TEL	4	1,3
OATD	4	1,3

Отже, корпус є хронологічно зміщеним до останнього десятиліття (понад 79 % досліджень опубліковано після 2009 р.), географічно сконцентрованим навколо трьох центрів та жанрово неоднорідним (конференційні статті, журнальні публікації та дисертації у співвідношенні приблизно 43:30:25), що зумовлює подальшу логіку синтезу: часовий аналіз за трьома хронологічними періодами, регіональні крос-табуляції та зіставлення повної вибірки з підвибіркою низького РУ (аналіз чутливості).

2.3.3. Ризик упередженості у включених дослідженнях

Оцінка РУ виконувалась за адаптованим інструментом ROBIS (табл. 2.3); результати зведеної оцінки за трьома доменами (D1 – дизайн дослідження, D2 – збір та аналіз даних, D3 – висновки та обмеження) подано у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Оцінка РУ

Домен	Низький	Високий	Невизначений
D1: Дизайн дослідження	232	26	42
D2: Збір та аналіз даних	157	68	75
D3: Висновки та обмеження	107	148	45
Загальна оцінка	90	152	58

За загальною оцінкою 90 досліджень (30,0 %) мають низький РУ, 152 (50,7 %) – високий та 58 (19,3 %) – незрозумілий. Найкращі показники має домен D1 (дизайн дослідження): 232 дослідження (77,3 %) із низьким РУ. Найпроблемнішим є домен D3 (висновки та обмеження): лише 107 досліджень (35,7 %) мають низький РУ, тоді як 148 (49,3 %) – високий. Це пояснюється тим, що значна частина досліджень не обговорює обмежень або формулює висновки, що не повністю підтримуються отриманими даними. Розподіл оцінок за доменами візуалізовано на рис. 2.3.

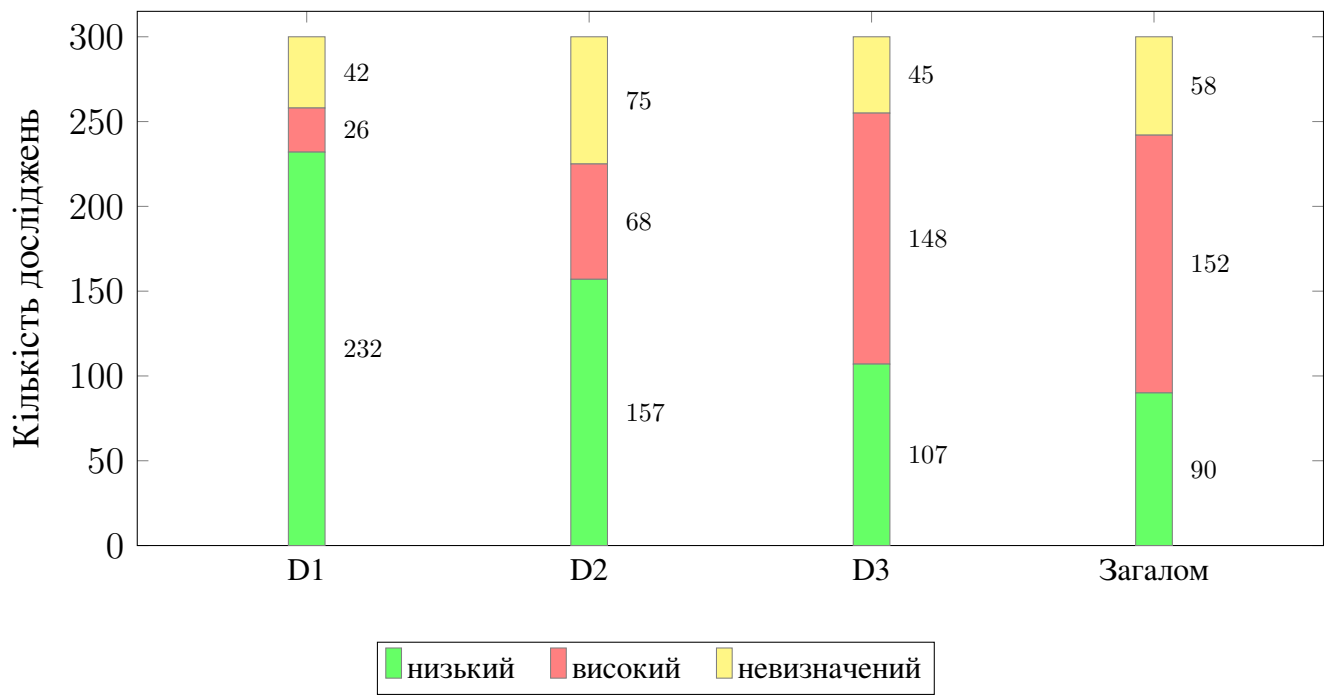


Рис. 2.3 – РУ за доменами та загальний

Аналіз РУ за хронологічними періодами (табл. 2.7) виявляє позитивну тенденцію: частка досліджень із низьким РУ зростає від 13 % у ранньому періоді (до 2008 р.) до 28 % у 2009–2016 рр. та 36 % у 2017–2024 рр. Водночас частка досліджень із високим РУ знизилась від 71 % до 41 %, що свідчить про поступове підвищення методологічної культури. Динаміку розподілу оцінок РУ за трьома періодами візуалізовано на рис. 2.4.

Таблиця 2.7 – РУ за періодами (% досліджень у періоді)

	≤2008 (n=52)	2009–2016 (n=88)	2017–2024 (n=160)
Низький	7 (13 %)	25 (28 %)	58 (36 %)
Високий	37 (71 %)	49 (56 %)	66 (41 %)
Невизначений	8 (15 %)	14 (16 %)	36 (22 %)

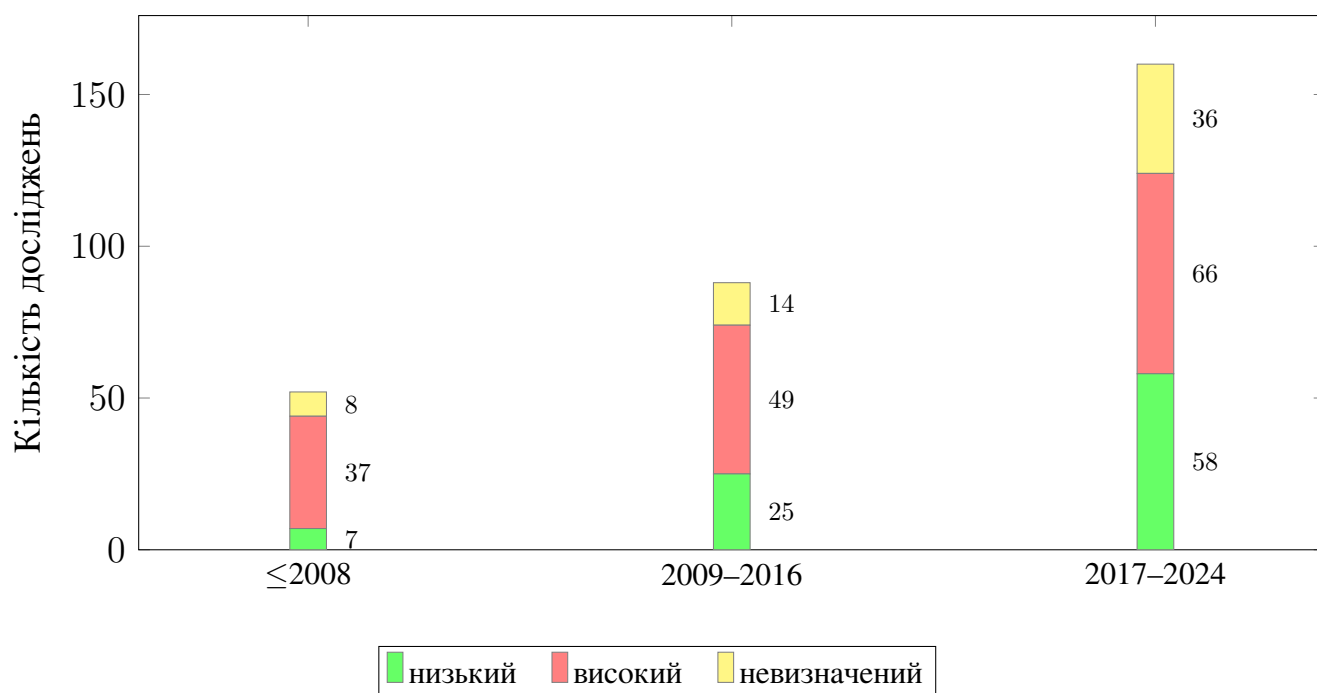


Рис. 2.4 – РУ за періодами

Порівняння РУ за типом публікації (табл. 2.8) засвідчує суттєві відмінності: дисертації мають найвищу частку досліджень із низьким РУ (43 %), що пояснюється формальними вимогами до структури дисертаційних робіт (обов'язкова наявність методології, обмежень та обговорення результатів), журнальні статті – 40 %, тоді як конференційні публікації – лише 16 %, що пов'язано з їх обмеженим обсягом, який ускладнює повне висвітлення методології та обмежень.

Таблиця 2.8 – РУ за типом публікації (% досліджень за типом)

	Конференція (n=129)	Журнал (n=89)	Дисертація (n=75)
Низький	21 (16 %)	36 (40 %)	32 (43 %)
Високий	73 (57 %)	39 (44 %)	34 (45 %)
Невизначений	35 (27 %)	14 (16 %)	9 (12 %)

Високий відсоток досліджень із високим або незрозумілим РУ (загалом 70,0 %) є типовим для освітніх досліджень і має враховуватися при інтерпретації результатів синтезу.

2.3.4. Синтез результатів

Повні результати вибірки даних для кожного з 300 включених досліджень доступні у [401]; нижче наведено узагальнений синтез за кожним ДЗ.

2.3.4.1. ДЗ 1. Статистика досліджень із професійної підготовки учителів інформатики

ДЗ 1.1. Розподіл за роками. Динаміка публікацій (рис. 2.2) демонструє висхідний тренд від поодиноких досліджень у 1970-х роках до піку у 2017–2021 рр. Понад 79 % включених досліджень опубліковано після 2009 року [145], [148], [165], [168], що свідчить про відносну молодість наряду; найбільш продуктивними роками є 2018, 2020 та 2021 (по 24 дослідження). Розподіл за трьома хронологічними періодами – ранній (до 2008 р., 52 дослідження, 17,3 % [178]), зростання (2009–2016, 88, 29,3 % [145], [168], [217]) та пік (2017–2024, 160, 53,3 % [148], [165], [166], [171], [172]) – підтверджує експоненціальне зростання наукового інтересу: кількість публікацій у кожному наступному періоді приблизно подвоюється. Ці три періоди використовуються далі для аналізу часових трендів за всіма ДЗ.

ДЗ 1.2. Розподіл за країнами. Географія досліджень (табл. Д.1, Д.2) засвідчує домінування трьох регіональних центрів: північноамериканського (США – 89 публікацій авторів, 29,7 % [148], [165], [166], [176], [182]), пострадянського (Україна – 38, 12,7 % [2], [11], [12], [139], [193]; Казахстан – 9, 3,0 %) та західноєвропейського (Німеччина – 24, 8,0 % [172], [214], [217], [257], [277]; Ізраїль – 15, 5,0 %, віднесений до цього центру за участю в європейському дослідницькому просторі; Великобританія – 8, 2,7 %).

Регіональний аналіз засвідчує, що пострадянський простір є найбільш представленим регіоном (107 досліджень, 35,7 %), за ним ідуть Північна Америка (90, 30,0 %) та Західна Європа (79, 26,3 %). Азія та Океанія (33, 11,0 %), Латинська Америка (8, 2,7 %) та Африка (1, 0,3 %) залишаються суттєво недопредставленими (сума часток перевищує 100 % через дослідження з міжнародним авторством, ураховані в кількох регіонах).

Наприклад, О. В. Кучай [56] у порівняльному дослідженні підготовки вчителів інформатики у Польщі та Україні виявив, що польська модель приділяє особливу увагу розвитку інноваційності та креативності вчителів, що контрастує із більш стандартизованим підходом у пострадянських країнах.

2.3.4.2. ДЗ 2. Контекст програм підготовки вчителів інформатики

ДЗ 2.1. Рівні освіти. Розподіл за рівнями освіти (табл. 2.9) засвідчує, що значна частина досліджень (122, 40,7 %) описує програми, для яких рівень визначається як «інше» – переважно програми професійного розвитку [148], [310], [396], сертифікатні програми або програми з нетиповою структурою. У 69 дослідженнях (23,0 %) рівень не зазначений. Серед програм із визначеним рівнем переважають бакалаврські (55, 18,3 % [2], [166]) та інтегровані бакалавр + магістр (37, 12,3 %). Суто магістерські програми зустрічаються значно рідше (13, 4,3 %), що може свідчити про превалювання моделі одночасної (паралельної, concurrent) підготовки, за якої педагогічна та предметна підготовка поєднуються на рівні бакалаврату.

Таблиця 2.9 – Розподіл досліджень за рівнем освіти (ДЗ 2.1)

Рівень освіти	<i>n</i>	%
Інше	122	40,7
Не зазначено	69	23,0
Бакалавр	55	18,3
Бакалавр і магістр	37	12,3
Магістр	13	4,3
Підвищення кваліфікації	4	1,3

Крос-табуляція рівня освіти за регіонами (табл. 2.10) виявляє суттєві відмінності: у пострадянському просторі переважають бакалаврські та інтегровані програми, що відображає жорстку регламентацію ступеневої освіти державними стандартами, а у Північній Америці та Західній Європі значно вища частка досліджень, у яких програму класифіковано як «інше», що пов'язано з поширеністю альтернативних шляхів сертифікації (перекваліфікація, прискорені сертифікатні програми для фахівців з ІТ-галузі). Ці регіональні відмінності у структурі рівнів освіти унаочнено на рис. 2.5.

Часовий тренд рівнів освіти. Крос-табуляція за періодами (табл. 2.11) засвідчує, що категорія «інше» лишається найчисленнішою в усіх трьох періодах: її частка найвища у ранньому періоді (58 %), у 2017–2024 рр. становить 39 % при зростанні кількості таких досліджень до 63; водночас зростає частка досліджень без зазначеного рівня (від 15 % до 26 %). Стабільно вагомий внесок категорії «інше» відображає глобальну тенденцію до диверсифікації шляхів входження у професію вчителя інформатики.

Таблиця 2.10 – Рівень освіти за регіонами (% досліджень у регіоні)

	Північна Америка (n=90)	Пострадянські країни (n=107)	Західна Європа (n=79)	Азія/Океанія (n=33)	Латинська Америка (n=8)	Африка (n=1)
Бакалавр	8 (9 %)	37 (35 %)	4 (5 %)	6 (18 %)	2 (25 %)	0 (0 %)
Магістр	4 (4 %)	2 (2 %)	7 (9 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Бакалавр+магістр	4 (4 %)	28 (26 %)	4 (5 %)	4 (12 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Підвищення кваліфікації	1 (1 %)	0 (0 %)	2 (3 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Інше	57 (63 %)	22 (21 %)	30 (38 %)	12 (36 %)	5 (62 %)	1 (100 %)
Не зазначено	16 (18 %)	18 (17 %)	32 (41 %)	10 (30 %)	1 (12 %)	0 (0 %)

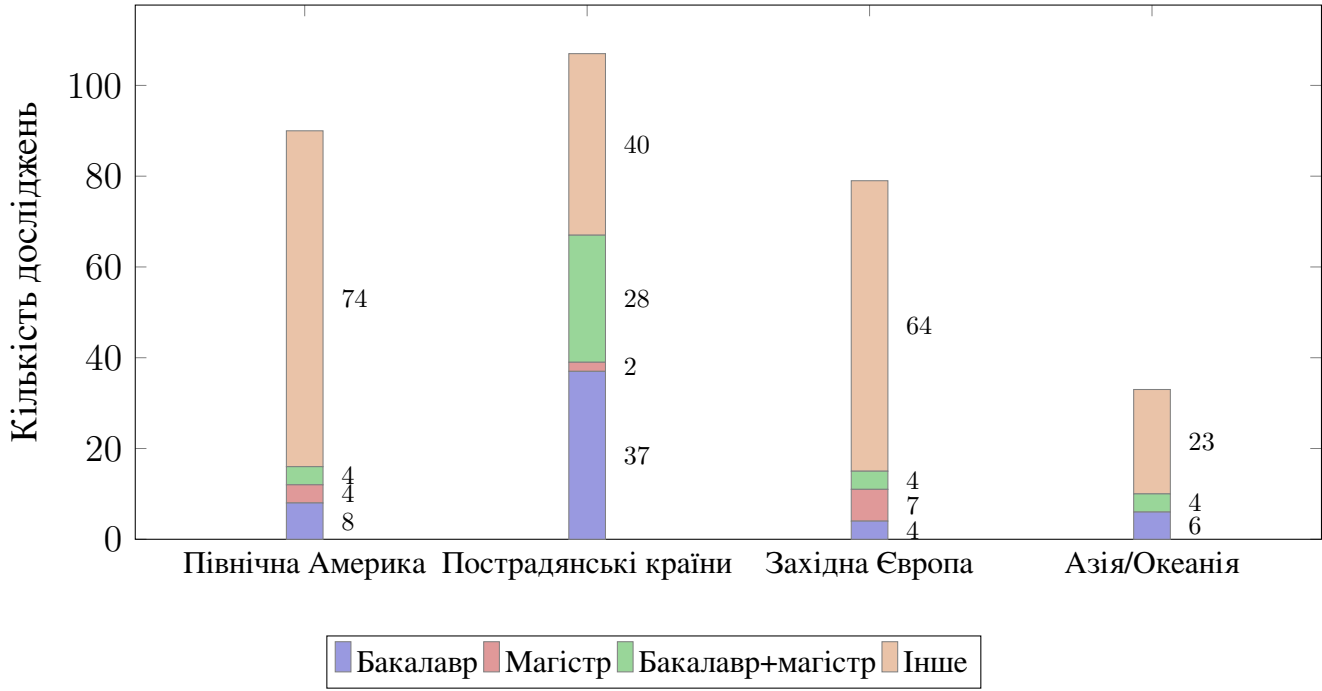


Рис. 2.5 – Рівні освіти за основними регіонами

Таблиця 2.11 – Рівень освіти за періодами (% досліджень у періоді)

	≤2008 (n=52)	2009–2016 (n=88)	2017–2024 (n=160)
Бакалавр	5 (10 %)	19 (22 %)	31 (19 %)
Магістр	3 (6 %)	0 (0 %)	10 (6 %)
Бакалавр+магістр	6 (12 %)	19 (22 %)	12 (8 %)
Підвищення кваліфікації	0 (0 %)	1 (1 %)	3 (2 %)
Інше	30 (58 %)	29 (33 %)	63 (39 %)
Не зазначено	8 (15 %)	20 (23 %)	41 (26 %)

Наприклад, К. Hamlen та ін. [310] описують типову для північноамериканської альтернативної сертифікації програму літнього професійного розвитку для діючих учителів з Огайо (США) з підготовки до викладання курсу «Принципи інформатики» за моделлю взаємного навчання, натомість Н. Ю. Чередніченко [139] аналізує інтегрований європейський підхід в університетах Нідерландів, де поєднуються бакалаврські та магістерські програми із загальним стандартом ІКТ-компетентностей.

ДЗ 2.2. Вимоги до вступу. Переважна більшість досліджень (239, 79,7 %) не зазначає вимог до вступу на програму підготовки (табл. 2.12). Тут і далі у таблицях з багатозначними категоріями частки обчислено від 300 досліджень за кількістю згадувань: якщо дослідження описує аспект кількома формулюваннями, зведеними до однієї категорії, воно може бути враховане у ній більш ніж один раз. Серед тих, де вимоги вказані, найчастіше зустрічається категорія «інше» (61, 20,3 %) – мотиваційні листи, портфоліо та інші форми відбору; стандартизовані тести, шкільні іспити та вступні іспити ЗВО згадуються рідко. Це свідчить про відсутність стандартизованих підходів до відбору абітурієнтів та вказує на прогалину у наявній літературі.

Таблиця 2.12 – Вимоги до вступу (ДЗ 2.2)

Вимога	<i>n</i>	%
Не зазначено	239	79,7
Інше	61	20,3
Стандартизований тест	13	4,3
Шкільний іспит	4	1,3
Портфоліо	1	0,3
Співбесіда	1	0,3
Вступний іспит ЗВО	1	0,3
Вимога щодо середнього бала успішності	1	0,3

ДЗ 2.3. Акредитація та відповідність стандартам. Лише 14 досліджень (4,7 %) явно зазначають наявність акредитації програми, у переважній більшості (286, 95,3 %) інформація про акредитацію не надається.

Щодо відповідності стандартам (табл. 2.13), 143 дослідження (47,7 % [2], [148]) посилаються на державні стандарти; рідше згадуються галузеві (18, 6,0 %), інші (31, 10,3 %), міжнародні (10, 3,3 %) та інституційні (7, 2,3 %) стандарти; у 125 дослідженнях (41,7 %) інформація не зазначена.

Крос-табуляція стандартів за регіонами (табл. 2.14) кількісно підтверджує

Таблиця 2.13 – Відповідність стандартам (ДЗ 2.3)

Стандарт	n	%
Державний	143	47,7
Не зазначено	125	41,7
Інше	31	10,3
Галузевий	18	6,0
Міжнародний	10	3,3
Інституційний	7	2,3

контраст між двома моделями управління підготовкою. У пострадянському просторі 79 % досліджень посиляються на державні стандарти, що відображає централизовану модель регулювання вищої освіти в Україні та Казахстані. У Північній Америці частка посилянь на державні стандарти значно нижча, натомість вища частка досліджень, де стандарти не зазначені, що відповідає більш децентралізованим, ринково орієнтованій моделі підготовки. Західна Європа займає проміжну позицію, поєднуючи елементи обох підходів.

Таблиця 2.14 – Відповідність стандартам за регіонами (% досліджень у регіоні)

	Північна Америка (n=90)	Пострадянські країни (n=107)	Західна Європа (n=79)	Азія/Океанія (n=33)	Латинська Америка (n=8)	Африка (n=1)
Державний	30 (33 %)	85 (79 %)	20 (25 %)	11 (33 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Міжнародний	1 (1 %)	7 (7 %)	2 (3 %)	2 (6 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Інституційний	6 (7 %)	0 (0 %)	2 (3 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	1 (100 %)
Галузевий	11 (12 %)	2 (2 %)	2 (3 %)	5 (15 %)	2 (25 %)	0 (0 %)
Не зазначено	48 (53 %)	20 (19 %)	48 (61 %)	16 (48 %)	3 (38 %)	0 (0 %)

ДЗ 2.4. Дуальна освіта. Елементи дуальної освіти зафіксовано у 37 дослідженнях (12,3 % [139], [171], [217], [252], [270]), їх відсутність – у 34 (11,3 %), у більшості (229, 76,3 %) – не зазначено (табл. 2.15). Дуальна освіта не є поширеною практикою у підготовці вчителів інформатики, хоча окремі програми [217], [428] передбачають поєднання навчання у ЗВО із роботою в закладах загальної середньої освіти.

Таблиця 2.15 – Дуальна освіта (ДЗ 2.4)

Дуальна освіта	<i>n</i>	%
Не зазначено	229	76,3
Так	37	12,3
Ні	34	11,3

2.3.4.3. ДЗ 3. Зміст програм підготовки вчителів інформатики

ДЗ 3.1. Обсяг програми. Лише 9 із 300 досліджень повідомляють обсяг програми у кредитах ЄКТС; діапазон складає від 2 до 300 кредитів ($M = 108,4$; $Mdn = 120$; $SD = 107,4$). Велика варіативність пояснюється тим, що одні дослідження описують повну програму бакалаврату (240–300 кредитів ЄКТС), тоді як інші – лише окремий модуль або курс (2–30 кредитів ЄКТС).

ДЗ 3.2. Структура змісту. Аналіз структури програм (табл. 2.16) засвідчує, що найчастіше згадуваними компонентами є предметна (фахова) підготовка (173 згадування, 57,7 % [2], [168]), практика/стажування (133, 44,3 % [2]) та педагогічна підготовка (110, 36,7 % [2], [168]). Це підтверджує тріаду «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» як основу програм підготовки вчителів інформатики. Вибіркові компоненти (35, 11,7 %), дослідницький компонент (29, 9,7 %), спеціалізація (26, 8,7 %) та загальноосвітній компонент (21, 7,0 %) зустрічаються рідше.

Таблиця 2.16 – Структура програм підготовки (ДЗ 3.2)

Компонент	<i>n</i>	%
Професійно-предметна підготовка	173	57,7
Практика/стажування	133	44,3
Педагогічна підготовка	110	36,7
Вибіркові дисципліни	35	11,7
Дослідницький компонент	29	9,7
Спеціалізація	26	8,7
Загальноосвітній компонент	21	7,0
Практична підготовка	4	1,3
Методична підготовка	4	1,3
Кваліфікаційна робота	3	1,0

ДЗ 3.3. Інформатичні дисципліни. Серед інформатичних дисциплін (табл. 2.17) безумовно домінує програмування (151, 50,3 % [185], [189]). Загальна інформатика (56, 18,7 %), алгоритми та структури даних (54, 18,0 %), комп'ютерні мережі (37, 12,3 %), бази даних (30, 10,0 %) та архітектура комп'ютерів (27, 9,0 %)

становлять ядро інформатичної підготовки. СТ явно згадується лише у 21 випадку (7,0 % [165], [210], [272], [305], [356]). Привертає увагу присутність робототехніки (13, 4,3 % [131], [294], [307]) і AI (13, 4,3 %), що відображає сучасні тенденції. Загалом виявлено 970 згадувань інформатичних дисциплін, зведених до 452 категорій, що свідчить про значну варіативність навчальних планів.

Таблиця 2.17 – Найпоширеніші інформатичні дисципліни (ДЗ 3.3)

Дисципліна	<i>n</i>	%
Програмування	151	50,3
Інформатика (загальна)	56	18,7
Алгоритми та структури даних	54	18,0
Комп'ютерні мережі	37	12,3
Бази даних	30	10,0
Архітектура комп'ютерів	27	9,0
Комп'ютерна графіка та моделювання	26	8,7
СТ	21	7,0
Дискретна математика	19	6,3
Вебтехнології	17	5,7
Операційні системи	16	5,3
Програмна інженерія	13	4,3
AI	13	4,3
Робототехніка	13	4,3
Інформаційна безпека	8	2,7
Людино-комп'ютерна взаємодія	6	2,0

Наприклад, М. Menekse [396] у систематичному огляді 21 програми професійного розвитку вчителів інформатики у США (2004–2014) – характерному багатопрограмному огляді – встановив, що найбільш поширеними темами є алгоритмічне мислення, змінні, умовні конструкції та цикли, причому Scratch (24 %) та LEGO Mindstorms (26 %) домінують серед засобів навчання.

ДЗ 3.4. Методичні дисципліни. Серед методичних дисциплін (табл. 2.18) лідирує МНІ (69, 23,0 %); за нею йдуть педагогіка (17, 5,7 %), дидактика інформатики (14, 4,7 %), психологія (8, 2,7 %) та педагогічна психологія (5, 1,7 %), а методика навчання математики (5, 1,7 %) відображає традиційний зв'язок інформатики з математикою. Категорії наведено у формулюваннях першоджерел без злиття синонімів, тому споріднені назви дисциплін обліковано окремо. Показовим є співвідношення часток: тоді як предметну (фахову) підготовку згадано у 57,7 % досліджень (ДЗ 3.2), профільну дисципліну «Методика навчання інформатики» – лише у 23,0 %. Цей більш ніж двократний розрив кількісно засвідчує методичну прогалину у програмах підготовки – структурне переважання змістового (Content

Knowledge, CK) складника над методичним (Pedagogical Content Knowledge, PCK), що є однією з наскрізних закономірностей, на подолання якої спрямовано проєктовану методичну систему (розділ 3).

Таблиця 2.18 – Найпоширеніші методичні дисципліни (ДЗ 3.4)

Дисципліна	<i>n</i>	%
МНІ	69	23,0
Педагогіка	17	5,7
Дидактика інформатики	14	4,7
Методика навчання інформатики (комп'ютерних наук)	12	4,0
Теорія та методика навчання інформатики	9	3,0
Психологія	8	2,7
Методика навчання математики	5	1,7
Педагогічна психологія	5	1,7
Проєктування освітніх програм	3	1,0
Освітні технології	3	1,0

ДЗ 3.5. Інші дисципліни. Серед інших дисциплін (табл. 2.19) переважає математика (36, 12,0 %), що підтверджує тісний зв'язок інформатичної та математичної підготовки. Фізика (11, 3,7 %) відповідає поширеній практиці подвійної спеціальності «Інформатика та фізика» або «Інформатика та математика». Інші дисципліни представлені незначною кількістю.

Таблиця 2.19 – Інші дисципліни (ДЗ 3.5)

Дисципліна	<i>n</i>	%
Математика	36	12,0
Фізика	11	3,7
Психологія	4	1,3
Математичний аналіз	4	1,3
Педагогіка	3	1,0
Геометрія	3	1,0
Філософія	3	1,0
Природничі науки	3	1,0

ДЗ 3.6. Педагогічна практика. Серед типів педагогічної практики (табл. 2.20) домінують самостійне викладання (138, 46,0 % [2], [168]) та спостереження (65, 21,7 % [168]). Мікровикладання (40, 13,3 % [137], [297], [300], [303]) та безперервна практика (32, 10,7 % [2], [11], [28], [139], [168]) також є поширеними формами. Стажування та асистентське викладання зустрічаються рідше.

Крос-табуляція типів практики за регіонами (табл. 2.21) виявляє регіональні відмінності: самостійне викладання є найпоширенішим у всіх регіонах, проте

Таблиця 2.20 – Типи педагогічної практики (ДЗ 3.6)

Тип практики	n	%
Самостійне викладання	138	46,0
Спостереження	65	21,7
Мікровикладання	40	13,3
Неперервна практика	32	10,7
Стажування	21	7,0
Асистентське викладання	10	3,3
Лабораторні роботи	3	1,0
Тьюторство	2	0,7
Спільне викладання	2	0,7

мікровикладання більш поширене у Західній Європі та Північній Америці, де воно є контрольованим попереднім етапом перед виходом студентів на практику до школи. У пострадянському просторі більш виразною є безперервна практика, що пов'язано з традицією тривалих практик у вищій педагогічній освіті.

Таблиця 2.21 – Типи педагогічної практики за регіонами (% досліджень у регіоні)

	Північна Америка (n=90)	Пострадянські країни (n=107)	Західна Європа (n=79)	Азія/Океанія (n=33)	Латинська Америка (n=8)	Африка (n=1)
Самостійне викладання	36 (40 %)	70 (65 %)	21 (27 %)	16 (48 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Спостереження	17 (19 %)	26 (24 %)	14 (18 %)	12 (36 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Мікровикладання	18 (20 %)	5 (5 %)	9 (11 %)	10 (30 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Неперервна практика	6 (7 %)	16 (15 %)	6 (8 %)	5 (15 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Стажування	2 (2 %)	14 (13 %)	7 (9 %)	2 (6 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Асистентське викладання	2 (2 %)	2 (2 %)	3 (4 %)	5 (15 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

Часовий тренд типів практики. Крос-табуляція за періодами (табл. 2.22, рис. 2.6) засвідчує зростання частки мікровикладання від раннього періоду до пізнього як інструмента формування педагогічної компетентності у контрольованих умовах; самостійне викладання залишається стабільно домінантним у всіх періодах.

Наприклад, А. Pedro, J. Piedade та J. F. Matos [452] у дослідженні магістерської програми в Університеті Лісабона (2011–2018) аналізують модель «сценаріїв навчання» з послідовністю від спостереження через мікровикладання до самостійного проектування уроків: майже всі майбутні вчителі (56 студентів) обирали проектне

Таблиця 2.22 – Типи педагогічної практики за періодами (% досліджень у періоді)

	≤2008 (n=52)	2009–2016 (n=88)	2017–2024 (n=160)
Самостійне викладання	27 (52 %)	46 (52 %)	65 (41 %)
Спостереження	13 (25 %)	22 (25 %)	28 (18 %)
Мікровикладання	5 (10 %)	11 (12 %)	24 (15 %)
Неперервна практика	5 (10 %)	11 (12 %)	16 (10 %)
Стажування	3 (6 %)	10 (11 %)	8 (5 %)
Асистентське викладання	1 (2 %)	4 (5 %)	5 (3 %)

або проблемно-орієнтоване навчання (Problem-Based Learning, PBL) як основну методологію своїх уроків, що підтверджує зв'язок між типом практики та обраними педагогічними підходами.

2.3.4.4. ДЗ 4. Технології підготовки вчителів інформатики

ДЗ 4.1. Методи, форми організації та засоби навчання. Серед методів навчання (табл. 2.23) найчастіше згадуються колаборативне навчання (184, 61,3 % [2], [165], [168]), PBL (177, 59,0 % [2], [145], [154]) та проєктне навчання (142, 47,3 % [2], [165], [172]). Дослідницьке навчання (інквайрі – 70, 23,3 % [168], [272], [294]; науково-дослідницьке – 64, 21,3 % [11], [208]) та КН (58, 19,3 % [11], [148], [154], [189]) також є поширеними. Лекції (52, 17,3 % [208]) зберігають позиції, але поступаються активним методам. Гейміфікація (20, 6,7 % [2], [131], [307], [351], [356]) та перевернуте навчання (8, 2,7 % [214], [305], [310], [372]) набувають популярності. Домінування колаборативних та проблемних підходів відображає загальний конструктивістський поворот у педагогічній освіті.

Часова еволюція методів навчання. Крос-табуляція методів за хронологічними періодами (табл. 2.24, рис. 2.7) виявляє суттєві зрушення у педагогічних підходах. Найбільш виразним є спад згадування лекцій: від 40 % досліджень у ранньому періоді до 22 % у 2009–2016 рр. та 8 % у 2017–2024 рр. – п'ятикратне зменшення, що свідчить про парадигмальний зсув від передавальної до конструктивістської моделі. Цей зсув значною мірою зумовлений еволюцією технологічного середовища: цифрові інструменти, малодоступні студентам у ранні періоди, стали повсюдними, а засоби та середовище підготовки мають відповідати умовам майбутньої професійної діяльності випускників. Водночас спостерігається зростання інквайрі-навчання (від 8 % до 29 %) та КН (від 10 % до 24 %). Колаборативне навчання демонструє помірне зростання (від 54 % до 65 %), тоді як PBL, навпаки,

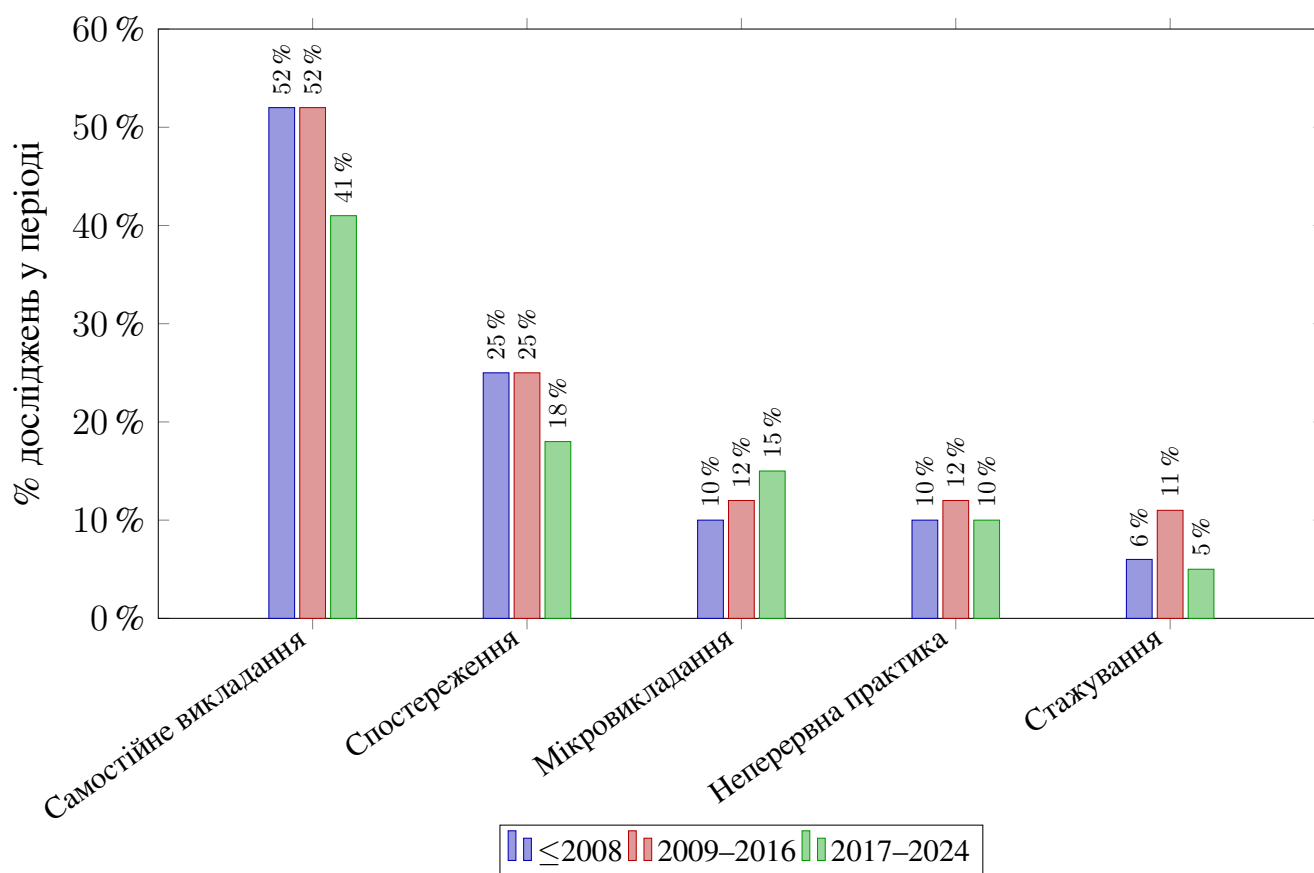


Рис. 2.6 – Топ-5 типів педагогічної практики за періодами (% досліджень у періоді)

дещо знижується (від 73 % до 54 %), що може відображати його часткову заміну більш специфічними методами (інквайрі, проєктне).

Регіональні відмінності у методах навчання. Крос-табуляція за регіонами (табл. 2.25, рис. 2.8) засвідчує, що колаборативне навчання та PBL є домінантними у всіх регіонах, водночас спостерігаються характерні регіональні акценти: науково-дослідницьке навчання більш поширене у пострадянському просторі, що відповідає традиції інтеграції наукових досліджень у навчальний процес; інквайрі-навчання більш поширене у Північній Америці та Західній Європі; КН найчастіше фіксується у пострадянському просторі (25 %) та Північній Америці (23 %), тоді як у Західній Європі його частка помітно нижча (11 %).

Наприклад, в опитуванні A. Zendler та D. Klautdt [593] 24 вчителів інформатики у Баден-Вюртемберзі (Німеччина) щодо оцінки 20 методів навчання за шістьма процесами знань PBL отримало найвищу загальну оцінку, випередивши навчальні завдання та інквайрі-навчання, що підтверджує центральну роль PBL з перспективи самих практиків.

Поєднання методів. Матриця співтрапляння (табл. 2.26) демонструє, що

Таблиця 2.23 – Методи навчання (ДЗ 4.1)

Метод	n	%
Колаборативне навчання	184	61,3
PBL	177	59,0
Проектне навчання	142	47,3
Інквайрі-навчання	70	23,3
Науково-дослідницьке навчання	64	21,3
КН	58	19,3
Лекції	52	17,3
Кейс-метод	38	12,7
Електронне навчання	29	9,7
Гейміфікація	20	6,7
Рефлексивна практика	19	6,3
Взаємне навчання	18	6,0
Дискусія	13	4,3
Менторство/тьюторство	12	4,0
Компетентнісний підхід	11	3,7
Мозковий штурм	10	3,3
Конструктивізм	9	3,0
Імітаційне навчання	9	3,0
Перевернуте навчання	8	2,7
Дистанційне навчання	8	2,7
Демонстрація	7	2,3
Парне програмування	7	2,3
Ігрове навчання	6	2,0
Community of Practice, CoP	6	2,0
Модульне навчання	6	2,0

Таблиця 2.24 – Методи навчання за періодами (% досліджень у періоді)

	≤2008 (n=52)	2009–2016 (n=88)	2017–2024 (n=160)
Колаборативне навчання	28 (54 %)	52 (59 %)	104 (65 %)
PBL	38 (73 %)	53 (60 %)	86 (54 %)
Проектне навчання	27 (52 %)	40 (45 %)	75 (47 %)
Інквайрі-навчання	4 (8 %)	19 (22 %)	47 (29 %)
Науково-дослідницьке навчання	17 (33 %)	26 (30 %)	21 (13 %)
КН	5 (10 %)	15 (17 %)	38 (24 %)
Лекції	21 (40 %)	19 (22 %)	12 (8 %)
Кейс-метод	9 (17 %)	13 (15 %)	16 (10 %)

колаборативне навчання та PBL найчастіше фіксуються разом, утворюючи ядро конструктивістських методів, і проектне навчання тісно пов'язане з обома, тоді як лекції рідше поєднуються з активними методами, що підтверджує їхню належність до іншої педагогічної парадигми.

Серед організаційних форм навчання (табл. 2.27) найпоширенішими є самостійна робота (157, 52,3 %), лекції (154, 51,3 %), практичні заняття (137, 45,7 %)

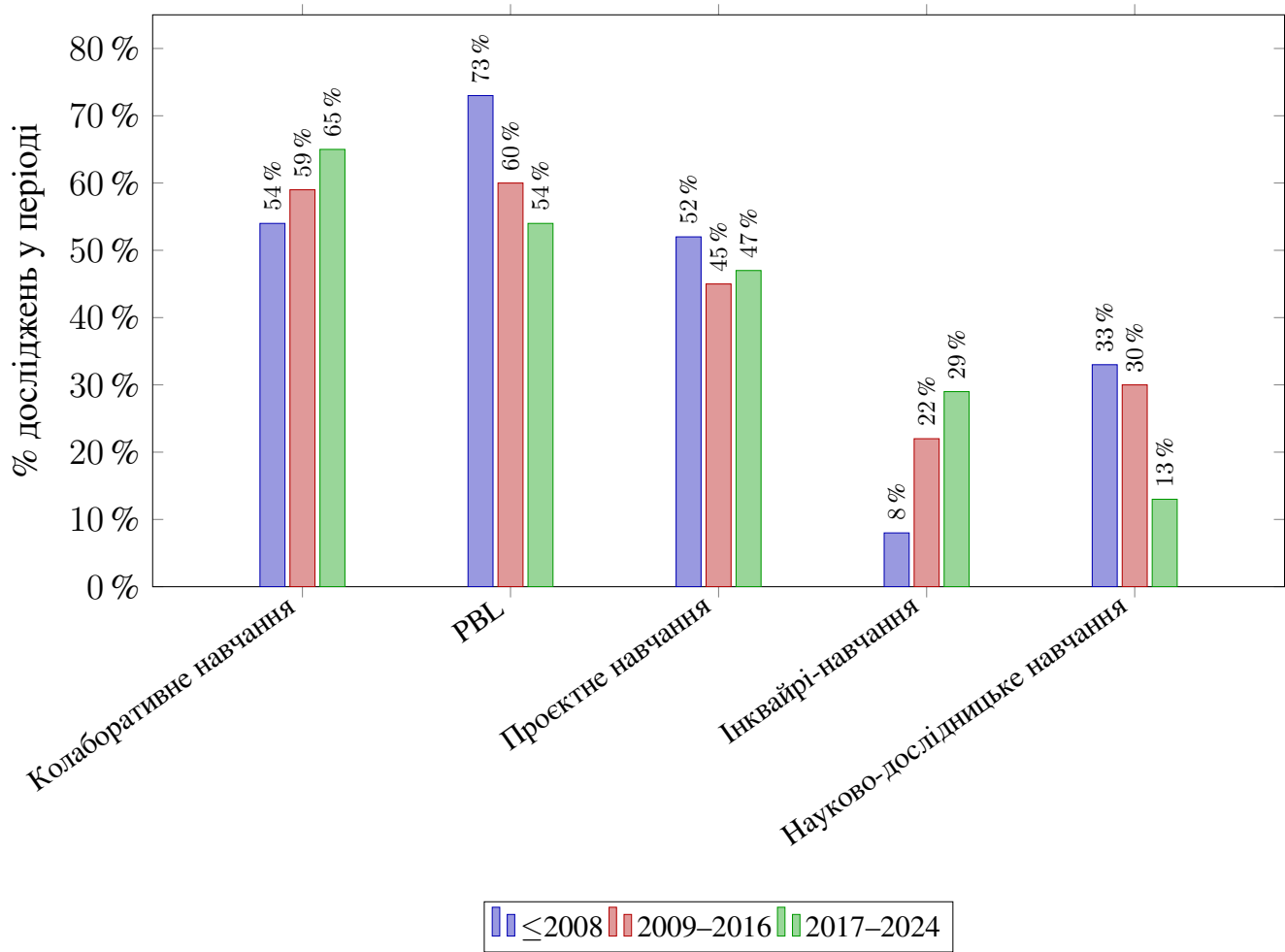


Рис. 2.7 – Топ-5 методів навчання за періодами (% досліджень у періоді)

Таблиця 2.25 – Методи навчання за регіонами (% досліджень у регіоні)

	Північна Америка (n=90)	Пострадянські країни (n=107)	Західна Європа (n=79)	Азія/Океанія (n=33)	Латинська Америка (n=8)	Африка (n=1)
Колаборативне навчання	55 (61 %)	71 (66 %)	37 (47 %)	25 (76 %)	5 (62 %)	1 (100 %)
PBL	42 (47 %)	83 (78 %)	37 (47 %)	18 (55 %)	4 (50 %)	0 (0 %)
Проєктне навчання	34 (38 %)	69 (64 %)	33 (42 %)	12 (36 %)	3 (38 %)	0 (0 %)
Інкваїрі-навчання	25 (28 %)	18 (17 %)	21 (27 %)	11 (33 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Науково-дослідницьке навчання	1 (1 %)	53 (50 %)	7 (9 %)	5 (15 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
КН	21 (23 %)	27 (25 %)	9 (11 %)	2 (6 %)	2 (25 %)	0 (0 %)
Лекції	10 (11 %)	26 (24 %)	14 (18 %)	6 (18 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Кейс-метод	9 (10 %)	22 (21 %)	5 (6 %)	5 (15 %)	1 (12 %)	0 (0 %)

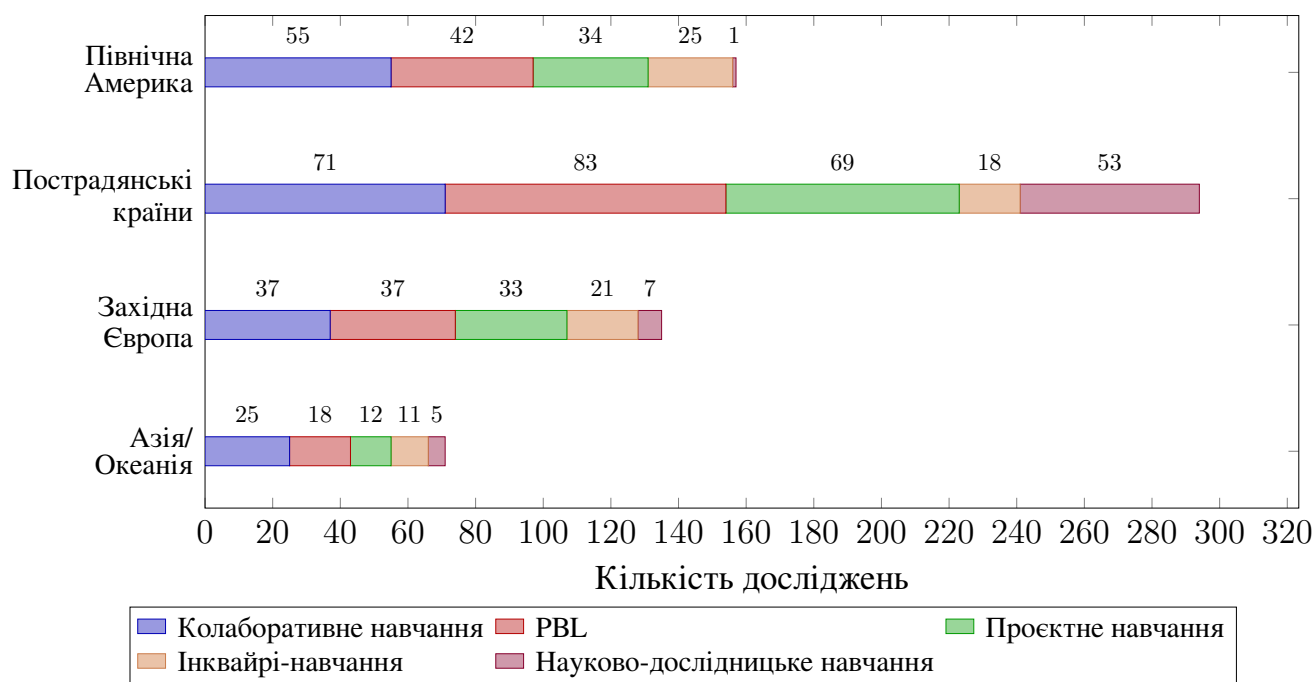


Рис. 2.8 – Топ-5 методів навчання за основними регіонами дослідження

Таблиця 2.26 – Матриця співтрапляння методів навчання (кількість досліджень)

	Колаборативне навчання	PBL	Проектне навчання	Інквайрі-навчання	Науково-дослідницьке навчання	КН	Лекції	Кейс-метод
Колаборативне навчання	—	134	113	61	51	47	26	29
PBL	134	—	107	50	57	44	34	31
Проектне навчання	113	107	—	44	46	36	22	28
Інквайрі-навчання	61	50	44	—	15	13	8	10
Науково-дослідницьке навчання	51	57	46	15	—	16	11	16
КН	47	44	36	13	16	—	10	12
Лекції	26	34	22	8	11	10	—	6
Кейс-метод	29	31	28	10	16	12	6	—

та семінари-практикуми (112, 37,3 %); широко використовуються також групова робота, лабораторні роботи та онлайн-курси, що підтверджує тенденцію до впровадження елементів електронного навчання. Важливо розрізняти лекцію як

Таблиця 2.27 – Організаційні форми навчання (ДЗ 4.1)

Форма	n	%
Самостійна робота	157	52,3
Лекції	154	51,3
Практичні заняття	137	45,7
Семінари-практикуми	112	37,3
Групова робота	104	34,7
Лабораторні роботи	103	34,3
Онлайн-курси	75	25,0
Семінари	71	23,7
Індивідуальні консультації	35	11,7
Конференції	8	2,7
Вебінари	5	1,7
Консультативні заняття	5	1,7
Майстер-класи	4	1,3
Педагогічна практика	3	1,0

організаційну форму (51,3 %, зіставно із самостійною роботою) і лекцію як *метод* навчання: останній значно менш поширений (17,3 %, табл. 2.23) і має спадну динаміку, тож висока частка лекційної форми не свідчить про домінування пасивного навчання.

Серед засобів навчання (табл. 2.28) лідирують Scratch (44, 14,7 % [220], [227], [243], [294], [296]), Moodle (35, 11,7 % [11], [28], [304]), офісне та продуктивне ПЗ (33, 11,0 %), Python (32, 10,7 % [165], [185], [208], [209], [220]), онлайн-платформи (32, 10,7 %) та комунікаційні застосунки (31, 10,3 %). Мови програмування загального призначення представлені Pascal/Delphi (22, 7,3 %), Java (17, 5,7 % [185], [294], [304], [345], [347]), C/C++ (17, 5,7 %) та JavaScript (10, 3,3 %); навчально-орієнтовані середовища – Scratch, Logo (15, 5,0 %), Code.org (14, 4,7 % [272], [294], [307], [345], [356]), App Inventor (8, 2,7 %) та Alice (6, 2,0 %); апаратні засоби – Arduino (17, 5,7 % [294], [307], [320], [387], [392]), Raspberry Pi (12, 4,0 %) та LEGO Mindstorms (12, 4,0 %). Домінування Scratch та Python серед середовищ навчання програмування відображає зсув від синтаксично навантажених мов до візуально-орієнтованих та скриптових середовищ, що дозволяють зосередитися на алгоритмічному мисленні.

Часова еволюція засобів навчання. Крос-табуляція засобів за періодами (табл. 2.29, рис. 2.9) відображає хронологію технологічного впровадження. Scratch, майже відсутній до 2008 р. (одна згадка), зростає до 12 % досліджень періоду у 2009–2016 рр. та 20 % – у 2017–2024 рр., що збігається з поширенням візуального

Таблиця 2.28 – Засоби навчання (ДЗ 4.1)

Засіб	<i>n</i>	%
Scratch	44	14,7
Moodle	35	11,7
Офісні застосунки	33	11,0
Python	32	10,7
Онлайн-платформи	32	10,7
Засоби комунікації	31	10,3
Pascal/Delphi	22	7,3
Математичне ПЗ	22	7,3
Java	17	5,7
C/C++	17	5,7
Arduino	17	5,7
Logo	15	5,0
HTML/CSS	14	4,7
Code.org	14	4,7
Raspberry Pi	12	4,0
LEGO Mindstorms	12	4,0
JavaScript	10	3,3
CS Unplugged	10	3,3
Електронні підручники	10	3,3
Інтерактивні дошки	9	3,0
Статистичне ПЗ	8	2,7
App Inventor	8	2,7
Засоби ІКТ	8	2,7
Інтернет	8	2,7
Інтернет-ресурси	7	2,3
Бази даних	6	2,0
Освітні роботи	6	2,0
Alice	6	2,0
Мультимедійні технології	5	1,7
Освітнє ПЗ	4	1,3

програмування у шкільній інформатиці. Python демонструє аналогічну динаміку (від 2 % до 12 %). Moodle стабільно присутній з 2009 р. (14 % в обох пізніших періодах). Онлайн-платформи, відсутні у ранньому періоді, зростають до 16 % у 2017–2024 рр. Натомість Pascal/Delphi демонструє протилежний тренд – спад від 19 % у ранньому періоді до 3 % у пізньому, що унаочнює зміну поколінь навчальних мов програмування.

Регіональні відмінності у засобах навчання. Крос-табуляція засобів за регіонами (табл. 2.30) виявляє характерні регіональні вподобання. Scratch більш поширений у Північній Америці (22 %), Західній Європі (20 %) та Азії й Океанії (27 %), що відповідає, зокрема, впливу ініціативи «Інформатика для всіх» (CS for All); у пострадянському просторі його частка становить лише 3 %. Натомість

Таблиця 2.29 – Засоби навчання за періодами (% досліджень у періоді)

	≤2008 (n=52)	2009–2016 (n=88)	2017–2024 (n=160)
Scratch	1 (2 %)	11 (12 %)	32 (20 %)
Moodle	1 (2 %)	12 (14 %)	22 (14 %)
Офісні застосунки	8 (15 %)	9 (10 %)	16 (10 %)
Python	1 (2 %)	11 (12 %)	20 (12 %)
Онлайн-платформи	0 (0 %)	7 (8 %)	25 (16 %)
Засоби комунікації	6 (12 %)	4 (5 %)	21 (13 %)
Pascal/Delphi	10 (19 %)	7 (8 %)	5 (3 %)
Математичне ПЗ	3 (6 %)	5 (6 %)	14 (9 %)

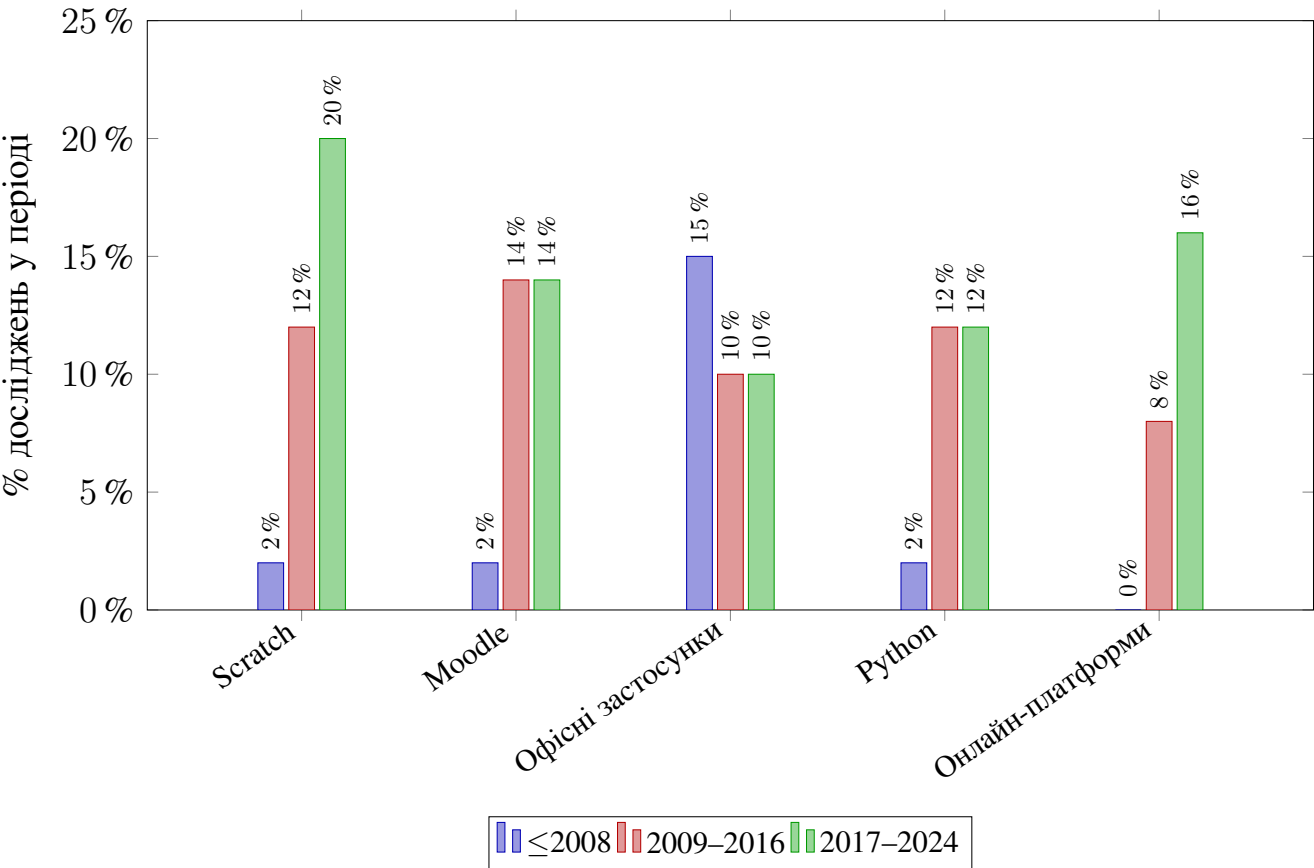


Рис. 2.9 – Топ-5 засобів навчання за періодами (% досліджень у періоді)

пострадянський профіль засобів вирізняється найвищими частками Moodle (17 %), що відображає інституційне впровадження LMS у системі вищої освіти, математичного ПЗ (21 %; Gran, MathCad тощо – в інших регіонах не згадується) та Pascal/Delphi (10 %), що засвідчує інерцію традиційного інструментарію у навчанні програмування.

ДЗ 4.2. Контрольні заходи. Серед типів оцінювання (табл. 2.31) переважають тести (131, 43,7 % [2], [145], [166]), практична демонстрація (118, 39,3 % [2]) та проекти (108, 36,0 % [189], [193]). Курсові роботи, письмові іспити, презентації

Таблиця 2.30 – Засоби навчання за регіонами (% досліджень у регіоні)

	Північна Америка (n=90)	Пострадянські країни (n=107)	Західна Європа (n=79)	Азія/Океанія (n=33)	Латинська Америка (n=8)	Африка (n=1)
Scratch	20 (22 %)	3 (3 %)	16 (20 %)	9 (27 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Moodle	6 (7 %)	18 (17 %)	7 (9 %)	2 (6 %)	3 (38 %)	1 (100 %)
Офісні застосунки	6 (7 %)	16 (15 %)	9 (11 %)	5 (15 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Python	12 (13 %)	6 (6 %)	13 (16 %)	5 (15 %)	1 (12 %)	0 (0 %)
Онлайн-платформи	9 (10 %)	14 (13 %)	7 (9 %)	2 (6 %)	1 (12 %)	1 (100 %)
Засоби комунікації	13 (14 %)	10 (9 %)	5 (6 %)	2 (6 %)	2 (25 %)	0 (0 %)
Pascal/Delphi	4 (4 %)	11 (10 %)	4 (5 %)	3 (9 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Математичне ПЗ	0 (0 %)	22 (21 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

та портфолію (35, 11,7 % [2], [137], [139], [165]) складають наступний рівень за частотою. Взаємне оцінювання (27, 9,0 % [30], [31], [168], [297]) та самооцінювання (8, 2,7 %) відображають сучасні тенденції до залучення студентів до процесу оцінювання. Домінування тестів може бути пов'язане із традиційною орієнтацією контрольних заходів на перевірку знань, тоді як активні методи навчання потребують також оцінювання процесу та компетентностей. Окремим перспективним напрямом, ще слабо відображеним у проаналізованому корпусі досліджень, є оцінювання із залученням засобів AI.

Крос-табуляція типів оцінювання за регіонами (табл. 2.32) засвідчує: тести є переважаючою формою у всіх регіонах, проте практична демонстрація та проєктне оцінювання більш поширені у Західній Європі та Північній Америці, тоді як у пострадянському просторі вища частка письмових та усних іспитів, що відповідає традиції формальних заліків та екзаменів.

Часовий тренд типів оцінювання. Крос-табуляція за періодами (табл. 2.33) засвідчує, що єдиним типом оцінювання зі зростанням частки є презентації (від 10 % до 16 %); частка проєктного оцінювання після спаду в середньому періоді (від 48 % до 31 %) частково відновлюється (35 %), тоді як практична демонстрація, курсові роботи та письмові іспити послідовно знижуються. Водночас тести зберігають стабільну присутність у всіх періодах (50–42 %), що свідчить про інерцію традиційних підходів до оцінювання.

Таблиця 2.31 – Типи оцінювання (ДЗ 4.2)

Тип оцінювання	<i>n</i>	%
Тест/опитування	131	43,7
Практична демонстрація	118	39,3
Проект	108	36,0
Курсова робота	55	18,3
Письмовий іспит	43	14,3
Презентація	39	13,0
Портфоліо	35	11,7
Дипломна робота	29	9,7
Взаємооцінювання	27	9,0
Державний іспит	14	4,7
Опитування	10	3,3
Самооцінювання	8	2,7
Усний іспит	7	2,3
Анкетування	7	2,3
Інтерв'ю	5	1,7
Формувальне оцінювання	4	1,3
Експертне оцінювання	3	1,0

Таблиця 2.32 – Типи оцінювання за регіонами (% досліджень у регіоні)

	Північна Америка (<i>n</i> =90)	Пострадянські країни (<i>n</i> =107)	Західна Європа (<i>n</i> =79)	Азія/Океанія (<i>n</i> =33)	Латинська Америка (<i>n</i> =8)	Африка (<i>n</i> =1)
Тест/опитування	30 (33 %)	77 (72 %)	22 (28 %)	7 (21 %)	2 (25 %)	1 (100 %)
Практична демонстрація	15 (17 %)	76 (71 %)	18 (23 %)	10 (30 %)	2 (25 %)	0 (0 %)
Проект	32 (36 %)	50 (47 %)	17 (22 %)	12 (36 %)	4 (50 %)	0 (0 %)
Курсова робота	5 (6 %)	45 (42 %)	2 (3 %)	6 (18 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Письмовий іспит	8 (9 %)	21 (20 %)	10 (13 %)	7 (21 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Презентація	10 (11 %)	14 (13 %)	12 (15 %)	3 (9 %)	1 (12 %)	0 (0 %)

Таблиця 2.33 – Типи оцінювання за періодами (% досліджень у періоді)

	≤2008 (<i>n</i> =52)	2009–2016 (<i>n</i> =88)	2017–2024 (<i>n</i> =160)
Тест/опитування	26 (50 %)	38 (43 %)	67 (42 %)
Практична демонстрація	31 (60 %)	39 (44 %)	48 (30 %)
Проект	25 (48 %)	27 (31 %)	56 (35 %)
Курсова робота	17 (33 %)	23 (26 %)	15 (9 %)
Письмовий іспит	9 (17 %)	19 (22 %)	15 (9 %)
Презентація	5 (10 %)	8 (9 %)	26 (16 %)

Наприклад, А. Baabdullah, Н. Alajlan та R. Alebaikan [171] у дослідженні програми професійного розвитку вчителів інформатики у Саудівській Аравії (13 курсів у комбінованому форматі – очно та онлайн через Zoom) виявив, що поєднання формувального (рефлексивні щоденники, взаємне оцінювання) та підсумкового (проєкти, екзамени) оцінювання сприяє більш глибокому засвоєнню змісту.

ДЗ 4.3. Розвиток соціальних навичок. Серед методів розвитку соціальних навичок (табл. 2.34) найчастіше згадуються командна робота (143, 47,7 % [2], [172]), критичне мислення (136, 45,3 % [2], [151], [154]), рефлексивна практика (134, 44,7 % [2], [151], [168]) та комунікація (130, 43,3 % [2], [165], [171]). Ці чотири навички формують ядро «м'яких навичок» у підготовці вчителів інформатики. Презентаційні навички (79, 26,3 % [2]) та навчання ровесників (69, 23,0 % [28]) також є поширеними. Лідерство та розв'язування проблем згадуються рідше.

Таблиця 2.34 – Розвиток м'яких навичок (ДЗ 4.3)

Навичка	<i>n</i>	%
Командна робота	143	47,7
Критичне мислення	136	45,3
Рефлексивна практика	134	44,7
Комунікація	130	43,3
Презентаційні навички	79	26,3
Взаємне навчання	69	23,0
Лідерство	21	7,0
Розв'язання проблем	17	5,7
Дискусія/дебати	13	4,3
Колаборативне навчання	8	2,7
Креативне мислення	7	2,3
Креативність	6	2,0
Співпраця	4	1,3
Розбудова спільноти	4	1,3
Дослідницькі навички	3	1,0
Розвиток дослідницьких навичок	3	1,0

Часовий тренд розвитку соціальних навичок. Крос-табуляція за періодами (табл. 2.35) засвідчує, що виразно зростає лише взаємне навчання: від 13 % у ранньому періоді до 29 % у 2017–2024 рр.; помірно зростають рефлексивна практика (від 42 % до 46 %) та комунікація, тоді як частки командної роботи, критичного мислення та презентаційних навичок дещо знижуються.

Наприклад, О. В. Струтинська [131] у дисертаційному дослідженні підготовки вчителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в НПУ імені М. П. Драгоманова описує методичну систему, що інтегрує робототехніку (Scratch,

Таблиця 2.35 – Соціальні навички за періодами (% досліджень у періоді)

	≤2008 (n=52)	2009–2016 (n=88)	2017–2024 (n=160)
Командна робота	28 (54 %)	43 (49 %)	72 (45 %)
Критичне мислення	28 (54 %)	34 (39 %)	74 (46 %)
Рефлексивна практика	22 (42 %)	38 (43 %)	74 (46 %)
Комунікація	22 (42 %)	36 (41 %)	72 (45 %)
Презентаційні навички	15 (29 %)	22 (25 %)	42 (26 %)
Взаємне навчання	7 (13 %)	15 (17 %)	47 (29 %)

Arduino, LEGO Mindstorms) із розвитком командної роботи, критичного мислення та креативності через DIY/makerspace підхід – поєднання технічної підготовки з формуванням м'яких навичок у проєктній та дослідницькій діяльності.

2.3.4.5. Аналіз чутливості

Для перевірки стійкості основних висновків проведено аналіз чутливості, що порівнює результати для всіх 300 включених досліджень із підвибіркою 90 досліджень із низьким РУ (30,0 % від загальної кількості).

Методи навчання. Порівняння розподілу методів навчання (табл. 2.36) засвідчує загальну стійкість результатів: рейтинг провідних методів зберігається незмінним. Найбільші відхилення спостерігаються для колаборативного навчання (+9 п. п. у підвибірці з низьким ризиком) та інквайрі-навчання (+9 п. п.), тоді як науково-дослідницьке навчання має від'ємний зсув (–6 п. п.). Ці відхилення не змінюють загальних висновків: дослідження вищої методологічної якості дещо частіше фіксують колаборативні та інквайрі-підходи.

Таблиця 2.36 – Аналіз чутливості методів навчання: усі дослідження та дослідження з низьким РУ

Метод	Усі (n=300)		Низький РУ (n=90)		Δ п.п.
	п	%	п	%	
Колаборативне навчання	184	61	63	70	+9
PBL	177	59	53	59	0
Проєктне навчання	142	47	40	44	–3
Інквайрі-навчання	70	23	29	32	+9
Науково-дослідницьке навчання	64	21	14	16	–6
КН	58	19	18	20	+1
Лекції	52	17	20	22	+5
Кейс-метод	38	13	14	16	+3

Педагогічна практика. Порівняння типів педагогічної практики (табл. 2.37) демонструє високу стійкість результатів: усі відхилення не перевищують 3 п. п. Самостійне викладання залишається домінантною формою як у повній вибірці, так і у підвибірці з низьким ризиком.

Таблиця 2.37 – Аналіз чутливості педагогічної практики: усі дослідження та дослідження з низьким РУ

Тип практики	Усі (<i>n</i> =300)		Низький РУ (<i>n</i> =90)		Δ п.п.
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Самостійне викладання	138	46	42	47	+1
Спостереження	63	21	20	22	+1
Мікровикладання	40	13	12	13	0
Неперервна практика	32	11	12	13	+3
Стажування	21	7	7	8	+1
Асистентське викладання	10	3	3	3	0

Примітка. Синонімічні формулювання типів практики уніфіковано в межах кожного дослідження (враховано один раз), тому окремі *n* тут менші, ніж у табл. 2.20, де кожне згадування враховано окремо.

Отже, основні висновки огляду є стійкими до якості включених досліджень.

2.4. Обговорення результатів

2.4.1. Основні результати

Систематичний огляд 300 досліджень, опублікованих протягом 1972–2024 рр., дозволив сформувати цілісну картину стану професійної підготовки вчителів інформатики у світі; основні результати можна узагальнити у трьох ключових висновках.

По-перше, дослідження з підготовки вчителів інформатики є порівняно новим напрямком: понад 79 % публікацій датовані після 2009 року, що збігається із глобальним визнанням інформатики як обов’язкового шкільного предмета. Це зростання є прямим наслідком глобальної кризи кадрового забезпечення: дефіцит кваліфікованих учителів інформатики є одним із головних бар’єрів для впровадження «CS for All» (Computer Science for All – «інформатика для всіх») [523], [574]. Аналогічну тенденцію фіксують С. Connolly, R. Byrne та E. Oldham [237] на прикладі Ірландії, де введення інформатики до навчальних планів у 2018 р.

спричинило стрімке зростання досліджень щодо підготовки вчителів; серед включених досліджень цю динаміку ілюструють публікації з найбільш продуктивних країн [139], [297], [310], [326]. Географічна концентрація досліджень у трьох регіональних центрах (Північна Америка, пострадянський простір, Західна Європа) свідчить про нерівномірність наукового інтересу: недопредставленість Латинської Америки, Африки та Південно-Східної Азії залишає значні прогалини у розумінні підготовки вчителів інформатики у цих регіонах.

По-друге, виявлено тріаду «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» як універсальну основу програм підготовки вчителів інформатики, незалежно від країни та освітньої системи. Програмування (50,3 %), методика навчання інформатики (23,0 %) та самостійне викладання (46,0 %) є стрижневими компонентами цієї тріади. Ця структура природно узгоджується з концепцією технологічних педагогічних предметних знань (ТРАСК), запропонованою Р. Mishra та М. J. Koehler [417] як розширення класичної моделі Шульмана [529]. Водночас крос-табуляція за регіонами (табл. 2.10) виявила, що структура підготовки суттєво різниться: у пострадянському просторі переважають формальні бакалаврські та інтегровані програми [131], [535], тоді як у Північній Америці та Західній Європі значну роль відіграють альтернативні шляхи сертифікації [246], [280].

По-третє, сучасна підготовка вчителів інформатики характеризується домінуванням активних методів навчання: колаборативне (61,3 %), PBL (59,0 %) та проєктне (47,3 %) навчання значно переважають традиційні лекції (17,3 %). Цей результат підтверджується метааналізом S. Freeman та ін. [279], який на основі 225 досліджень у STEM-дисциплінах засвідчив, що активне навчання підвищує успішність студентів у середньому на 6 % та знижує ймовірність невдачі на 33 %. Часовий аналіз (табл. 2.24) кількісно підтверджує парадигмальний зсув: частка лекцій знизилась від 40 % у ранньому періоді до 8 % у 2017–2024 рр., тоді як інквайрі-навчання зросло від 8 % до 29 %, а КН – від 10 % до 24 %; аналіз чутливості підтверджує стійкість цих висновків.

2.4.2. Інтерпретація результатів та зв'язок із попередніми дослідженнями

Отримані результати суттєво розширюють висновки попередніх оглядів з підготовки вчителів інформатики.

Порівняння з оглядом M. Menekse [396] (2015). Огляд [396] зосереджено виключно на програмах підготовки вчителів інформатики у США. Наш огляд охоплює понад 44 країни та засвідчує, що американська модель, хоча і є найбільш дослідженою, не є єдиною: альтернативні підходи, не представлені у попередньому огляді, пропонують пострадянська модель із жорсткою державною регламентацією та західноєвропейська модель із акцентом на дидактику інформатики.

Порівняння з L. Ni, G. Bausch та R. Benjamin [425] (2023). У [425] проаналізовано ландшафт професійного розвитку вчителів інформатики. Наш огляд доповнює їхні висновки: 40,7 % досліджень описують програми, класифіковані як «інше» (сертифікатні, перекваліфікаційні, курси підвищення кваліфікації), що підтверджує спостереження Ni та ін. про розмитість меж між формальною підготовкою та професійним розвитком.

Порівняння з A. Yadav та ін. [584](2022). У огляді [584] здійснено огляд міжнародних моделей підготовки вчителів інформатики, у ньому, серед іншого, наголошено на місці СТ у змісті підготовки; питання інтеграції СТ у професійний розвиток учителів докладніше розглянуто у [582]. Наш огляд кількісно доповнює ці висновки: СТ явно містять у навчальному плані лише 21 із 300 досліджень (7,0 %) – значно рідше, ніж програмування чи алгоритми та структури даних, що свідчить про потенціал ширшого впровадження СТ.

Порівняння з S. Sentance та A. Csizmadia [520](2017). У [520] наголошено на важливості активних педагогічних підходів у навчанні інформатики. Наш огляд кількісно підтверджує цю тезу: наведені вище частки колаборативного, PBL та проєктно-орієнтованого навчання перевищують частку традиційних лекцій, що свідчить про узгодженість позицій у науковій спільноті щодо переваг конструктивістських підходів.

Інтерпретація через призму ТРАСК. Виявлена тріада «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» узгоджується з моделлю педагогічних знань Шульмана [529] із предметними (СК), педагогічними предметними (РСК) та загальнопедагогічними (Pedagogical Knowledge, РК) знаннями.

Водночас підготовка вчителів інформатики має унікальну специфіку, яку точніше описує концепція ТРАСК [417]: технологічне знання (Technological Knowledge, ТК) невід’ємно пов’язане з СК, оскільки програмування є одночасно і предметом вивчення, і технологічним інструментом. Предметна підготовка (57,7 % згадувань) забезпечує СК та ТК, психолого-педагогічна підготовка (36,7 %) – РК, методичні дисципліни (зокрема, МНІ – 23,0 %) – РСК, технологічні предметні знання (Technological Content Knowledge, ТСК) і технолого- педагогічні знання (Technological Pedagogical Knowledge, ТРК), а педагогічна практика (44,3 %) – інтеграцію всіх компонентів ТРАСК у реальному освітньому контексті. R. Vivian та K. Falkner [571] адаптували модель ТРАСК саме для вчителів інформатики початкової школи, підтвердивши, що ефективна підготовка вимагає цілеспрямованого розвитку всіх її складових; S.-C. Kong та M. Lai [369] засвідчили, що ТРАСК-орієнтовані програми професійного розвитку позитивно впливають не лише на знання вчителів, а й на навчальні досягнення учнів у сфері СТ; L. Sun, L. Hu та D. Zhou [544] поширили цей підхід на формування компетентностей учителів закладів загальної середньої освіти у галузі AI.

Еволюція інструментарію: від блочного до текстового програмування.

Домінування Scratch (14,7 %) та Python (10,7 %) серед засобів навчання програмування [165], [185], [220], [272], [296] відображає ширшу педагогічну зміну від синтаксис-орієнтованого до концепт-орієнтованого підходу у навчанні програмування: систематичний огляд L. Zhang та J. Nouri [595] підтверджує ефективність Scratch для формування СТ в учнів до 9 класу, метааналіз Z. Xu, A. D. Ritzhaupt, F. Tian та K. Umapathy [581] – переваги блочного середовища для початківців, D. Weintrop та U. Wilensky [576] продемонстрували, що послідовність від Scratch до Python формує ефективний «конвеєр» навчання, а дворічне дослідження J.-M. Sáez-López, M. Román-González та E. Vázquez-Cano [477] у п’яти школах підтвердило позитивний вплив інтеграції Scratch на мотивацію та навчальні результати учнів. Ці знахідки пояснюють, чому програми підготовки вчителів інформатики дедалі частіше включають обидва типи середовищ [210], [219], [308].

Контекст глобального дефіциту вчителів інформатики. Хронологічний профіль корпусу є не лише відображенням академічного інтересу, а й відповіддю на глобальний дефіцит кваліфікованих учителів інформатики: J. R. Warner, P. J. Guo та U. Wolz [574] описують стратегії нарощування кадрового потенціалу в США, включаючи альтернативні шляхи сертифікації, E. Shein [523] фіксує цю проблему

у глобальному масштабі, а M. Friend, T. T. Yuen, V. Roberts та F. Martin [281] пропонують модель створення університетських програм підготовки. Високий відсоток досліджень, у яких програму класифіковано як «інше» (40,7 %), відображає саме ці екстрені заходи – сертифікатні програми, курси перекваліфікації та інтенсивні навчальні курси [229], [299], [310].

Порівняння з Education 4.0. Систематичний огляд B. Rienties, J. Domingue, C. Herodotou та R. Vuorikari [469], присвячений концепції Education 4.0 у вищій освіті та інформатиці, виявив три кластери програм: «полегшений EDU4» (EDU4 light), «проблемно-практичний» (PBL/hands-on) та «повний EDU4» (full EDU4). Наш розподіл методів навчання узгоджується з цією кластеризацією: домінування PBL та проєктного навчання відповідає кластеру «проблемно-практичний», тоді як зростання КН та інквайрі-підходів свідчить про рух у напрямку «повний EDU4».

Моделі управління підготовкою. Аналіз виявив два контрастні підходи до управління підготовкою вчителів інформатики, кількісно підтверджені крос-табуляцією стандартів за регіонами (табл. 2.14): централізовану пострадянську модель (Україна, Казахстан та ін.), де 79 % досліджень регіону посиляються на державні стандарти, а програми мають чітку структуру та обсяг, і більш децентралізовану англо-саксонську (США, Великобританія, Австралія) з акцентом на гнучкості програм та адаптації до місцевих потреб; Західна Європа поєднує елементи обох підходів.

РУ в освітніх дослідженнях. Високий відсоток досліджень із високим або незрозумілим РУ (загалом 70,0 %) та найпроблемніший домен D3 (висновки та обмеження, лише 35,7 % із низьким РУ) є характерними для освітніх досліджень загалом: цей результат узгоджується з висновками методологічних оглядів у цій сфері та підкреслює необхідність підвищення методологічної культури у дослідженнях з підготовки вчителів інформатики.

Водночас часовий аналіз (табл. 2.7) засвідчує позитивну тенденцію, паралельну загальному зростанню уваги до доказової бази в освітніх дослідженнях: частка досліджень із низьким РУ зросла від 13 % у ранньому періоді до 36 % у 2017–2024 рр., а з високим – знизилась від 71 % до 41 %; порівняння ж за типом публікації (табл. 2.8) виявило перевагу дисертацій (43 % із низьким РУ) над конференційними публікаціями (16 %), пов'язану з обмеженим обсягом останніх.

2.4.3. Сильні сторони та обмеження доказової бази

Доказова база цього огляду має декілька суттєвих переваг. По-перше, це найбільший систематичний огляд з підготовки вчителів інформатики за кількістю включених досліджень (300), хронологічним охопленням (52 роки, 1972–2024) та географічним покриттям (44 країни). Для порівняння: огляд М. Menekse [396] охоплював 21 програму професійного розвитку виключно у США, а А. Yadav та ін. [584] аналізували приблизно 20 програм без систематичного пошуку. Водночас тривалий хронологічний діапазон не робить огляд суто історичним: завдяки часовому аналізу за періодами виокремлено новітні тенденції (2017–2024 рр.), що відображають сучасний, а не лише ретроспективний стан підготовки вчителів інформатики.

По-друге, багатомовний підхід (5 мов: англійська, українська, російська, польська, французька) дозволив включити дослідження, які зазвичай залишаються поза увагою англомовних оглядів, зокрема 71 дисертацію з DDL, HPAT та TEL [56], [131], [533] (ще 4 англомовні дисертації додав пошук в OATD), забезпечивши репрезентацію пострадянської та франкомовної наукових традицій з альтернативними моделями підготовки.

По-третє, формальна оцінка РУ за адаптованим інструментом ROBIS для всіх 300 досліджень забезпечує прозорість щодо якості включених джерел. Аналіз чутливості (табл. 2.36, 2.37) підтвердив стійкість основних висновків: рейтинг провідних методів зберігається при обмеженні вибірки лише дослідженнями з низьким РУ ($n=90$), з максимальним відхиленням 9 п. п. для окремих методів та менше 3 п. п. для типів практики.

Водночас доказова база має суттєві обмеження. Високий відсоток досліджень із високим або незрозумілим РУ (70,0 %) знижує надійність окремих висновків. Лише 9 із 300 досліджень повідомляють обсяг програми у кредитах ЄКТС, що обмежує можливості порівняння програм за обсягом. Переважання англомовних публікацій (73,7 %) може призводити до зміщення результатів на користь англомовних освітніх систем. Нарешті, значна частка досліджень (40,7 %) класифікована за рівнем освіти як «інше», що ускладнює порівняння програм різних рівнів; ця широта відображає реальну різноманітність гібридних програм, які не вписуються у традиційні таксономії «бакалавр/магістр» [280], [425].

2.4.4. Імплікації для практики та подальших досліджень

Результати огляду дозволяють сформулювати такі рекомендації для розробників програм підготовки вчителів інформатики:

1. *Збереження триади СК, РК і практики.* Виявлена закономірність підтверджує необхідність збалансованого поєднання предметної підготовки, педагогічної підготовки та педагогічної практики. Ця рекомендація узгоджується з моделлю ТРАСК [417]; М. Friend, Т. Т. Yuen, V. Roberts та F. Martin [281] пропонують конкретні моделі побудови таких інтегрованих програм на рівні університету.
2. *Розширення дуальної освіти.* Лише 12,3 % досліджень фіксують елементи дуальної освіти, тоді як педагогічна практика є критичним компонентом підготовки (44,3 %). Інтенсифікація партнерства між ЗВО та закладами загальної середньої освіти може підвищити якість практичної підготовки; позитивний досвід дуальної моделі описано, зокрема, у [270], [277], [283].
3. *Впровадження активних методів навчання.* Домінування колаборативного, PBL та проєктного навчання серед досліджуваних програм [165], [172], [276] свідчить про їхню ефективність, що підтверджується метааналізом S. Freeman та ін. [279] та теоретичною рамкою ICAP [232], яка ранжує рівні когнітивної залученості (Інтерактивний > Конструктивний > Активний > Пасивний).
4. *Оновлення змісту.* Наявність AI та робототехніки серед інформатичних дисциплін свідчить про необхідність постійного оновлення навчальних планів відповідно до технологічного розвитку. Продемонстрований L. Sun, L. Hu та D. Zhou [544] ТРАСК-орієнтований підхід до формування компетентностей учителів у сфері AI може слугувати моделлю такого оновлення [131], [171].
Огляд виявив декілька перспективних напрямків подальших досліджень:
1. *Стандартизація метрик.* Відсутність уніфікованих показників (лише 3,0 % досліджень повідомляють обсяг у кредитах ЄКТС [428], [452]) ускладнює порівняння програм, тож розробка стандартизованої системи метрик є нагальною потребою.
2. *Дослідження недостатньо представлених регіонів.* Латинська Америка (8 досліджень [227], [258], [556]), Африка (1 дослідження [440]) та Південно-Східна Азія потребують більшої уваги дослідників.
3. *Лонгітюдні дослідження.* Більшість включених досліджень є одномоментни-

ми; лонгітюдне відстеження професійного розвитку випускників дозволить оцінити довгостроковий ефект різних моделей підготовки. S.-C. Kong та M. Lai [369] показують, як вимірювання впливу на рівні учнів доповнює традиційні показники ефективності програм.

4. *Вплив AI*. Стрімкий розвиток генеративного AI створює нові виклики для підготовки вчителів інформатики, які потребують дослідження. L. Sun, L. Hu та D. Zhou [544] пропонують ТРАСК-орієнтовану модель як основу для такої підготовки.
5. *Ефективність переходу від блочного до текстового програмування*. Ефективність послідовності від Scratch до Python у програмах підготовки залишається недостатньо вивченою [576]: оскільки ці інструменти вже домінують у навчальних програмах [581], [595], необхідно емпірично перевірити вплив цього переходу на предметну компетентність та педагогічну готовність майбутніх учителів.

2.4.5. Обмеження огляду

Огляд має декілька обмежень, які слід враховувати при інтерпретації результатів.

Мовне обмеження. Огляд обмежений п'ятьма мовами (англійська, українська, російська, польська, французька), що може виключати релевантні дослідження, опубліковані іншими мовами. Зокрема, німецькомовна традиція «Didaktik der Informatik» (представлена, наприклад, журналами *LOG IN* та *Informatik Spektrum*) може бути недостатньо охоплена, попри включення 24 досліджень із Німеччини [172], [326], [593]. Іспанська, португальська, китайська та японська мови також залишилися поза пошуком. Слід визнати й те, що, попри п'ятимовні критерії включення (пошукові запити формувалися трьома мовами – українською, англійською та російською), до підсумкового корпусу не увійшло жодного польськомовного дослідження.

Обмеження баз даних. Використання Scopus та WoS як основних джерел (575 із 985 ідентифікованих записів) створює зміщення на користь англomовних рецензованих публікацій. Відсутність пошуку в ERIC, Google Scholar та регіональних базах даних може призводити до неповного охоплення. Для порівняння: M. Menekse [396] використовував ERIC як основне джерело, що забезпечило

повніше охоплення американської літератури. Часткову компенсацію забезпечили бази DDL (43 дисертації), HPAT (24) та TEL (4).

Пошук лише у полі заголовка. У Scopus та WoS пошук виконувався виключно у заголовках публікацій (поле TITLE/TI). Такий вибір був свідомим компромісом на користь точності: навіть за цієї умови стратегія повернула 985 записів, а розширення пошуку на анотації та ключові слова зробило б обсяг скринінгу непропорційним до ресурсів дослідження. Водночас це обмежує чутливість стратегії: релевантні праці, у заголовках яких ключові терміни не вжито, могли бути систематично втрачені. Частковою компенсацією є ширший пошук у дисертаційних базах, що виконувався за ключовими словами кількома мовами.

Використання великих мовних моделей. Застосування Claude 3 Sonnet та Claude Opus 4 для автоматизованого видобування даних, попри ручну верифікацію та крос-валідацію, може вносити систематичні похибки. Перехресна перевірка з даними ручного видобування зафіксувала узгодженість 86,0 % для поля «мова» та 87,3 % для поля «рік»; для поля «рівень освіти» узгодженість становила лише 20,0 %. Поля з низькою узгодженістю пройшли ручну доверифікацію, а висновки за рівнями освіти сформульовано обережно. Розбіжність у суб'єктивних полях пояснюється не помилками моделі, а неоднозначністю самих категорій: одне й те саме дослідження може бути обґрунтовано класифіковане по-різному різними експертами.

Гранулярність класифікації. Широкі категорії «інше» (для рівня освіти – 40,7 %; помітні й для методів навчання) відображають не стільки обмеження процедури видобування, скільки реальну різноманітність програм підготовки. Сучасні програми дедалі частіше є гібридними (наприклад, поєднують магістерський рівень із сертифікатною програмою) і не вписуються у традиційні класифікації.

Незавершеність індексації. Пошук виконувався у квітні–липні 2024 року, тому публікації кінця 2023 та 2024 року можуть бути представлені неповно через затримку індексації у базах даних.

Протокол не було попередньо зареєстровано в жодному реєстрі систематичних оглядів (наприклад, PROSPERO). Це обмеження пов'язане з тим, що PROSPERO не приймає реєстрацію оглядів у сфері освіти. Водночас протокол огляду (ДЗ, критерії включення та виключення, стратегія пошуку, карта огляду) було зафіксовано апріорі у карті огляду [401]. Реєстрацію в альтернативних реєстрах (OSF Registries, INPLASY) не здійснено, що визнається обмеженням прозорості

огляду.

2.5. Висновки до 2 розділу

Систематичний огляд 300 досліджень з проблеми професійної підготовки вчителів інформатики, опублікованих у 1972–2024 рр. та ідентифікованих із 6 баз даних (Scopus, WoS, OATD, TEL, DDL, HPAT), є найбільшим за обсягом, хронологічним охопленням (52 роки) та географічним покриттям (44 країни) дослідженням цієї проблематики, що суттєво перевищує попередні огляди. Огляд дозволив отримати такі основні результати.

Статистика досліджень (ДЗ 1). Дослідження охоплюють 52-річний період, водночас понад 79 % публікацій датовані після 2009 року, а пік активності припадає на 2017–2024 рр. (160 досліджень, 53,3 %). Кількість публікацій у кожному наступному хронологічному періоді приблизно подвоюється, що відображає зростаючу потребу у кваліфікованих учителях інформатики. Це зростання є прямим наслідком глобальної кризи кадрового забезпечення: дефіцит кваліфікованих учителів інформатики визнається одним із головних бар'єрів для впровадження «CS for All». Регіональний аналіз виявив три основні центри досліджень: пострадянський простір (107 досліджень, 35,7 %), Північна Америка (90, 30,0 %) та Західна Європа (79, 26,3 %). Латинська Америка та Африка залишаються суттєво недопредставленими (9 досліджень, 3,0 %); недопредставленою є і Південно-Східна Азія у складі регіону «Азія та Океанія».

Контекст програм підготовки (ДЗ 2). Бакалаврські (18,3 % досліджень) та інтегровані бакалаврсько-магістерські (12,3 %) програми є найпоширенішими серед програм із визначеним рівнем освіти, водночас крос-табуляція за регіонами виявила суттєві відмінності: у пострадянському просторі переважають формальні ступеневі програми, тоді як у Північній Америці та Західній Європі значну роль відіграють альтернативні шляхи сертифікації. Вимоги до вступу та інформація про акредитацію здебільшого не зазначаються у публікаціях (79,7 % та 95,3 % відповідно). Аналіз стандартів за регіонами кількісно підтвердив дихотомію між централізованою пострадянською моделлю (79 % посилань на державні стандарти) та децентралізованою англо-саксонською моделлю, що відображає фундаментальні відмінності в управлінні підготовкою вчителів інформатики.

Зміст програм підготовки (ДЗ 3). Тріада «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» формує основу програм. Ця структура узгоджується з моделлю ТРАСК: предметна підготовка (57,7 % згадувань) забезпечує СК та ТК, психолого-педагогічна підготовка (36,7 %) – РК, методичні дисципліни (методика навчання інформатики – 23,0 %) – РСК, ТРК і ТСК, а педагогічна практика (44,3 %) – інтеграцію всіх компонентів ТРАСК у реальному освітньому контексті. Програмування (50,3 %) та алгоритми і структури даних (18,0 %) є ключовими інформатичними дисциплінами. Водночас лише 21 із 300 досліджень (7,0 %) явно включає СТ до навчального плану, що свідчить про нереалізований потенціал його більш широкого впровадження. Самостійне викладання (46,0 %) та спостереження (21,7 %) є основними видами педагогічної практики; аналіз за регіонами засвідчив більшу поширеність мікровикладання у Західній Європі та Північній Америці.

Технології підготовки (ДЗ 4). Колаборативне (61,3 %), PBL (59,0 %) та проєктне (47,3 %) навчання домінують серед методів, що підтверджується теоретичною рамкою ICAP. Часовий аналіз виявив парадигмальний зсув: частка лекцій знизилась від 40 % у ранньому періоді до 8 % у 2017–2024 рр., тоді як інквайрі-навчання зросло від 8 % до 29 %, а КН – від 10 % до 24 %. Серед засобів навчання лідирують Scratch (14,7 %), Moodle (11,7 %) та офісні застосунки (11,0 %); домінування Scratch і Python (10,7 %) серед середовищ навчання програмування відображає педагогічну зміну від синтаксис-орієнтованого до концепт-орієнтованого підходу: послідовність від Scratch до Python формує ефективний «конвеєр» навчання. Ця послідовність стосується навчання *школярів*; у підготовці *вчителів* інформатики блочне середовище доцільно вводити не першим, а після опанування текстового програмування – уже як об’єкт методичного аналізу. Тести (43,7 %), практична демонстрація (39,3 %) та проєкти (36,0 %) є основними формами оцінювання. Командна робота (47,7 %), критичне мислення (45,3 %), рефлексивна практика (44,7 %) та комунікація (43,3 %) формують ядро соціальних навичок.

РУ. 30,0 % досліджень мають низький РУ, 50,7 % – високий та 19,3 % – незрозумілий. Часовий аналіз засвідчив позитивну тенденцію: частка досліджень із низьким РУ зростає від 13 % (до 2008 р.) до 36 % (2017–2024). Аналіз чутливості підтвердив стійкість основних висновків при обмеженні вибірки дослідженнями з низьким РУ (максимальне відхилення – 9 п. п.).

Імплікації для практики. Результати огляду дозволяють сформулювати

чотири рекомендації: 1) збереження тріади СК, РК і практики відповідно до моделі ТРАСК; 2) розширення дуальної освіти, оскільки лише 12,3 % досліджень фіксують її елементи; 3) пріоритетне впровадження активних методів навчання, обґрунтоване рамкою ICAP; 4) оновлення змісту з урахуванням AI та робототехніки на основі ТРАСК-орієнтованого підходу.

Імплікації для подальших досліджень. Перспективними напрямками є: стандартизація метрик для порівняння програм підготовки; дослідження недостатньо представлених регіонів (Латинська Америка, Африка, Південно-Східна Азія); лонгітюдні дослідження професійного розвитку випускників; вивчення впливу генеративного AI на підготовку вчителів інформатики.

Обмеження огляду. Основні обмеження – мовне (5 мов) і перевага англomовних баз; можливі систематичні похибки використання великих мовних моделей для видобування пом'якшені ручною верифікацією (висновки за рівнями освіти сформульовано обережно через нижчу узгодженість цього поля); високий сумарний відсоток досліджень із високим або незрозумілим РУ (70,0 %); значна частка програм рівня «інше» (40,7 %) відображає не стільки обмеження класифікації, скільки реальну різноманітність гібридних програм підготовки.

Чотири фундаментальні закономірності. Узагальнення результатів за чотирма ДЗ дає змогу виокремити чотири фундаментальні закономірності професійної підготовки вчителів інформатики, що становлять емпіричне підґрунтя для проєктування методичної системи: 1) тріада «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» як структурна основа програм, узгоджена з моделлю ТРАСК, із характерним дисбалансом на користь предметної складової; 2) парадигмальний зсув від пасивних до активних форм навчання; 3) зростання ролі КН за відсутності валідованих методичних систем для підготовки вчителів інформатики; 4) неузгодженість оцінювання та розвитку соціальних навичок із провідними (колаборативними) методами. Ці закономірності деталізовано та співвіднесено з теоретичними рамками (ТРАСК, CoI, ICAP) у розділі 3.

Водночас узагальнені в міжнародному масиві результати потребують адаптації до українського контексту: запозичені підходи не переносяться механічно, а перевідбираються й коригуються з урахуванням національної системи підготовки вчителів (централізовані стандарти, чотирирічний бакалаврат, кадровий дефіцит учителів інформатики) та специфіки інформатики як предмета, де засоби ІКТ є водночас змістом і технологією навчання. Саме така контекстуалізація доказових

рішень покладена в основу проєктування методичної системи у наступних розділах.

Результати огляду створюють підґрунтя для проєктування методичної системи КН майбутніх учителів інформатики, що є предметом розгляду наступного розділу. Основні наукові результати другого розділу викладено в публікаціях автора [69], [77], [79]–[81], [117], [118], [410], [491]–[493], [518].

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ КОМБІНОВАНОГО НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

3.1. Концептуальні засади проєктування методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики

Цей розділ присвячено *моделюванню* методичної системи – побудові її теоретичної (узагальненої) моделі як інваріанта, придатного для застосування в різних інституційних умовах. Поняття «моделювання» (розділ 3) і «проєктування» (розділ 4) розмежовуємо так: моделювання дає теоретичну модель-інваріант (концептуальні засади, принципи, узагальнену модель та компоненти системи), а проєктування – її контекстну реалізацію на конкретному інституційному рівні. Відповідно, у назвах підрозділу 3.1 «проєктування» позначає загальну проєктну логіку (методологію) побудови моделі, а не її інституційне втілення, якому присвячено розділ 4.

3.1.1. Від систематичного огляду до проєктування: обґрунтування вихідних положень

Систематичний огляд із професійної підготовки вчителів інформатики (розділ 2) становить емпіричне підґрунтя для проєктування методичної системи КН. Методологічну легітимність цього переходу забезпечує парадигма DBR в освіті: за S. McKenney та T. C. Reeves[393], саме систематичне узагальнення емпіричних даних є першим етапом проєктного циклу, що перетворює «знання-опис» на «знання-проєкт». Для КН це особливо важливо: ефективні системи КН не будуються апіорно – вони вимагають емпіричного обґрунтування з урахуванням предметної галузі та інституційного контексту [288], а якість проєктування КН є визначальним чинником його ефективності [485].

Систематичний огляд (розділ 2) виявив чотири фундаментальні закономір-

ності, узагальнені у висновках до розділу 2; разом із теоретичними висновками розділу 1 та міжнародними рамками вони формують основу проектування.

Теоретичні рамки як аналітичні ракурси. Для інтерпретації результатів огляду та їх трансляції у проєктні вимоги обрано три взаємодоповнюючі рамки, кожна з яких висвітлює окремий аспект методичної системи.

Рамка ТРАСК. Запропонована L. S. Shulman [529] концепція РСК була розширена Р. Mishra та М. J. Koehler [417] до моделі ТРАСК, що інтегрує технологічну, педагогічну та змістову складові знань учителя. М. J. Koehler, Р. Mishra та W. Cain [365] підкреслюють, що ТРАСК не є сумою окремих компонентів, а інтегративною якістю, що виникає на їх перетині. Для вчителя інформатики ТРАСК набуває особливого значення: на відміну від інших предметів, де ТК є допоміжним інструментом, тут ТК є водночас і предметом вивчення, і засобом навчання. R. Vivian та K. Falkner [571] показали, що ця подвійна роль ТК створює специфічні виклики для програм підготовки, а L. Sun, L. Hu та D. Zhou [544] на основі метааналізу підтвердили: найефективніші програми розвивають ТРАСК не через ізольовані курси, а через інтегровані навчальні досвіди.

Рамка CoI. Модель CoI, розроблена D. R. Garrison та T. Anderson [286] і адаптована для КН D. R. Garrison та Н. Kanuka [287], D. R. Garrison та N. D. Vaughan [288], визначає три взаємопов'язані «присутності»: викладацьку, соціальну та когнітивну. CoI є особливо релевантною для проєктування КН, оскільки пропонує механізм інтеграції очних та онлайн-компонентів через баланс присутностей [324]: ефективне КН вимагає цілеспрямованого проєктування кожної з них, а не механічного поєднання форматів.

Рамка ICAP та метааналітичні дані. Класифікація навчальної діяльності за М. Т. Н. Chi та R. Wylie [232] – інтерактивна, конструктивна, активна, пасивна – встановлює спадну ієрархію ефективності: найрезультативнішою є інтерактивна діяльність, за нею – конструктивна, далі активна й, нарешті, пасивна. Цю ієрархію підтверджують метааналітичні дані: S. Freeman та ін. [279] на вибірці 225 досліджень показали, що активне навчання в STEM знижує рівень неуспішності у 1,5 рази; В. Means, Y. Toyama, R. Murphy та М. Bakia [394] у метааналізі за замовленням Міністерства освіти США встановили статистично значущу перевагу КН над чисто очним та чисто дистанційним форматами; R. M. Bernard та ін. [188] підтвердили цей результат для вищої освіти. Рамка ICAP надає теоретичне пояснення чому КН є ефективним: воно створює умови для переходу від пасивної до інтерактивної

діяльності через різноманітність форматів взаємодії.

Три обрані рамки є взаємодоповнюючими: ТРАСК визначає *що* має знати та вміти вчитель інформатики; СоІ – *як* організувати середовище КН через баланс присутностей; ІСАР – *який рівень* залученості студентів забезпечити (рис. 3.1); їх конвергенція утворює аналітичну «триангуляцію» проєктних рішень з позицій змісту, середовища та діяльності.

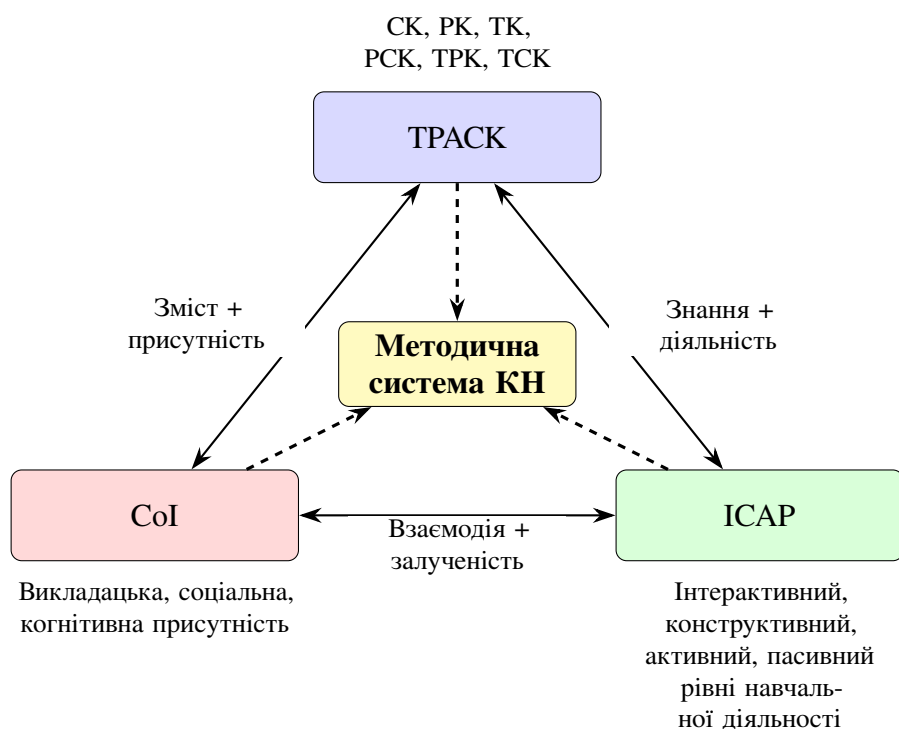


Рис. 3.1 – Конвергенція теоретичних рамок ТРАСК, СоІ та ІСАР як аналітичних ракурсів для проєктування методичної системи

Чотири емпіричні закономірності з позицій теоретичних рамок.

Закономірність 1: триада «зміст – педагогіка – практика» як структурна основа. Систематичний огляд виявив, що триада «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика» є базовою структурою програм підготовки вчителів інформатики у всіх регіонах: професійно-предметна підготовка фіксується у 57,7 % досліджень, педагогічна – у 36,7 %, педагогічна практика – у 44,3 %. Ця структура природно узгоджується із моделлю ТРАСК [417]: предметна підготовка розвиває СК та ТК, педагогічна – РК, а їхня методична інтеграція (насамперед методика навчання інформатики) відповідає РСК, ТСК та ТРК; практика забезпечує інтеграцію всіх компонентів у реальному освітньому контексті [369], [571]. Водночас методична складова представлена помітно слабше за предметну: МНІ

як провідна методична дисципліна фігурує лише у 23,0 % досліджень, тоді як предметну підготовку зафіксовано у 57,7 %. Ця асиметрія сигналізує про дисбаланс СК:РСК, що узгоджується із висновками М. J. Koehler, Р. Mishra та W. Cain [365] про хронічну «недоінтегрованість» педагогічного та технологічного знання у програмах підготовки. *Проектний висновок:* змістовий компонент має цілеспрямовано посилювати РСК та ТРК через інтегровані навчальні ситуації, а не ізольовані курси (умова 1 гіпотези).

Закономірність 2: парадигмальний зсув до активного навчання. Часовий аналіз засвідчив істотний зсув: частка лекцій знизилась від 40 % у ранньому періоді до 8 % у 2017–2024 рр., тоді як колаборативне навчання (61,3 %), PBL (59,0 %) та проєктне навчання (47,3 %) стабільно домінують. У термінах ICAP [232] це масовий перехід від пасивних до конструктивних та інтерактивних форм навчальної діяльності. Доцільність цього зсуву підтверджують наведені вище метааналітичні дані [188], [279], [394]. Із позицій CoI зсув означає посилення ролі викладацької присутності як організатора діяльності, що максимізує когнітивну присутність. *Проектний висновок:* технологічний компонент має забезпечувати домінування інтерактивних та конструктивних форм діяльності (умова 2 гіпотези).

Закономірність 3: зростання КН та відсутність валідованих систем. Частка досліджень, що фіксують КН, зростає від 10 % у ранньому періоді до 24 % у 2017–2024 рр. За трифазною моделлю інституційного впровадження С. R. Graham [301] це перехід від фази 1 (усвідомлення/дослідження) до фази 2 (прийняття/раннє впровадження). Водночас систематичний огляд [469] та таксономія курсів КН [386] фіксують критичну прогалину: валідованих методичних систем КН, специфічно розроблених для підготовки вчителів інформатики, наразі не існує – їх розроблення відстає від практичної потреби. Визначення та SWOT-аналіз КН з розділу 1 забезпечують якісний ракурс для проєктування. *Проектний висновок:* організаційний компонент системи має забезпечити перехід від фази 2 до фази 3 (зрілого впровадження) через цілеспрямований розвиток ЦК – умова 3 гіпотези та умова 5 щодо психолого-педагогічного супроводу.

Закономірність 4: оцінювання та соціальні навички з позицій CoI. Дані про оцінювання – тести (43,7 %), практична демонстрація (39,3 %), проєкти (36,0 %), портфоліо (11,7 %) – та розвиток соціальних навичок – командна робота (47,7 %), критичне мислення (45,3 %), рефлексивна практика (44,7 %) – набувають системного тлумачення через рамку CoI: рефлексивна практика є проявом

когнітивної присутності; командна робота та комунікативні навички – соціальної присутності; структурований мікс форм оцінювання – викладацької присутності. Прогалина у використанні портфоліо та відсутність засобів LA у більшості програм свідчать про незрілість діагностичної складової. *Проектний висновок:* діагностично-результативний компонент має включати системний моніторинг на основі LA, що доповнює традиційні форми оцінювання (умова 4 гіпотези).

Статус емпіричних показників огляду. Наведені відсотки є частками досліджень, у яких зафіксовано відповідний метод, форму чи засіб навчання, тобто опосередкованим показником дослідницької уваги, а не прямим виміром поширеності практики в реальних навчальних планах. Тому висновки про стан практики, зроблені на основі цих часток, формулюються далі як обґрунтовані гіпотези, а не як установлені факти. Там, де це можливо, такі гіпотези тріангулюються інституційними даними – аналізом ОПП, силабусів та Moodle-курсів КДПУ (розділ 4) і результатами педагогічного експерименту (розділ 6).

Конвергенція теоретичного та емпіричного підґрунтя. Зіставлення висновків розділу 1 (теоретичний аналіз КН), розділу 2 (систематичний огляд) та міжнародних теоретичних рамок (ТРАСК, CoI, ICAP) виявляє п'ять проєктних вимог, що відповідають п'яти умовам гіпотези дослідження:

(1) Визначення КН з розділу 1, тріада СК–РК–практика та дисбаланс СК:РСК з розділу 2, а також рамка ТРАСК разом обґрунтовують *вимогу інтеграції змісту* – проєктування змісту підготовки на основі інтеграції інформатичної, педагогічної та методичної складових (умова 1 гіпотези; цільовий та змістовий компоненти).

(2) Класифікація підходів до КН з розділу 1, парадигмальний зсув від лекцій до активних методів із розділу 2 та рамки ICAP і CoI разом обґрунтовують *вимогу збалансованості форм* – добір та поєднання форм, методів і засобів КН (умова 2 гіпотези; технологічний компонент).

(3) SWOT-можливості КН з розділу 1, послідовність від Scratch до Python із розділу 2 та зростання КН разом обґрунтовують *вимогу ЦК* – цілеспрямований розвиток ЦК майбутніх учителів інформатики, зорієнтованої на подальше формування ЦК учнів (умова 3 гіпотези; змістовий та технологічний компоненти).

(4) Прогалина в оцінюванні із розділу 2 та викладацька присутність рамки CoI обґрунтовують *вимогу моніторингу* – системний моніторинг та коригування процесу підготовки на основі LA (умова 4 гіпотези; діагностично-результативний

компонент).

(5) SWOT-ризика (відчуження, ізолюваність) із розділу 1, соціальні навички з розділу 2 та соціальна присутність рамки CoI разом обґрунтовують *вимогу підтримки* – забезпечення психолого-педагогічного супроводу підготовки (умова 5 гіпотези; організаційний компонент).

У цих вимогах операціоналізуються й концептуальні виміри КН, виокремлені у розділі 1: соціологічний вимір втілюється у вимозі 5, інформаційно-технологічний – у вимогах 2–4, організаційно-педагогічний – у вимозі 1 та циклічній моделі проєктування (п. 3.1.3), синергетичний – у системному взаємозв’язку організаційно-педагогічних умов (п. 4.1.6), а філософський і психофізіологічний виміри відображено у принципах проєктування (підрозділ 3.1.2).

Трансляцію цих трьох джерел у п’ять проєктних вимог і, далі, у п’ять компонентів методичної системи унаочнено на рис. 3.2.

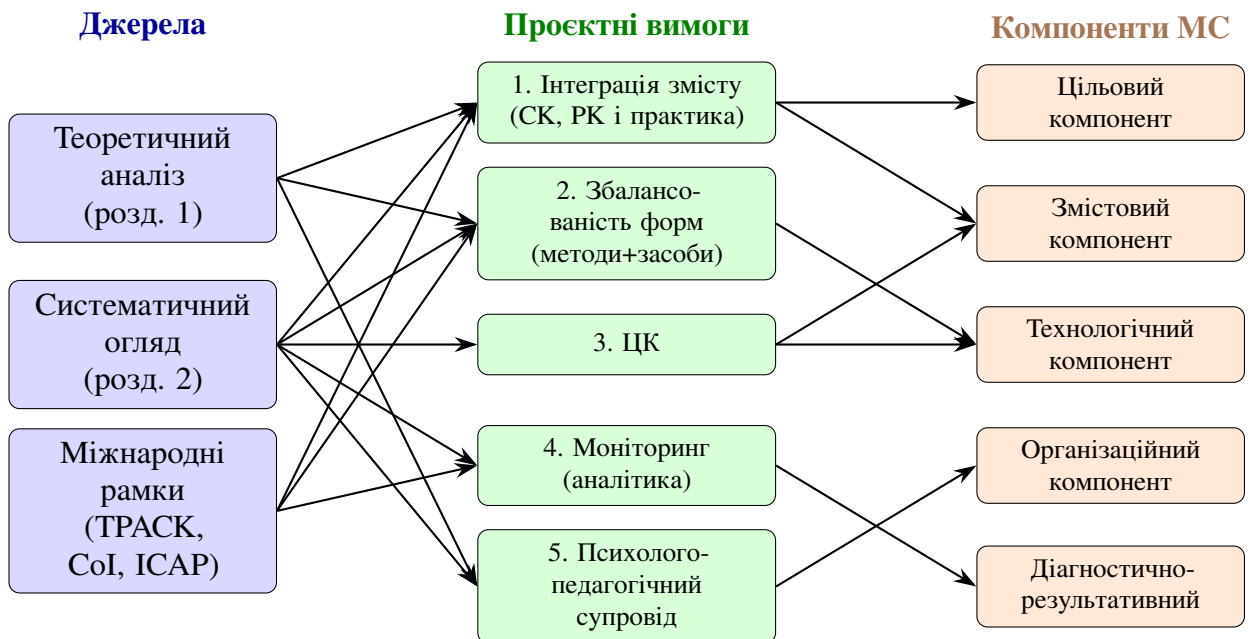


Рис. 3.2 – Трансляція емпіричних результатів систематичного огляду у проєктні вимоги методичної системи КН

Аналіз прогалів та формулювання проєктної проблеми. Наявні підходи до проєктування освітніх систем охоплюють проблемне поле дослідження лише частково: модель SSS (Strategy, Structure, Support - стратегія, структура, підтримка) С. R. Graham [301] для інституційного впровадження КН; рамку CoI [288] для проєктування освітнього середовища через баланс присутностей; TRACK-орієнтовані програми для підготовки вчителів інформатики [281], [571]; метааналітично об-

грунтовані рекомендації щодо активного навчання [279], [394]. Однак жоден із цих підходів не інтегрує одночасно три виміри: (а) специфіку КН як системи, (б) специфіку підготовки саме вчителів інформатики (подвійна роль ТК), (в) систематично узагальнені емпіричні дані про стан підготовки у світі.

В українському контексті прогалина посилюється специфічними обмеженнями: централізована пострадянська модель (79 % досліджень регіону посиляються на державні стандарти) створює додаткові вимоги до адаптації міжнародних підходів. Попередні роботи автора [405], [487] запропонували окремі елементи інтеграції, проте не сформували цілісної, емпірично обґрунтованої методичної системи.

Окремого зіставлення запропонована система потребує з класичною вітчизняною традицією методики навчання інформатики, ядром якої є однойменна навчальна дисципліна. Фундаментальні праці Н. В. Морзе [91] сформували канон методичної підготовки вчителів інформатики, унормувавши добір змісту, методів і організаційних форм навчання; на цьому ж підґрунті розвиваються новітні методичні системи [459]. Водночас ця традиція викристалізовувалася переважно в умовах аудиторного навчання й не охоплює специфіки КН як цілісної системи, інтеграції ТК, РК та СК за моделлю ТРАСК, а також систематично узагальненої міжнародної доказової бази. Запропонована система не протиставляється класичній методиці, а спадкоємно розвиває її здобутки у доборі змісту інформатичної підготовки, доповнюючи їх (а) цілеспрямованою інтеграцією КН, (б) трирамковим теоретичним підґрунтям (ТРАСК, CoI, ICAP), (в) емпіричним обґрунтуванням на основі систематичного огляду 300 досліджень та (г) наскрізною прогресією ЦК майбутнього вчителя, – тобто адаптує усталену методику до умов цифрової трансформації освіти та КН.

Отже, *проектна проблема* має трикомпонентну структуру: (1) розрив між потенціалом КН (розділ 1) та відсутністю апробованих методичних систем для підготовки вчителів інформатики; (2) розрив між міжнародними емпіричними даними (розділ 2) та потребою їх адаптації до української системи вищої освіти; (3) розрив між фрагментарними теоретичними рамками (ТРАСК, CoI, ICAP) та потребою їх інтеграції у цілісну проектну основу. Нижче визначено принципи та модель проектування, покликані подолати цей розрив.

3.1.2. Принципи проєктування методичної системи комбінованого навчання

Проектування методичної системи КН майбутніх учителів інформатики ґрунтується на сукупності взаємопов'язаних принципів, що мають потрібне обґрунтування: (1) педагогічна теорія – зокрема, принцип конструктивного узгодження за J. Biggs та C. Tang [191], що вимагає когерентності між очікуваними результатами навчання (Intended Learning Outcomes, ILOs), навчальною діяльністю (Teaching and Learning Activities, TLAs) та оцінюванням, зокрема завданнями оцінювання (Assessment Tasks, ATs); (2) емпіричні дані систематичного огляду 300 досліджень (розділ 2); (3) міжнародні рамки проєктування КН [288], [301], [324]. Кожен із семи принципів відповідає одній або кільком із п'яти проєктних вимог (підрозділ 3.1.1), утворюючи цілісну проєктну основу, а не довільний перелік побажань; систему принципів та їх зв'язок із вимогами унаочнено на рис. 3.3.

Принцип науковості та інноваційності вимагає, щоб усі проєктні рішення спиралися на найкращі наявні наукові дані, а не на традицію чи інтуїцію. Теоретичним підґрунтям є парадигма DBR: проєктування освітніх систем має здійснюватися через систематичне узагальнення емпіричних даних, а не апріорно [393]. Кількісне обґрунтування переходу від пасивних до активних форм дає метааналіз [279] (п. 3.1.1). Переглянута таксономія Блума [155], [205] слугує рамкою проєктування результатів навчання: система має систематично виводити студентів на рівні аналізу, оцінювання та створення, а не обмежуватися запам'ятовуванням і розумінням. Інноваційність означає не новизну заради новизни, а впровадження підходів, підтверджених доказовою базою, – як, наприклад, зафіксований оглядом парадигмальний зсув від лекцій (закономірність 2). Через призму рамки CoI науковість означає відповідальність викладацької присутності за проєктування науково обґрунтованих навчальних ситуацій. Принцип відповідає проєктній вимозі 2 (збалансованість форм, методів і засобів).

Принцип системності та цілісності передбачає розгляд методичної системи як єдності взаємопов'язаних компонентів із синергетичним ефектом, а не механічної суми окремих рішень. За D. Laurillard [376], викладання є проєктною наукою, де ефективність визначається когерентністю елементів, а не якістю окремих компонентів; конструктивне узгодження за J. Biggs та C. Tang [191] конкретизує це: ILOs, TLAs та ATs мають бути узгоджені на всіх рівнях системи. Модель TRACK [417],

[529] демонструє, що ефективна підготовка вчителів вимагає не ізольованого формування окремих знань (СК, РК, ТК), а їх інтеграції у цілісну систему; системність означає взаємоузгодженість усіх п'яти компонентів методичної системи. За рамкою СоІ три присутності так само утворюють систему, де кожна вимагає двох інших [288]. Принцип відповідає проєктним вимогам 1 (інтеграція змісту) та 2 (збалансованість форм).

Принцип адаптивності, гнучкості та універсального дизайну вимагає, щоб методична система допускала варіативність реалізації без втрати структурної цілісності. Теоретичним підґрунтям є концепція UDL: у [228] визначено три групи принципів – множинність засобів залучення, репрезентації та дії/вираження, – що забезпечують доступність навчання для студентів із різними вхідними рівнями та навчальними стилями. Універсальний дизайн постає тут наскрізним проєктним підходом: система від початку проєктується під різноманітні освітні потреби студентів (стилі навчання, стан здоров'я, зокрема інвалідність, вік, гендер, расова та етнічна належність), а не пристосовується до них постфактум. Інтеграцію засад UDL у підготовку вчителів інформатики, зокрема в межах STEM-навчання, обґрунтовано у [177]. Це особливо значуще для української освіти в умовах воєнного стану й у повоєнний період, коли освітнє середовище має лишатися доступним для здобувачів із різним, нерідко травматичним досвідом. Трифазна модель інституційного впровадження КН С. R. Graham [301] додатково обґрунтовує адаптивність: на різних фазах система потребує різних організаційних конфігурацій. L. Anthonysamy, A.-C. Koo та S.-H. Hew [158] у систематичному огляді показали, що адаптивне середовище сприяє розвитку стратегій саморегульованого навчання (Self-Regulated Learning, SRL), ключових для успіху в комбінованому форматі. Емпірично: суттєві регіональні відмінності (централізована пострадянська модель та децентралізована англо-саксонська, розділ 2) вимагають модульності системи – можливості заміни окремих компонентів при збереженні загальної архітектури. Принцип відповідає проєктним вимогам 5 (психолого-педагогічний супровід) та 3 (ЦК – варіативність вхідних рівнів).

Принцип студентоцентрованості визначає студента як активного суб'єкта навчального процесу, а не пасивного отримувача інформації. Рамка ICAP [232] надає ієрархію навчальної діяльності – конкретний орієнтир для проєктування. SRL є метакомпетенцією, яку КН має цілеспрямовано розвивати: В. J. Zimmerman [597] визначає SRL як циклічний процес (планування – виконання – рефлексія), а

L. Anthony, A.-C. Koo та S.-H. New [158] підтверджують, що комбіноване середовище оптимальне для формування стратегій SRL завдяки поєднанню автономії онлайн-компонента та підтримки очного. Через призму CoI студентоцентрованість означає максимізацію когнітивної присутності через належне проєктування викладацької присутності [287]. Емпіричне підтвердження – домінування колаборативного, PBL та проєктно-орієнтованого навчання у сучасних програмах підготовки (закономірність 2). Практична реалізація: перевернутий клас, колаборативні проєкти, взаємне оцінювання – механізми переходу від Р до І на шкалі ICAR. Принцип відповідає проєктній вимозі 2 (збалансованість форм).

Принцип інтегративності вимагає подолання фрагментарності підготовки через цілеспрямоване поєднання інформатичної, педагогічної та методичної складових на всіх рівнях системи. Модель TRACK [365], [417] обґрунтовує, що професійна компетентність учителя інформатики є інтегративною якістю на перетині СК, РК і ТК (РСК, ТРК, ТСК, TRACK). R. Vivian та K. Falkner [571] показали, що подвійна роль ТК створює особливі виклики інтеграції, які не вирішуються додаванням окремих курсів; D. Laurillard [376] обґрунтовує необхідність постійного зв'язку теорії та практики через ітеративний проєктний цикл; конструктивне узгодження [191] вимагає узгодженості ILOs, TLAs та ATs через усі домени TRACK. Емпіричне обґрунтування: розрив СК–РСК (закономірність 1) свідчить про хронічну фрагментарність, яку цей принцип покликаний подолати. Інтеграція реалізується у трьох вимірах: (а) горизонтальна – міждисциплінарні зв'язки СК, РК і ТК у межах семестру; (б) вертикальна – наскрізне ускладнення від курсу до курсу; (в) контекстуальна – зв'язок теорії з педагогічною практикою. Принцип безпосередньо відповідає проєктній вимозі 1 (інтеграція змісту).

Принцип технологічності вимагає добору засобів КН за чіткими критеріями, а не за технологічною доступністю чи популярністю. 4-критеріальна рамка [592] – педагогічний (відповідність освітнім цілям), технологічний (функціональність, надійність, сумісність), ергономічний (зручність, безпечність) та економічний (ліцензійна чистота, вартість) критерії – забезпечує систематичність добору. Таксономія курсів КН L. E. Margulieux, W. M. McCracken та R. Catrambone [386] демонструє, що саме вибір технологій значною мірою визначає тип КН та характер навчального досвіду. Рамка ЦК педагогів DigCompEdu [467] додає вимір подвійності (технологія як засіб і зміст навчання), що вимагає подвійних критеріїв добору – педагогічної ефективності інструменту та його релевантності як об'єкта вивчення.

Емпіричне обґрунтування: зафіксований оглядом широкий спектр інструментів – від Scratch до Python, від LMS до засобів синхронної взаємодії – підтверджує необхідність систематичного добору та комбінування. Принцип відповідає проєктній вимозі 3 (цілеспрямований розвиток ЦК).

Принцип діагностичності та рефлексивності визначає систематичне оцінювання та рефлексію як невід’ємні компоненти проєктування, а не лише інструменти підсумкового контролю. Теоретичне підґрунтя – формувальне оцінювання: за Р. Black та D. Wiliam [195], ефективне оцінювання є передусім інструментом навчання, що надає зворотний зв’язок і коригує процес у реальному часі. Саморегульоване навчання [597] додає вимір рефлексії: формувальний зворотний зв’язок запускає цикли саморегуляції – необхідну умову ефективного навчання у комбінованому форматі. Через призму CoI рефлексивна практика є проявом когнітивної присутності, а структуроване оцінювання – елементом викладацької присутності [288]. LA розширює можливості формувального оцінювання, надаючи дані для прогностичного моделювання та раннього виявлення студентів у зоні ризику [405]. Емпіричне обґрунтування: прогалини у портфоліо та LA (закономірність 4) обумовлюють необхідність багаторівневої діагностики – від вхідного оцінювання через поточне формувальне і підсумкове до рефлексії. Принцип відповідає проєктній вимозі 4 (моніторинг на основі LA).

Визначені сім принципів утворюють взаємопов’язану систему (рис. 3.3). Принцип *науковості* є фундаментальним: він обґрунтовує доказову базу для всіх інших принципів. Принцип *системності* забезпечує когерентність між ними. *Студентоцентрованість* та *інтегративність* визначають що має бути у центрі проєктування – активний студент та цілісний зміст. *Технологічність* та *адаптивність* визначають як це реалізувати – через обґрунтований добір засобів та гнучку архітектуру. *Діагностичність* замикає зворотний зв’язок, забезпечуючи ітеративне вдосконалення системи. Отже, принципи охоплюють усі п’ять проєктних вимог із підрозділу 3.1.1 та всі п’ять умов гіпотези; далі вони конкретизуються у моделі проєктування (підрозділ 3.1.3), а їх реалізація розкривається через компоненти системи (підрозділ 3.2).

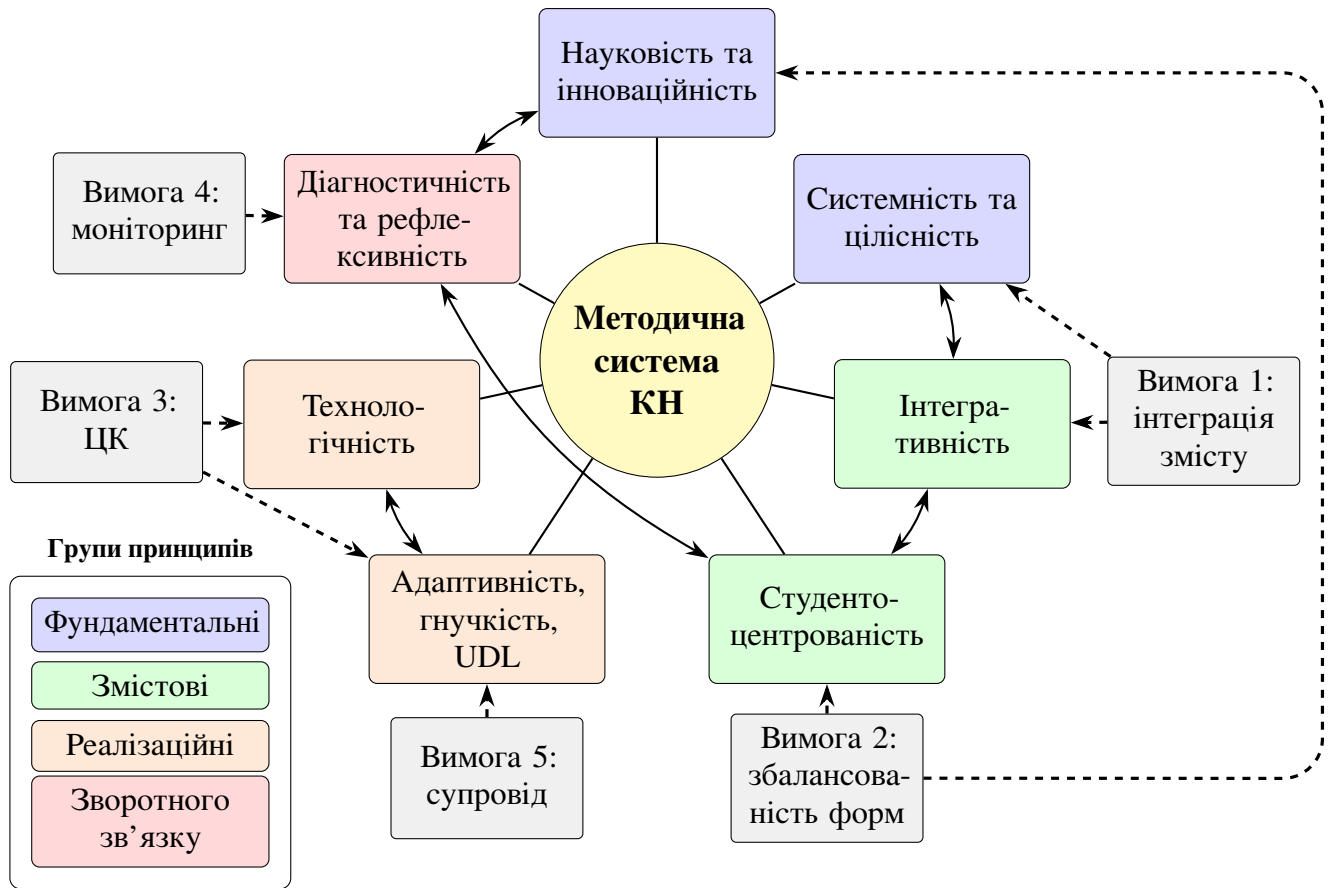


Рис. 3.3 – Система принципів проектування методичної системи КН та їх зв'язок із проєктними вимогами

3.1.3. Узагальнена модель проектування методичної системи комбінованого навчання

П'ять проєктних вимог (підрозділ 3.1.1) та система семи принципів (підрозділ 3.1.2) формують, відповідно, цільові орієнтири та нормативну базу проектування методичної системи. Проте принципи та вимоги самі по собі не задають *процедури* проектування – потрібна процесуальна модель послідовності проєктних дій, їх взаємозв'язків та механізмів зворотного зв'язку. Жодна з існуючих моделей проектування освітніх систем повністю цих вимог не задовольняє.

Модель ADDIE (*Analysis – Design – Development – Implementation – Evaluation*, *аналіз – проектування – розробка – реалізація – оцінювання*), систематизована R. M. Branch [212], є найпоширенішим загальним фреймворком інструкційного проектування; однак її лінійно-послідовна логіка не має вбудованих механізмів ітерації, що обмежує адаптацію на основі зворотного зв'язку [149]. Модель зворотного проектування G. Wiggins та J. McTighe [578] реалізує потужну логіку «від

результату», але розроблена переважно для проектування програм без урахування технологічного шару КН. DBR, обґрунтовані S. McKenney та T. C. Reeves [393] і систематизовані T. Plomp та N. Nieveen [456], забезпечують ітеративність і генерацію теоретичних знань у процесі проектування, але потребують структурування при застосуванні до багатокomпонентних систем. Модель W. Dick, L. Carey та J. O. Carey [254] пропонує детальне компонентне узгодження, проте є процедурно важкою та технологічно нейтральною, що ускладнює її застосування у контексті КН, де технологічні рішення є невід’ємними від педагогічних.

У контексті КН I. K. Suartama, P. Setyosari, S. Sulthoni та S. Ulfa [541] розробили модель інструкційного проектування мобільного КН для вищої освіти, проте без урахування специфіки підготовки вчителів інформатики (подвійна роль технології). S. Grover та ін. [305] запропонували принципи FIRST для синхронного онлайн-навчання вчителів інформатики, однак лише для дистанційного формату без інтеграції очної складової. Порівняльний аналіз цих підходів (табл. 3.1) засвідчує, що жоден із них не інтегрує одночасно: (а) логіку зворотного проектування, (б) ітеративні цикли DBR, (в) конструктивне узгодження, (г) предметно-специфічне структурування (TPACK+CoI+ICAP), (д) емпіричне обґрунтування на основі систематичного огляду та (е) специфіку КН.

Запропонована нижче циклічна модель проектування синтезує логіку зворотного проектування [578], конструктивне узгодження [191], ітеративну методологію DBR [393] та предметно-специфічні рамки (TPACK, CoI, ICAP) у єдиний процедурний фреймворк із п’яти етапів (рис. 3.4).

Етап 1. Аналіз вимог та освітніх потреб. За логікою зворотного проектування [578] проектування починається не з наявного змісту, а з бажаних результатів і охоплює три взаємопов’язані завдання – специфікацію результатів навчання, контекстний аналіз та синтез емпіричних даних. Передусім на основі конструктивного узгодження [191] визначаються ILOs, що формують цільовий компонент методичної системи (підрозділ 3.2); вони структуруються за таксономією Блума–Андерсон [155] та рамкою TPACK [417]: для кожного TPACK-перетину визначаються очікувані рівні компетентності. Далі здійснюється контекстний аналіз інституційного середовища: фаза впровадження КН за моделлю C. R. Graham [301], вхідний рівень та індивідуальні потреби студентів (принцип UDL [228]), технологічна інфраструктура закладу; співіснування централізованих та децентралізованих моделей (розділ 2) вимагає адаптивності системи до різних інституційних кон-

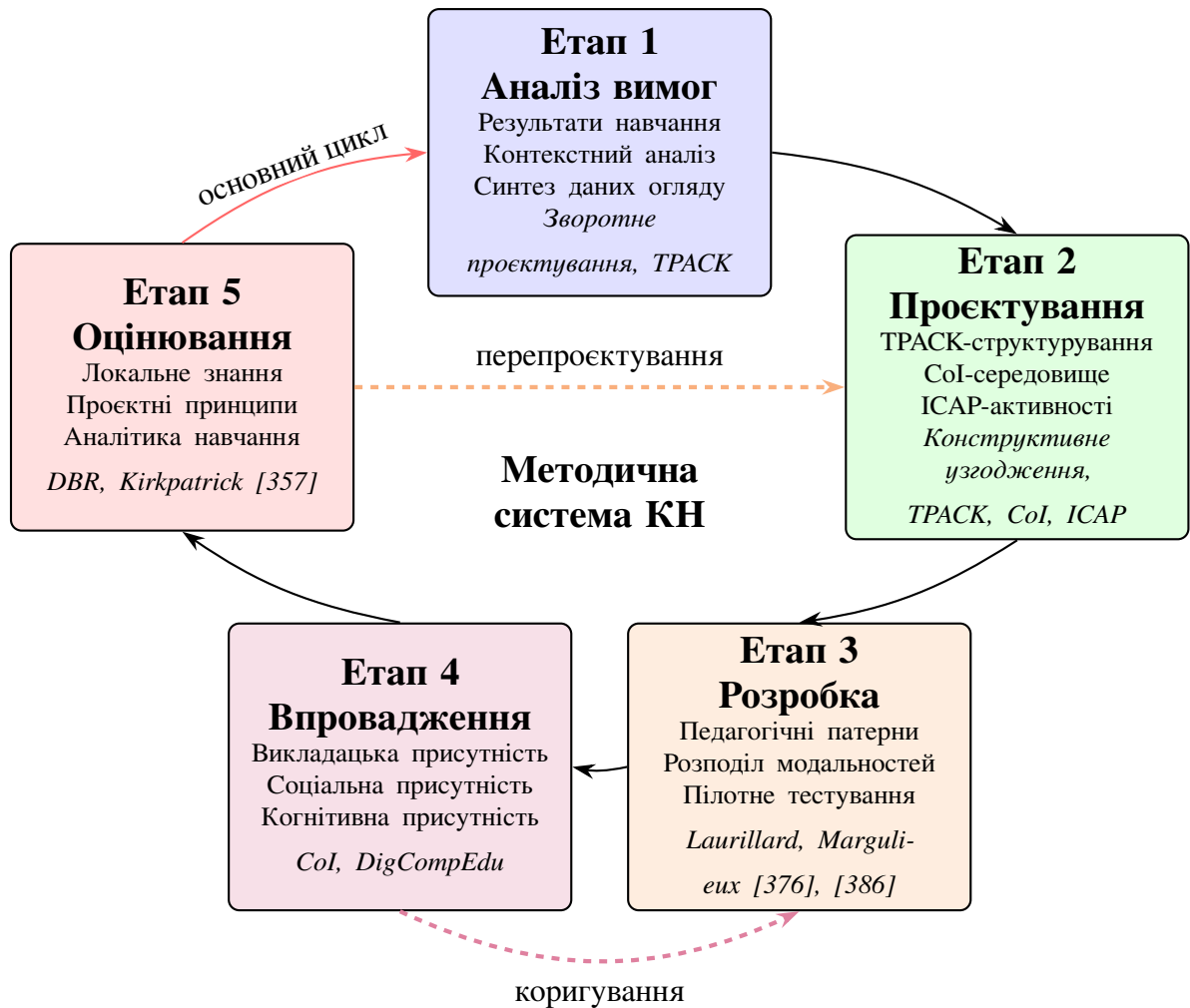


Рис. 3.4 – Циклічна модель проектування методичної системи КН майбутніх учителів інформатики

текстів. Нарешті, систематичний огляд (розділ 2) слугує безпосереднім джерелом доказів для проектних рішень – щодо домінуючих методів, ландшафту інструментів, патернів оцінювання та виявлених прогалин (закономірності 1–4); саме спираючись на систематично узагальнені емпіричні дані, а не лише на опитування потреб, відрізняє цей аналіз від аналогічного етапу моделі ADDIE. На виході етапу – п'ять проектних вимог (підрозділ 3.1.1), профіль компетентностей та контекстні обмеження; провідні принципи – науковість (доказовий аналіз) та адаптивність (чутливість до контексту).

Етап 2. Проектування компонентів системи. Центральний етап транслює вимоги у п'ятикомпонентну структуру методичної системи, організуючою логікою якої слугує *конструктивне узгодження* [191]: для кожного компонента забезпечується когерентність ILOs, TLAs та ATs – практична реалізація принципу системності. Змістовий компонент структурується за ТРАСК: курси організуються

Таблиця 3.1 – Порівняння моделі проектування із сучасними підходами до проектування освітніх систем

Характеристика	ADDIE	Зворотне проектування	DBR	Модель Діка та Кері	Запропонована
Логіка «від результату»	○	●	○	○	●
Ітеративні цикли	○	○	●	○	●
Конструктивне узгодження	○	◐	○	◐	●
Предметно-специфічне структурування	○	○	◐	○	●
Емпіричне обґрунтування (сист. огляд)	○	○	◐	○	●
Інтеграція КН	○	○	○	○	●

Примітка. ● – наявна; ◐ – часткова; ○ – відсутня (експертна авторська оцінка за критеріями вимог п. 3.1.1).

в блоки СК і ТК, РК, інтеграційний блок РСК, ТРК і ТСК та блок практики, причому виявлена диспропорція СК–РСК (закономірність 1) усувається через проектування інтегрованих навчальних досвідів [544], а не ізольованих курсів. Освітнє середовище структурує модель СоІ із трьома присутностями [286] – викладацькою (структура курсу, організація), соціальною (колаборативні активності, взаємодія) та когнітивною (дослідницьке навчання); для КН критичним є стратегічний розподіл цих присутностей між очною та онлайн-складовими [288]. Рівень навчальних активностей визначає рамка ІСАР, що спрямовує проектування на перехід від пасивної до інтерактивної діяльності [232]; парадигмальний зсув (закономірність 2) емпірично валідує цей вибір. Добір технологій здійснюється за 4-критеріальною рамкою [592] із подвійною оптикою DigCompEdu [467] (технологія як засіб навчання та предмет вивчення). На виході етапу – специфікації п'яти компонентів (підрозділ 3.2); провідні принципи – системність, інтегративність (ТРАСК-інтеграція), студентоцентрованість (ІСАР) і технологічність (добір інструментів).

Етап 3. Розробка та інтеграція. Розробка є матеріалізацією проектних рішень у конкретні артефакти – навчальні матеріали, конфігурацію LMS, інструменти оцінювання та інформаційні панелі аналітики. Її методологічною основою слугує

концепція «викладання як наука проектування» D. Laurillard [376]: розробка будується на повторюваних педагогічних патернах – типових дизайнах для конкретних ТРАСК-перетинів; наприклад, патерн «перевернутий клас для навчання алгоритмів» поєднує асинхронне відео (СК), очне колаборативне розв’язання задач (РСК) та автоматизовану перевірку коду (ТК). Специфічною для КН є задача розподілу активностей між модальностями (очно, синхронно чи асинхронно онлайн) за таксономією L. E. Margulieux, W. M. McCracken та R. Catrambone [386]; емпіричним орієнтиром слугують 58 досліджень розділу 2 з підходами до КН. На цьому ж етапі за моделлю «Стратегія – Структура – Підтримка» [301] конфігурується інституційна підтримка (розклад, інфраструктура, підготовка викладачів); обов’язковим елементом є *пілотне тестування* – маломасштабна апробація з однією когортою, що відповідає методології DBR [393]. На виході етапу – готова до впровадження система (матеріали, налаштована LMS, підготовлені викладачі); провідні принципи – технологічність, адаптивність (модульність) і науковість (пілотне тестування).

Етап 4. Впровадження в освітній процес. Упровадження не є механічним запуском системи – воно потребує цілеспрямованої побудови спільноти дослідження (CoI) через три присутності. Викладацька присутність – фасилітація курсу, управління дискурсом і пряме інструктування за потреби; викладач виступає «дизайнером-резидентом», який коригує систему за відповідями студентів. Соціальна присутність – встановлення норм колаборації та побудова навчальної спільноти, що підкріплюється значущістю командної роботи та комунікації (47,7 % і 43,3 % відповідно, розділ 2). Когнітивна присутність забезпечується ініціюванням фаз дослідження, інтеграції та розв’язання проблем, чому відповідають високі частки критичного мислення та рефлексивної практики (закономірність 4). Окремим завданням є розвиток ЦК самих викладачів: за рамкою DigCompEdu [467] вони потребують специфічних компетентностей в організації КН. На виході етапу – дані впровадження (успішність, метрики залучення, якісний зворотний зв’язок); провідні принципи – студентоцентрованість та діагностичність (початок збору даних).

Етап 5. Оцінювання та вдосконалення. Оцінювання генерує два типи знань [393], [456]: *локальне знання* про ефективність системи у конкретному контексті (4 критерії за 4 рівнями, деталізовано в підрозділі 3.2) та *узагальнювані проєктні принципи* – які проєктні рішення працюють і чому. Структуру оцінювання задає чотирирівнева модель D. L. Kirkpatrick та J. D. Kirkpatrick [357] (реакція –

навчання – поведінка – результати), адаптована до методичної системи; на рівні результатів ідеться про довгостроковий, лонгітюдний вплив на учнів у школі, виявлений як прогалина у розділі 2. Механізмом неперервного оцінювання слугує LA: дані LMS у реальному часі уможливають формувальні коригування під час навчання, а не лише підсумкове оцінювання по його завершенні [195]; емпірична прогалина розділу 2 (відсутність LA у більшості програм) цілеспрямовано усувається моделлю. Нарешті, цикл удосконалення повертає результати оцінювання до Етапу 1 (перегляд вимог) та Етапу 2 (перепроєктування компонентів); це систематична DBR-ітерація, що генерує нове знання й уточнює проєктні принципи, активуючи принципи діагностичності та науковості.

Механізм циклічності та зростання зрілості. П'ятиетапний цикл є ітеративною спіраллю, що повторюється впродовж кількох академічних циклів. Кожна ітерація просуває інституційну зрілість за трифазною моделлю С. R. Graham [301]: від усвідомлення через впровадження до зрілої реалізації. Практичний хронометраж: 1 академічний рік $\approx$ 1 повний цикл (Етапи 1–2 влітку та на початку семестру, Етап 3 на початку навчання, Етап 4 впродовж семестру, Етап 5 наприкінці). Відповідно до принципу DBR, для апробації проєктних рішень необхідно мінімум три ітерації [393]. Зазначимо, що три ітерації – це загальноприйнятий у методології DBR мінімум апробації; для конкретної методичної системи їх кількість має ілюстративний характер і може бути меншою, якщо вплив окремих методичних компонентів на систему є однонаправленим або синхронним.

Зв'язок із гіпотезою дослідження: кожен цикл генерує емпіричні дані щодо п'яти умов гіпотези; після кількох циклів доказова база підтверджує або спростовує їх. Циклічність також реалізує принцип адаптивності: система еволюціонує разом зі своїм контекстом – технологічним, інституційним та освітнім. Така еволюція може повторно «відкривати» вже завершений цикл валідації: зміна контексту здатна порушити раніше підтверджені критерії й тим самим збільшити потрібну кількість ітерацій.

Отже, запропонована модель синтезує зворотне проєктування, конструктивне узгодження, ітеративну методологію DBR та рамки TRACK, CoI, ICAP у єдиний п'ятиетапний фреймворк: кожен етап активує конкретні принципи з підрозділу 3.1.2, спирається на емпіричні дані розділу 2 та відображається у компонентах підрозділу 3.2 (табл. 3.1). Модель заповнює прогалину, виявлену у підрозділі 3.1.1: жодна з існуючих моделей не інтегрує одночасно специфіку КН, специфіку підготовки

вчителів інформатики та систематичну доказову базу. Далі модель конкретизується через п'ять компонентів методичної системи (підрозділ 3.2).

3.2. Моделювання методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики

Методична система КН є безпосереднім продуктом Етапу 2 циклічної моделі проектування (рис. 3.4): проектні вимоги Етапу 1 трансформуються тут у цілісну педагогічну конструкцію, що спирається на вітчизняну традицію розуміння «методичної системи» як базового конструкту дидактики вищої школи [485]. Обрано п'ятикомпонентну структуру: трикомпонентні моделі (мета–зміст–результат) не виділяють технологію та організацію як самостійні складові, що неприйнятно для КН із його системоутворюючою технологією, а семикомпонентні, навпаки, штучно фрагментують технологічну та методичну складові, порушуючи принцип системної цілісності (п. 3.1.2). П'ять компонентів обґрунтовані трьома аргументами: (а) п'ять проектних вимог (п. 3.1.1) природно відображаються у компоненти; (б) універсальна тріада огляду – предметна підготовка (57,7 %), педагогічна підготовка (36,7 %) та педагогічна практика (44,3 %) – проектується на компоненти: предметна й педагогічна складові живлять змістовий, методичні дисципліни (23,0 %) – технологічний, практика – організаційний; (в) логіка зворотного проектування [578] вимагає явного виокремлення цільового та діагностичного компонентів як «рамки» системи.

Наскрізну узгодженість компонентів забезпечують три теоретичні рамки. Конструктивне узгодження [191] вимагає взаємної відповідності результатів навчання (цільовий компонент), навчальної діяльності (змістовий і технологічний) та оцінювання (діагностично-результативний). КН [301] є не окремим компонентом, а наскрізною проектною логікою, що по-різному формує кожен компонент: мета інтегрує онлайн- та очні результати; зміст розподіляється між форматами; технологія забезпечує інтерфейс; організація балансує модальності; діагностика використовує LA. ТРАСК [417], CoI та ICAP виступають аналітичними ракурсами: ТРАСК визначає цільовий і змістовий компоненти; CoI – організаційний і технологічний; ICAP – технологічний і діагностичний. Системотвірним фактором є освітня мета – формування професійної компетентності на засадах ТРАСК із розвиненою ЦК.

Структура методичної системи та взаємозв'язки між компонентами подано на рис. 3.5. Кожен компонент детально розкрито у підрозділах 3.2.1–3.2.5.

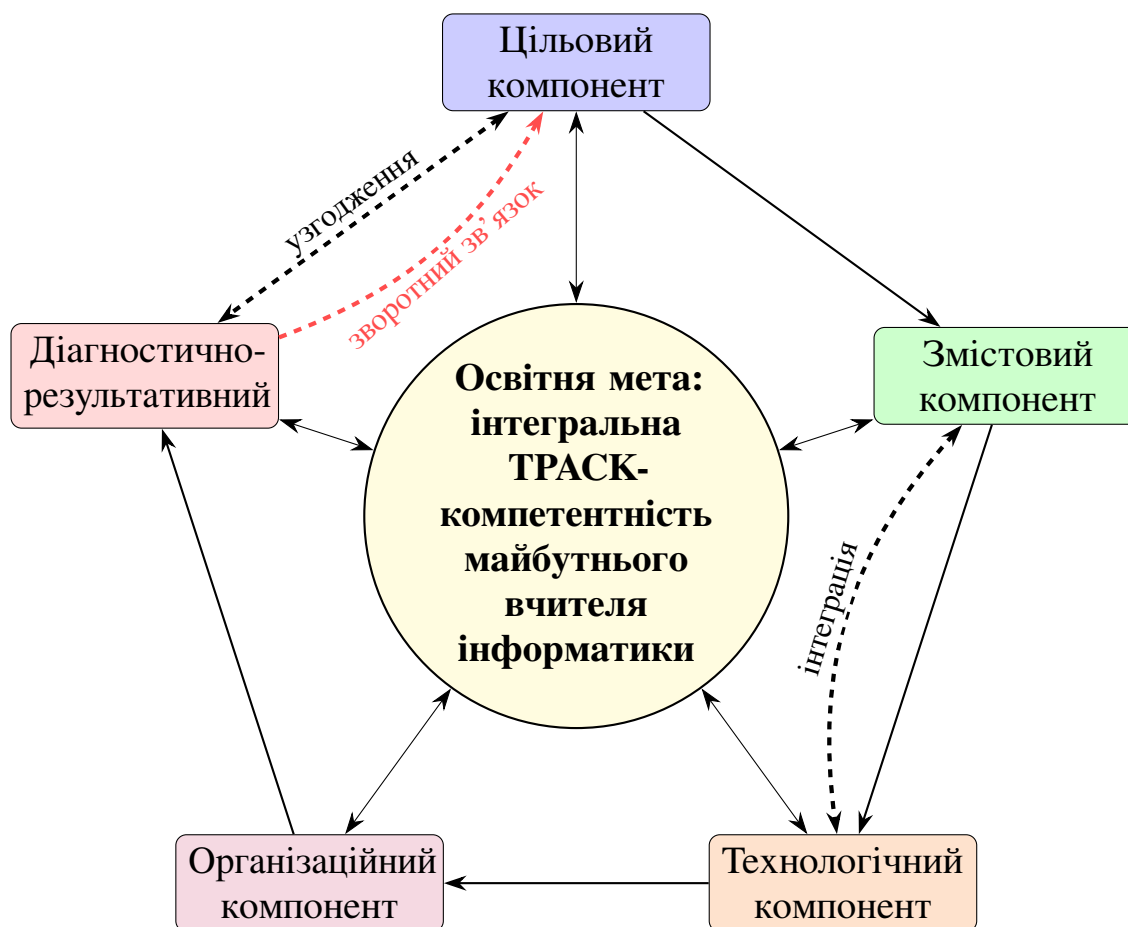


Рис. 3.5 – Структура методичної системи КН майбутніх учителів інформатики

3.2.1. Цільовий компонент методичної системи

Цільовий компонент є продуктом Етапу 1 циклічної моделі проектування, в якому результати огляду та теоретичного аналізу трансформуються у чітко визначені цілі підготовки. За логікою зворотного проектування [578] мета є відправною точкою: спочатку визначаються бажані результати, потім способи їх оцінювання і лише потім – зміст та навчальна діяльність. За конструктивним узгодженням [191] цілі формулюються як конкретизовані ILOs відповідно до вимог Болонського процесу [350], а не як декларативні прагнення. Загальна мета полягає у формуванні професійної компетентності на засадах ТРАСК [417], рамки DigCompEdu [467] та емпіричних даних розділу 2.

Окремого пояснення потребує співвідношення фахової та ЦК: загальну

мету сформульовано в термінах професійної компетентності, а результативність системи оцінюється за критеріями сформованості ЦК. Фахова компетентність учителя інформатики є ширшим утворенням (предметний, психолого-педагогічний, методичний, комунікативний та інші складники) і не зводиться до ЦК; водночас саме ЦК становить її інтегральний наскрізний складник: за моделлю ТРАСК вона поєднує СК, РК і ТК та їхні перетини, а її специфіку посилює подвійна роль ТК (як предмет і засіб навчання). Термінологічний вибір узгоджено з європейськими рамками, де вживається саме поняття цифрової компетентності (digital competence, DigCompEdu [467]), та з переважно англомовним корпусом огляду (розділ 2). Відтак критерії сформованості ЦК – вимірюваний індикатор досягнення загальної мети: вони операціоналізують ту частину професійної компетентності, на яку безпосередньо спрямована методична система КН, не претендуючи на вичерпне вимірювання фахової компетентності; саме тому й у гіпотезі дослідження ефективність підготовки означено «за критеріями сформованості ЦК».

Систематичний огляд виявляє суттєві прогалини в цілепокладанні наявних програм підготовки. Лише 15 із 300 досліджень (5,0 %) явно згадують рамку ТРАСК (за повнотекстовим пошуком «ТРАСК/ТРСК» у картах огляду), хоча 68 (22,7 %) обговорюють компетентність загалом – більшість програм мають неявні моделі цілей, які цільовий компонент робить явними. Подвійна роль ТК [571] зумовлює необхідність специфічного компетентнісного профілю. Рамка DigCompEdu із шістьма компетентнісними областями [221], [467] забезпечує місток між національними [130] та міжнародними стандартами [327]: 47,7 % досліджень у розділі 2 посиляються на державні стандарти, а 79 % пострадянських програм використовують централізовані стандарти.

Соціальні навички – командна робота (47,7 %), критичне мислення (45,3 %), рефлексія (44,7 %), комунікація (43,3 %) – не охоплюються ТРАСК повністю й інтегруються через мотиваційно-ціннісну та рефлексивно-оцінювальну підцілі. Також лише 7,0 % досліджень явно включають СТ [582], на що цільовий компонент має зважати.

Підцілі реалізуються за переглянутою таксономією Блума [155] та узгоджуються з діагностичними критеріями (п. 3.2.5); для вимірюваності загальна мета деталізується через чотири підцілі:

1. *Когнітивна підціль*: засвоєння системи теоретичних знань на рівнях «розуміти»–«аналізувати» (ТРАСК-домени СК, РК, ТСК). Включає знан-

ня алгоритмів та програмування (50,3 % досліджень), СТ (7,0 %), дидактичних принципів КН. Приклади ІЛО: «аналізувати алгоритмічні конструкції мов програмування»; «порівнювати дидактичні можливості синхронного та асинхронного форматів»; «пояснювати зв'язки між компонентами ТРАСК».

2. *Операційно-діяльнісна підціль*: формування практичних умінь на рівнях «застосовувати»—«створювати» (ТРАСК-домени ТРК, РСК, ТРАСК). Охоплює проєктування курсів у LMS (Moodle), розробку електронних освітніх ресурсів, організацію синхронної та асинхронної комунікації. Самостійне викладання (46,0 %) та спостереження (21,7 %) є ключовими формами. Приклади ІЛО: «проєктувати модуль курсу інформатики у Moodle із комбінованою структурою»; «розробляти інтерактивні навчальні матеріали із застосуванням ІСАР-принципів».
3. *Мотиваційно-ціннісна підціль*: розвиток стійкої мотивації на рівні «оцінювати» (афективний домен). Зростання значущості КН від 10 % до 24 % досліджень підтверджує актуальність формування відповідної мотивації; підціль охоплює ціннісне ставлення до цифрової трансформації освіти, усвідомлення ролі вчителя інформатики, етику використання АІ. Приклади ІЛО: «обґрунтовувати доцільність КН для конкретної теми інформатики»; «оцінювати етичні аспекти використання генеративного АІ в освіті».
4. *Рефлексивно-оцінювальна підціль*: здатність до саморегульованого навчання [597] на рівнях «оцінювати»—«створювати». Рефлексивна практика – одна з ключових соціальних навичок (44,7 % досліджень). Охоплює самооцінку ТРАСК-розвитку, аналіз результатів навчання, побудову індивідуальної траєкторії професійного зростання. Приклади ІЛО: «аналізувати власний урок за критеріями ТРАСК-інтеграції»; «складати план професійного розвитку на основі самодіагностики ЦК».

Перетин ТРАСК-доменів та підцілей утворює компетентнісний профіль, що є центральним елементом цільового компоненту (табл. 3.2).

Конструктивне узгодження [191] пов'язує підцілі з діагностичними критеріями (п. 3.2.5): когнітивній підцілі відповідає когнітивний критерій (тести, 43,7 %), операційно-діяльнісній – операційно-діяльнісний (демонстрація 39,3 %, проєкти 36,0 %), мотиваційно-ціннісній – мотиваційно-ціннісний (шкали Лікерта, есе), рефлексивно-оцінювальній – рефлексивно-оцінювальний (портфоліо 11,7 % – виявлений оглядом дефіцит, свідомо підсилений проєктним рішенням) [195]; детальні

Таблиця 3.2 – ТРАСК-компетентнісний профіль: домени знань та підцілі

ТРАСК-домен	Когнітивна	Операційно-діяльнісна	Мотиваційно-ціннісна	Рефлексивно-оцінювальна
СК і ТК	Аналізувати алгоритми, структури даних, мови програмування	Програмувати, створювати навчальні програмні продукти	Усвідомлювати цінність CS-знань для цифрового суспільства	Оцінювати власний рівень CS/TK-знань
РК	Пояснювати дидактичні принципи КН, вікові особливості	Застосовувати активні методи у LMS-середовищі	Цінувати суб'єктно-діяльнісний підхід до навчання	Рефлексувати педагогічний досвід
РСК, ТРК і ТСК	Обґрунтовувати вибір методів навчання інформатики	Проектувати уроки з інтеграцією цифрових засобів	Визнавати значущість інтеграції технологій і педагогіки	Аналізувати ефективність обраних методик
ТРАСК	Синтезувати СК, РК, ТК у цілісну дидактичну дію	Реалізовувати ТРАСК-інтегроване КН інформатики	Прагнути до неперервного ТРАСК-розвитку	Рефлексувати цілісність власного ТРАСК

рівні подано у табл. 3.3.

Отже, цільовий компонент утворює ієрархію від загальної мети через чотири підцілі до конкретних результатів навчання за дисциплінами (п. 3.2.2); вона є продуктом Етапу 1 і уточнюється за результатами Етапу 5 (зворотний зв'язок). Підцілі є наскрізними: вони конкретизуються у змістовому (яке знання формувати), технологічному (якими засобами), організаційному (у яких формах) та діагностично-результативному (як вимірювати) компонентах.

3.2.2. Змістовий компонент методичної системи

Змістовий компонент визначає, *що* має знати та *вміти* майбутній учитель інформатики (як реалізувати цей зміст – п. 3.2.3, *де і коли* – п. 3.2.4). Теоретичною основою структурування слугує еволюційна лінія від РСК L. S. Shulman [529] через ТРСК Р. Mishra та М. J. Koehler [417] та ІКТ-ТПЗЗ як окремий конструкт С. Angeli та N. Valanides [156] до подвійної ролі ТК R. Vivian та K. Falkner [571]: ТРАСК дозволяє формувати не ізольовані домени знань, а їхні інтегральні перетини, критичні для педагогічної діяльності вчителя інформатики [369]. Кожен змістовий блок забезпечує реалізацію принаймні однієї з чотирьох підцілей (п. 3.2.1, табл. 3.2).

Емпіричним підґрунтям є тріада систематичного огляду «предметна – педа-

гогічна – практична підготовка», що проектується на відповідні змістові блоки. Модель є *узагальненою*: вона визначає категорії знань та компетентностей, а не конкретні дисципліни; реалізацію для конкретного закладу подано у п. 4.2.

Фундаментальну інформатичну підготовку охоплює блок змістових і технологічних знань (СК і ТК). Систематичний огляд виявив ключові предметні області: програмування (50,3 %), інформатика як загальний курс (18,7 %), алгоритми та структури даних (18,0 %), комп'ютерні мережі (12,3 %), бази даних (10,0 %), архітектура комп'ютерів (9,0 %), комп'ютерна графіка (8,7 %). Математичний фундамент формують дисципліни математики (12,0 %) та дискретної математики (6,3 %). Блок забезпечує когнітивну підциль («розуміти»–«аналізувати»).

Окремої уваги потребують три наскрізні змістові нитки, що проходять через СК- та РСК-блоки. СТ (7,0 %) має бути не ізольованою дисципліною, а наскрізним стрижнем СК та РСК [179]. АІ (4,3 %) виступає водночас предметною областю (СК: як працює машинне навчання), інструментом (ТК: генеративний АІ) та педагогічним об'єктом (РСК: етика АІ) [544]. Робототехніка (4,3 %) як фізичне обчислення створює міст між абстрактними CS-концепціями та матеріальним досвідом навчання у дусі конструкціонізму [449].

Перехід від Scratch до Python формує ефективний «конвеєр» навчання – від блочного програмування до текстових мов [576], [595]. Регіональна варіативність значна: пострадянські програми зберігають успадковану мовну екосистему (Pascal/Delphi – 10 % за Scratch лише 3 %), західні інтегрують візуальні середовища (Scratch – 20–22 %). Змістовий компонент визначає компетентнісні результати, не фіксуючи конкретних мов програмування, що забезпечує адаптивність. Реалізація блоку в умовах КН: теоретичний матеріал онлайн, лабораторні роботи з програмування очно, проектна робота – комбіновано.

Блок РК включає загальну педагогіку (5,7 % досліджень), дидактику (4,7 %), психологію (2,7 %). Представленість РК у літературі є помітно нижчою за СК, що свідчить про те, що педагогічна складова часто передбачається за замовчуванням, але не проектується цілеспрямовано. Ключові змістові області: теорії навчання, вікова психологія, управління класом, проектування оцінювання, інклюзивна освіта; блок забезпечує когнітивну та мотиваційно-ціннісну підцилі. РК є необхідною, але недостатньою умовою – її цінність реалізується через інтеграцію з СК у блоці інтегрованих знань.

Блок інтегрованих знань (РСК, ТРК і ТСК) є ядром змістового компоненту та

принциповою відмінністю підготовки вчителя інформатики від підготовки фахівця з CS чи вчителя іншого предмета [529]. РСК для інформатики має специфічні прояви: розуміння, чому рекурсія концептуально складна; усвідомлення, що цикли ефективніше вводити від візуальної ітерації до текстової абстракції; знання типових хибних уявлень студентів про змінні [217], [476], [583]. «Методика навчання інформатики» (23,0 % досліджень розділу 2) є основною РСК-дисципліною. Блок забезпечує операційно-діяльнісну підциль («застосовувати»–«створювати»).

ТРК та ТСК утворюють окремі інтеграційні грані: ТРК – загальне, не специфічне для інформатики знання про педагогічне використання цифрових засобів (фориуми для когнітивної присутності, групова робота онлайн); ТСК – CS-специфічне знання про те, як технології змінюють подання змісту (візуалізація алгоритмів робить абстрактне спостережуваним, онлайн-IDE змінюють цикл зворотного зв'язку). За С. Angeli та N. Valanides [156], ІКТ-ТПЗЗ є унікальним конструктом, що не зводиться до суми компонентів.

Саме цей потрібний перетин відрізняє підготовку вчителя інформатики від підготовки CS-фахівця чи вчителя загальноосвітнього предмета [365], [571]. Дані розділу 2 засвідчують суттєвий дисбаланс: СК-орієнтовані дисципліни (57,7 %) значно переважають РСК-орієнтовані (23,0 %), що створює співвідношення 2,5:1. Це означає, що значна частина програм готує випускників, здатних програмувати, але не здатних навчити програмуванню. Блок інтегрованих знань є коригувальним механізмом цього дисбалансу. Інтеграційні процеси, що охоплюють усі змістові блоки, візуалізує модель тривимірної інтеграції (рис. 3.6).

Блок практичної підготовки реалізує інтеграцію всіх компонентів ТРАСК у реальному освітньому контексті: триступенева прогресія від спостереження за уроками (21,7 % досліджень) через мікрОВикладання (13,3 %) до самостійного викладання (46,0 %) відповідає логіці когнітивного учнівства – спостерігати, практикувати під керівництвом, виконувати самостійно. Часова динаміка свідчить про зростання частки мікрОВикладання (з 10 % до 15 %) – тенденцію до структурованішої, поетапної підготовки.

Регіональні контрасти значні: пострадянські програми акцентують самостійне викладання (65 %), західноєвропейські (лише 27 %) – структуровану підтримку. КН інтегрується у практику: підготовка та рефлексія – онлайн (щоденники у Moodle, відеоаналіз, взаємне оцінювання), безпосереднє викладання – очно у школах, підсумкове рефлексивне обговорення – синхронно онлайн.

Практика є точкою, де всі домени ТРАСК стають видимими та оцінюваними одночасно, забезпечуючи реалізацію всіх чотирьох підцілей [62], – саме тут теоретичні знання перетворюються на цілісну педагогічну дію.

Принцип інтегративності (п. 3.1.2) визначив три виміри інтеграції змісту; змістовий компонент їх конкретизує. *Горизонтальна інтеграція* – координація СК, РК, ТК у межах семестру через спільні проекти та взаємопов'язані завдання. *Вертикальна прогресія* – від СК і РК (1–2 курси) через РСК, ТРК і ТСК (3 курс) до цілісного ТРАСК (4 курс); це градієнт, а не жорстка послідовність. *Контекстуальна інтеграція* – зв'язок теорії з практикою на кожному етапі: від спостереження через мікр викладання до самостійного викладання (рис. 3.6).

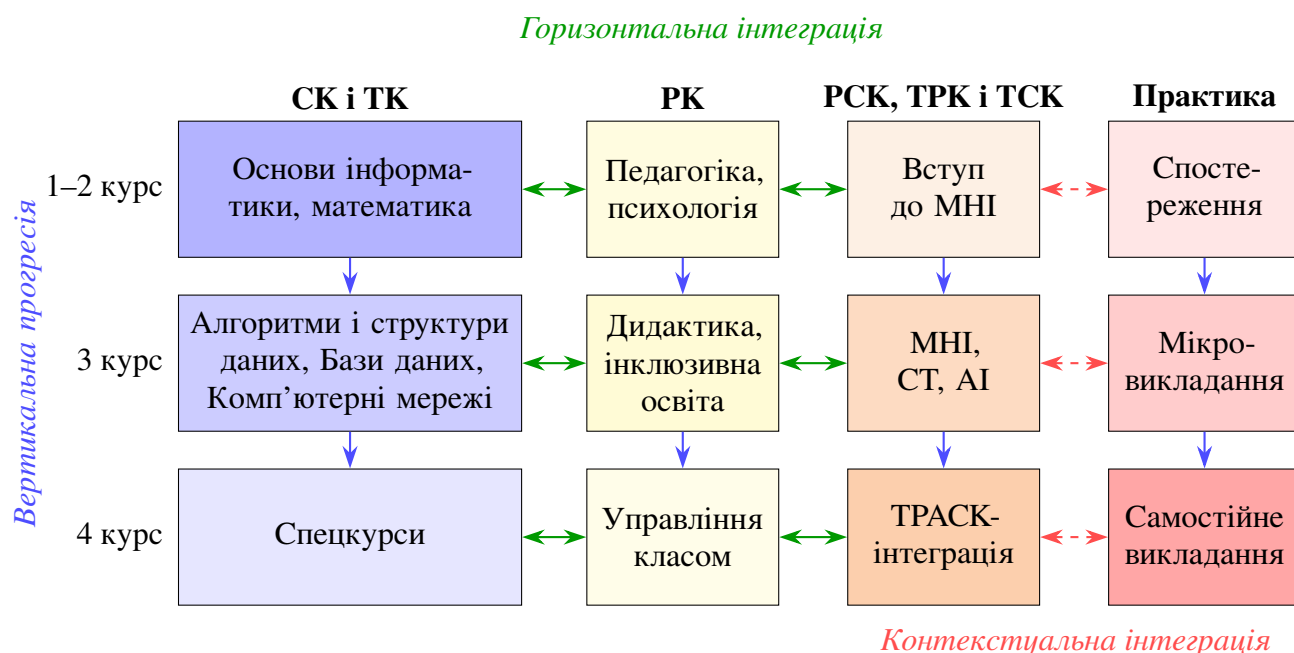


Рис. 3.6 – Тривимірна модель інтеграції змісту підготовки

Аналіз змістових прогалів підтверджує визначені вище три наскрізні нитки як критичні напрями оновлення: наскрізну інтеграцію СТ через СК та РСК [179], потрібну ТРАСК-інтеграцію AI [544] та робототехніку як міст фізичного обчислення [449].

Соціальні навички (п. 3.2.1) не виокремлюються у самостійний блок, а розвиваються *через* змістові блоки: командна робота – у СК-проектах, критичне мислення – у РСК-кейсах, рефлексія – у практичних щоденниках. Регіональна адаптивність є ключовою: контраст пострадянської мовної екосистеми з домінуванням математичного ПЗ (21 %) та північноамериканського лідерства Scratch (табл. 2.30) вимагає гнучкості змістового компонента для обох контекстів.

Отже, змістовий компонент забезпечує охоплення всіх доменів ТРАСК, інтеграцію нових тем (СТ, AI, робототехніка), корекцію дисбалансу СК–РСК та адаптивність до регіональних контекстів. Реалізацію змісту активними методами розкрито у п. 3.2.3, організаційні рамки – у п. 3.2.4, конкретизацію для КДПУ – у п. 4.2.

3.2.3. Технологічний компонент методичної системи

Технологічний компонент визначає, як реалізується зміст п. 3.2.2, і структурується за трьома вимірами – форми навчання (організаційний каркас), методи (педагогічні підходи) та засоби (технічна інфраструктура), – кожен з яких аналізується через відповідний ракурс: модель CoI [288], рамку ICAP [232] та 4-критеріальну рамку добору [592]. Така триєдність реалізує принцип системності (п. 3.1.2).

Форми навчання визначають організаційне структурування освітнього процесу за трьома вимірами: модальність (спосіб взаємодії), групування (кількість учасників) та часовість (розподіл навчального часу). Добір форм обґрунтовується моделлю CoI [286] – здатністю форми підтримувати три присутності – та принципом студентоцентрованості, що вимагає прогресії від пасивного сприймання (Р) до інтерактивної діяльності (І) за рамкою ICAP [232]. Аналіз 300 досліджень розділу 2 ідентифікував 14 форм організації навчання, систематизованих далі (рис. 3.7).

Вимір модальності. Дані розділу 2 виявляють чотири модальності – від виключно очного до виключно онлайн-навчання.

Очне навчання залишається домінуючою модальністю: лекції зафіксовано у 51,3 % досліджень, практичні заняття – у 45,7 %, лабораторні роботи – у 34,3 %, семінари – у 23,7 %. Очний формат забезпечує безпосередню взаємодію та миттєвий зворотний зв'язок; для вчителів інформатики особливо значущі лабораторні роботи, адже налагодження коду, робота з апаратним забезпеченням і мікровикладання потребують фізичної присутності, що робить очну складову незамінною.

Синхронне онлайн-навчання представлене конференціями (2,7 %), вебінарами (1,7 %) та індивідуальними консультаціями (11,7 %). Попри невеликі частки, ця модальність набула стратегічного значення в умовах воєнного часу [511], забезпечуючи безперервність освітнього процесу та соціальну присутність через відеоконференц-платформи.

Асинхронне онлайн-навчання охоплює самотійну роботу (52,3 % – найпо-

ширеніша форма серед усіх 14), онлайн-курси (25,0 %) та тьюторіали (1,7 %). За S. Fabriz, J. Mendzheritskaya та S. Stehle [271], асинхронний формат сприяє розвитку автономії (за SDT), синхронний – задоволенню потреб у належності та компетентності; у термінах CoI синхронний формат активує переважно соціальну та викладацьку присутності, асинхронний – когнітивну, що вимагає їх збалансованого поєднання.

Семінари-практикуми (37,3 %) є типовою формою комбінованого формату. Із чотирьох моделей КН за таксономією Н. Staker та М. В. Horn [538] (ротаційна, гнучка, індивідуального вибору, збагачено-віртуальна) оптимальною для підготовки вчителів інформатики є *ротаційна модель із перевернутим класом*: програмування є діяльнісною практикою, «навчання через дію», що потребує аудиторного часу, а теорія ефективно засвоюється асинхронно. На рівні освітньої програми це відповідає програмному рівню комбінування за С. R. Graham [301]; трансформативний потенціал КН полягає саме у продуманому поєднанні синхронного дискурсу з асинхронною рефлексією [287].

Вимір групування. За кількістю учасників форми розподіляються на чотири типи, кожен із яких активує різні присутності CoI. Індивідуальні форми – самотійна робота та індивідуальні консультації – переважно активують когнітивну присутність (самотійне конструювання знань через дослідження та рефлексію). Парною формою, специфічною для інформатики, є парне програмування (2,3 %), що поєднує соціальну та когнітивну присутності, реалізуючи найвищий, інтерактивний рівень за ICAR. Малогрупові форми – групова робота (34,7 %), семінари-практикуми та лабораторні роботи – є основним середовищем соціальної присутності: саме у малих групах формуються навички комунікації, командної роботи та взаємного навчання. Нарешті, великогрупові форми – лекції та семінари – забезпечують переважно викладацьку присутність: викладач структурує зміст, спрямовує дискусію та задає когнітивну рамку. За ICAR лекції відповідають пасивному рівню, індивідуальна лабораторна робота – активному, а груповий проект – конструктивно-інтерактивному. Дані розділу 2 фіксують п'ятикратне зменшення частки лекцій (докладно у п. 3.2.3), що емпірично підтверджує принцип ICAR: інтерактивна діяльність є ефективнішою за конструктивну, конструктивна – за активну, а активна – за пасивну; лекції лишаються поширенішими у пострадянському контексті (24 %) порівняно з північноамериканським (11 %).

Вимір часовості. За розподілом навчального часу форми класифікуються

на три типи. Інтенсивні форми – семінари-практикуми та майстер-класи (1,3 %) – передбачають концентроване занурення у тему протягом обмеженого часу. Розподілені форми, насамперед онлайн-курси, забезпечують тривале систематичне навчання через повторюваний контакт із матеріалом. Часово-обмежена практика – мікровикладання та перевернутий клас (2,7 %) – перерозподіляє навчальний час: асинхронна фаза відводиться на контент пасивного рівня, синхронна – на діяльність конструктивного та інтерактивного рівнів. За D. R. Garrison та N. D. Vaughan [288], розвиток соціальної присутності потребує тривалої, неперервної взаємодії, що обґрунтовує розподілений, а не епізодичний характер онлайн-складової у КН.

	Викладацька присутність	Соціальна присутність	Когнітивна присутність	ICAP
Очне	Лекції 51,3 % Семінари 23,7 %	Групова робота 34,7 % Лаб. роботи 34,3 %	Практичні заняття 45,7 %	A–I
Синхронне онлайн	Вебінари 1,7 %	Конференції 2,7 %	Консультації 11,7 %	A–C
Асинхронне онлайн	Онлайн-курси 25,0 %	Форуми	Самостійна робота 52,3 %	P–C
Комбіноване	Майстер-класи 1,3 %	Семінари-практикуми 37,3 %	Педагогічна практика 1,0 %	C–I

■ Викладацька присутність ■ Соціальна присутність ■ Когнітивна присутність

Рис. 3.7 – Матриця добору форм навчання: модальності за присутностями СоІ з ICAP-рівнями

Аналіз даних розділу 2 через ракурс СоІ та ICAP виявляє кілька структурних прогалин і суперечностей, що обґрунтовують проєктні рішення системи. Передусім це суперечність лекційного домінування: лекції є другою за поширеністю формою, однак за ICAP відповідають лише пасивному рівню, тому система переносить лекційний контент в асинхронний формат (відеолекції), вивільняючи аудиторний час для конструктивної та інтерактивної діяльності [232]. Помітною є й неструктурованість самостійної роботи: найпоширеніша форма часто залишається без належного супроводу, тоді як СоІ вимагає викладацької присутності – чітких інструкцій, дедлайнів, зворотного зв'язку; структуроване онлайн-навчання натомість

лишається в меншості, що свідчить про потенціал ширшої інтеграції. Водночас лабораторні роботи постають незамінною формою, що й обґрунтовує ротаційну модель. Нарешті, вебінари залишаються недовикористаними, хоча мають потенціал для проведення лекцій запрошених експертів з інших закладів.

Отже, форми навчання утворюють організаційний каркас за трьома вимірами (модальність, групування, часовість), теоретично обґрунтований рамками СоІ та ІСАР; він наповнюється методами навчання (далі) та реалізується відповідними засобами; конкретизацію для КДПУ подано у п. 4.2.

Якщо форми навчання (п. 3.2.3) визначають *де, коли і з ким* відбувається навчальна діяльність, а засоби (п. 3.2.3) – *чим* вона технічно забезпечується, то **методи навчання** визначають *що* студент робить когнітивно. Рамка ІСАР [232] (п. 3.1.2) далі застосовується як класифікаційний інструмент для 25 методів, ідентифікованих у 300 дослідженнях розділу 2: ієрархія ІСАР передбачає, що кожен наступний рівень когнітивної залученості забезпечує вищі результати, що підтверджують метааналізи – активне навчання (рівні активний-конструктивний-інтерактивний) знижує частку невстигаючих у 1,5 раза порівняно з лекціями [279], а комбіновані методи мають перевагу над одномодальними [394]. Кожен метод класифіковано за найвищим рівнем ІСАР, який він типово активує.

На пасивному рівні, де студент отримує інформацію без її трансформації, знаходяться лекції та демонстрація. Ці два методи становлять найменшу групу, що відображає тенденцію відходу від пасивних стратегій; водночас лекція як *форма* і лекція як *метод* не тотожні: другу фіксує значно менша підмножина досліджень.

Активний рівень у чистому вигляді не представлений жодним методом огляду: до граничних випадків належать гейміфікація (6,7 %) та ігрове навчання (2,0 %), які коливаються між активним та конструктивним рівнями залежно від дизайну: заохочення за виконання завдань залишається на активному рівні, тоді як створення ігрових сценаріїв переходить до конструктивного.

Конструктивний рівень, на якому студент генерує продукт, що виходить за межі наданої інформації, охоплює PBL (59,0 %), проєктне навчання (47,3 %), інквайрі-навчання (23,3 %), науково-дослідницьке навчання (21,3 %), кейс-метод (12,7 %), рефлексивну практику (6,3 %), мозковий штурм (3,3 %), конструктивізм (3,0 %), симуляційне навчання (3,0 %) [374] та перевернутий клас (2,7 %). Це найчисленніша за різноманітністю група – десять методів. Методи ранжовано за рівнем ІСАР з урахуванням систематичного аналізу A. Zendler та D. Klauadt [593]

для 20 методів навчання інформатики.

Інтерактивний рівень, що передбачає співтворчий діалог і спільне конструювання знань, об'єднує колаборативне навчання (61,3 %), взаємне навчання (6,0 %), дискусію (4,3 %), менторство та тьюторство (4,0 %), парне програмування (2,3 %) і СоР (2,0 %). Хоча цей рівень налічує лише шість методів, саме він домінує за частотою завдяки найпоширенішому серед усіх 25 методів колаборативному навчанню.

Окремо стоять режими доставки (електронне 9,7 %, дистанційне 2,7 %, модульне 2,0 %) та мета-методи (КН 19,3 %, компетентнісне навчання 3,7 %): вони перетинають усі рівні ІСАР залежно від дизайну, а не задають окремий рівень когнітивної залученості.

У підсумку (рис. 3.8) конструктивний рівень домінує за різноманітністю методів, тоді як інтерактивний – за частотою використання, насамперед завдяки поширеності колаборативного навчання.



Рис. 3.8 – Класифікація методів навчання за рівнями ІСАР із частотами та часовими трендами (дані розділу 2, $n = 300$)

Динаміку методів за трьома хронологічними зрізами (≤ 2008 , $n = 52$; 2009–2016, $n = 88$; 2017–2024, $n = 160$) та в розрізі регіональних кластерів докладно

проаналізовано в розділі 2 (табл. 2.24, рис. 2.7). Обидва зрізи узгоджено засвідчують рух угору за ієрархією ICAR: пасивний рівень згасає, конструктивний диференціюється, а інтерактивний (насамперед колаборативне та інквайрі-навчання) зростає; регіональні відмінності зводяться до балансу С- та І-домінантних традицій. Для проектування методичної системи це означає орієнтацію не на пасивні стратегії, а на конструктивно-інтерактивне ядро, здатне інтегрувати обидві традиції.

Ключовий висновок: регіональні ICAR-профілі відображають освітні традиції та здебільшого різну доступність цифрових інструментів; система інтегрує конструктивно-домінантний (пострадянський) та інтерактивно-домінантний (північноамериканський) підходи, долаючи регіональну однобічність.

Методи навчання утворюють кластери, а не застосовуються ізольовано. Центральну тріаду поєднань становлять колаборативне навчання з PBL (134 дослідження), колаборативне з проєктним (113) та PBL з проєктним (107) – це конструктивно-інтерактивне ядро методичної системи, зафіксоване у понад 100 дослідженнях. *Інтерактивний кластер*: колаборативне+інквайрі (61) – інтерактивне розширення. *Конструктивний кластер*: PBL+науково-дослідницьке (57) – конструктивне поглиблення. *Ізольованість лекцій*: лекції рідко поєднуються з активними методами (26 з колаборативним, 34 з PBL) – пасивний рівень залишається осторонь, що підтверджує парадигмальне розмежування. *Проектний висновок*: система має орієнтуватися не на ізольовані методи, а на їх цілеспрямовані поєднання – базову тріаду (колаборативне + PBL + проєктне), доповнену інквайрі-навчанням для досягнення інтерактивного рівня, що суголосне з конструктивним узгодженням [191], [219].

Аналіз виявляє п'ять структурних прогалин та суперечностей, що обґрунтовують проєктні рішення системи.

Перша суперечність – пасивного домінування: попри належність до пасивного рівня, лекції як метод зберігаються у 17,3 % досліджень; система прискорює цей перехід, переміщуючи лекційний контент в асинхронний відеоформат (пор. п. 3.2.3).

Рефлексивна прогалина: рефлексивну практику фіксують лише 6,3 % досліджень, хоча вона критична для професійного розвитку вчителя та саморегуляції [597]; система цілеспрямовано забезпечує поетапну підтримку рефлексії через портфоліо та рефлексивні щоденники.

Ще одна *суперечність стосується парного програмування*: це єдиний

предметно-специфічний метод інтерактивного рівня, що поєднує спільну діяльність із формуванням навичок кодування [478], тому система позиціонує його як обов'язковий для дисциплін циклу програмування.

Гейміфікаційний дефіцит: гейміфікація разом з ігровим навчанням дають сукупно менш ніж 9 %, попри зростаючу значущість у навчанні інформатики [2]; система використовує гейміфікацію як місток від активного до конструктивного рівня у проєктних завданнях.

Розрив перевернутого класу: лише 2,7 %, хоча цей метод найбільш узгоджений із дизайном КН (Р-контент – асинхронно, С/І-діяльність – в аудиторії) [225], [248]; система приймає перевернутий клас як базовий інтегровальний метод.

Синтез даних розділу 2 з позицій ICAP визначає п'ять проєктних рішень: (1) центральна тріада (колаборативне + PBL + проєктне навчання) як емпірично валідоване конструктивно-інтерактивне ядро; (2) інквайрі-навчання як первинний метод інтерактивного розширення на зміну згасаючому науково-дослідницькому; (3) перевернутий клас як базовий метод інтеграції форм (п. 3.2.3) із методами; (4) парне програмування та гейміфікація як предметно-специфічні містки між загальною педагогікою та практикою інформатики; (5) ICAP-прогресія у навчальному плані – від пасивного й активного рівнів на 1-му курсі через конструктивний на 2–3-му до інтерактивного на 3–4-му курсах, узгоджено із таксономією Блума [155] та конструктивним узгодженням [191], [232]. Конкретизацію засобів подано далі (п. 3.2.3), алгоритми оцінювання – у п. 3.2.5, впровадження у КДПУ – у п. 4.2.

Засоби навчання визначають, *чим* реалізується діяльність, окреслена формами (п. 3.2.3) та методами (п. 3.2.3). Рамка ТРАСК [417] (п. 3.1.2) далі застосовується як класифікаційний інструмент для 30 категорій засобів, відібраних за частотою та ТРАСК-роллю серед ідентифікованих у 300 дослідженнях розділу 2 (загалом 1623 згадування засобів, зведені до 1054 категорій); 4-критеріальна рамка добору [592] (п. 3.1.2) задає критерії обґрунтованого *добору*. Принципова відмінність підготовки вчителів інформатики полягає у ТРАСК-подвійності засобів першого шару: середовище програмування є одночасно СК (*Scratch як предмет*) і ТК (*Scratch як майбутній інструмент викладання*) – ця подвійність, виокремлена R. Vivian та K. Falkner [571], відсутня в інших предметних дидактиках і робить добір засобів фундаментально іншою проблемою. Інтегрований розвиток ТРАСК є найефективнішою стратегією [544]; ІКТ-ТРАСК як окрема конструкція [156] підтверджує необхідність предметно-специфічної технологічної підготовки.

Авторська 4-шарова функціональна таксономія класифікує 30 засобів за їхньою ТРАСК-роллю (рис. 3.9).

СК і ТК: подвійна ТРАСК-роль

Шар 1	1	Scratch 14,7 %	Logo 5,0 %	Code.org 4,7 %	App Inv 2,7 %	Alice 2,0 %	↑↑ 2→20%	
	2	Python 10,7 %	Pascal 7,3 %	Java 5,7 %	C/C++ 5,7 %	HTML 4,7 %	JS 3,3 %	Pascal ↓ 19→3%
	3	Arduino 5,7 %	Raspberry Pi 4,0 %	LEGO 4,0 %	Робототех- ніка 2,3 %	Micro:bit 1,3 %		
	4	CS Unplugged 3,3 %						
Шар 2		Moodle 11,7 %	Засоби комунікації 10,3 %	Онлайн- платформи 10,7 %	Google Classroom 1,3 %	Moodle ↑↑ ×7		
Шар 3		Офісне ПЗ 11,0 %	Математичне ПЗ 7,3 %	Електронні підручники 3,3 %	Статистичне ПЗ 2,7 %	Бази даних 2,0 %	Мережеві засоби 1,0 %	Adobe Photoshop 1,0 %
Шар 4		Офісне ↓ 15→10%						
		Інтерактивні дошки 3,0 %	Інтернет 2,7 %					

Від загальних до CS-специфічних

Офісне ↓ 15→10%

■ Шар 1 (СК і ТК) ■ Шар 2 (ТРК) ■ Шар 3 (ТСК) ■ Шар 4 (РК)

Підрівні Шару 1: 1 – візуальні, 2 – текстові, 3 – фізичні, 4 – безмашинні

Від загальних до CS-специфічних

Рис. 3.9 – ТРАСК-таксономія засобів навчання (дані розділу 2; 30 категорій, відібраних за частотою та ТРАСК-роллю ($n \geq 3$), із 1623 згадувань)

Перший шар утворюють середовища програмування (СК і ТК: засіб, що є змістом) із чотирма підкатегоріями подвійної ТРАСК-ролі. Візуальні (блочні) середовища – Scratch (14,7 % – найчастіше згадуваний засіб в огляді), Logo (5,0 %), Code.org (4,7 %), App Inventor (2,7 %) та Alice (2,0 %) – втілюють конструкціоністську парадигму [449], знижуючи синтаксичний бар'єр входу. Текстові мови представлені Python (10,7 %), Pascal/Delphi (7,3 %), Java (5,7 %), C/C++ (5,7 %), HTML/CSS (4,7 %) та JavaScript (3,3 %), причому лідерство Python відображає глобальний зсув до скриптових мов, тоді як стійка частка Pascal/Delphi зумовлена історичною інерцією, що не тотожна педагогічній оптимальності. Засоби фізичних обчислень – Arduino (5,7 %), Raspberry Pi (4,0 %), LEGO Mindstorms (4,0 %),

Educational Robots (2,3 %) та Micro:bit (1,3 %) – поєднують абстрактний зміст інформатики з матеріальним досвідом, тоді як безмашинний підхід CS Unplugged (3,3 %) втілює СК/РК без залучення ТК: зміст інформатики можна опанувати й без цифрових засобів.

Другий шар – засоби управління навчанням (ТРК: засоби організації педагогічного процесу) – охоплює Moodle (11,7 %), Google Classroom (1,3 %), засоби комунікації (10,3 %) та онлайн-платформи (10,7 %); Moodle як відкрита платформа з вбудованою LA є домінантним ТРК-засобом [73], [502] (деталі – у п. 3.2.4).

Третій шар – продуктивність і предметні засоби (ТСК: технологічно-опосередкований зміст) – становлять офісне ПЗ (11,0 %), математичне ПЗ (7,3 %), електронні підручники (3,3 %), статистичне ПЗ (2,7 %), бази даних (2,0 %), мережеві засоби (1,0 %) та Adobe Photoshop (1,0 %); вони підтримують суміжні дисципліни за принципом технологічно-опосередкованого проєктування [376].

Четвертий шар – аудиторна інфраструктура (РК: загальнопедагогічні засоби) – представлений інтерактивними дошками (3,0 %) та Інтернетом (2,7 %); низька частка згадувань тут радше відображає сприйняття цих засобів як усталену норму, ніж їхню відсутність.

Загалом домінує Шар 1: він охоплює 17 із 30 засобів таксономії та понад половину їх сукупних згадувань, тож теза «засіб є змістом» становить структурний факт підготовки вчителів інформатики.

Часовий аналіз за трьома періодами (як у п. 3.2.3) виявляє три парадигмальні зрушення.

Зрушення 1 – від текстового до візуального (трансформація СК): Scratch зростає від 2 % до 20 % досліджень періоду (десятикратне зростання); Python – від 2 % до 12 % (6-кратне зростання з подальшим плато); натомість Pascal/Delphi знижується від 19 % до 3 %. Конвеєр від Scratch до Python [576], [595], підтверджений мета-аналізом [581], є первинною СК-трансформацією поля; J.-М. Sáez-López, М. Román-González та E. Vázquez-Cano [477] демонструють ефективність блочного програмування як точки входу.

Зрушення 2 – від ізольованих засобів до інтегрованих платформ (виникнення ТРК): частка Moodle за трьома періодами становила 2 %, 14 % та 14 % (7-кратне зростання), а онлайн-платформ – 0 %, 8 % та 16 %. Ця тенденція є технологічним відображенням зростання КН, зафіксованого у п. 3.2.3; В. Rienties, J. Domingue, С. Herodotou та R. Vuorikari [469] підтверджують роль LA в LMS у покращенні

результатів.

Зрушення 3 – від загальних до CS-специфічних (диференціація ТСК): офісне ПЗ знижується від 15 % до 10 %; фізичні обчислення – майже виключно явище після 2009 (одне згадування до 2009 р.). Поле розвивається від загальних засобів (Шари 3–4) до предметно-специфічних (Шар 1) та педагогічно-специфічних (Шар 2). Ці три зрушення відображають визрівання ТРАСК: ранні програми використовували загальні засоби, сучасні – предметно-специфічні із подвійною СК/ТК-роллю.

Регіональний аналіз (4 регіони) виявляє контрастні ТРАСК-профілі добору засобів.

Ключовий висновок: регіональні профілі засобів дзеркально відображають регіональні профілі методів із п. 3.2.3 – пострадянський традиційно-інструментальний (успадковані мови + лекційний) та північноамериканський педагогічно-орієнтований (Scratch + колаборативний). Система інтегрує обидві сильні сторони – глибину СК пострадянської традиції та педагогічну інноваційність північноамериканського підходу.

Подвійна ТРАСК-роль засобів Шару 1 є ключовою авторською тезою цього підрозділу: для вчителя математики GeoGebra є ТК (засіб навчання), але не СК (не предмет вивчення), тоді як для вчителя інформатики Scratch є одночасно СК, ТК та ТСК – кожен засіб Шару 1 займає щонайменше три вершини ТРАСК-гексагону, а домінування Шару 1 (див. вище) відображає структурний збіг СК і ТК. Наслідок для проектування: 4-критеріальна рамка добору [592] має бути доповнена «критерієм подвійності» з пріоритизацією засобів, що виконують подвійну ТРАСК-роль. Ця подвійність не охоплена оригінальною рамкою ТРАСК [365], розробленою для загальної педагогічної освіти, і є специфічною для підготовки вчителів інформатики [156], [571].

Аналіз через ТРАСК-ракурс виявляє п'ять прогалін.

Помітною є й інерція успадкованої мовної екосистеми: у пострадянському регіоні Pascal/Delphi більш ніж утричі випереджають Scratch, а їхня частка у глобальному корпусі (7,3 %) перевищує частки C/C++ та Java (по 5,7 %) – попри сучасні докази на користь конвеєра від блочного до текстового програмування [581]. Тому система вибудовує вхід у програмування за конвеєром від блочних до скриптових середовищ, переводячи C/C++ у статус засобу просунутого рівня, а не точки входу.

AI-прогалина: засоби AI повністю відсутні серед 30 ідентифікованих. Система

включає генеративний AI як засіб Шару 1, що формується.

Дефіцит фізичних обчислень: Arduino, Raspberry Pi, LEGO, Micro:bit та освітні роботи сукупно охоплюють лише 39 із 300 досліджень (13,0 %); система просуває їх як ТСК-інтеграторів, що поєднують абстрактний СК і матеріальний досвід [449].

Інклюзивна прогалина: жодних засобів доступності у таблиці попри акцент на інклюзії [210]. Система розв'язує це через принципи UDL [228].

LMS-монополія: Moodle 11,7 % та Google Classroom 1,3 %. Система обирає Moodle як первинний засіб (відкритий код, аналітика) та Google Workspace для синхронної співпраці [73], [115].

Синтез даних розділу 2 з позицій ТРАСК визначає п'ять проєктних рішень щодо засобів: (1) 4-шарова таксономія як структурний принцип (Шар 1 – СК/ТК-ядро, Шар 2 – ТРК-інфраструктура, Шари 3–4 – допоміжні); (2) конвеєр СК-прогресії – від засобів із низьким синтаксичним бар'єром входу (блочні середовища, Python) до текстових і системних мов (C/C++, C#) на просунутому рівні; конкретну послідовність мов визначає контекст програми (реалізацію КДПУ з Python як першою мовою подано в п. 4.2); (3) Moodle як ТРК-стрижень для диференційованого навчання [502], LA та оцінювання, Google Workspace – для синхронної співпраці; (4) фізичні обчислення як обов'язковий ТСК-інтегратор, що поєднує абстрактний СК і матеріальний РК через конструкціонізм [449]; (5) ТРАСК-прогресія у навчальному плані – від одноосьових засобів (лише СК, 1–2 курс) через двоосьові (СК і ТК, 2–3 курс) до повної ТРАСК-інтеграції (4 курс, практика), що дзеркалить ІСАР-прогресію (п. 3.2.3) та узгоджується з конструктивним узгодженням [191] і ЦК [467]. Конкретизацію засобів для дисциплін подано у п. 4.2, ефективність оцінювання – у п. 3.2.5.

3.2.4. Організаційний компонент методичної системи

Організаційний компонент визначає, як інституційно забезпечується функціонування форм (п. 3.2.3), методів (п. 3.2.3) і засобів (п. 3.2.3): якщо п. 3.2.3 зосереджений на мікрорівні організації навчальної діяльності, то організаційний компонент охоплює мезо- та макрорівень – інституційне управління і забезпечення освітнього процесу. Ця дворівнева архітектура узгоджується з D. R. Garrison та T. Anderson [286], які розрізняють викладацьку присутність як мікрорівневу

організацію навчального дискурсу та інституційну інфраструктуру як умову її функціонування; D. R. Garrison та N. D. Vaughan [288] деталізують цю інфраструктуру для КН.

Класифікаційним інструментом обрано модель SSS Грема [301] (п. 3.1): *Стратегія* (інституційне бачення, освітні траєкторії, просування КН), *Структура* (стандарти, акредитація, графіки, нормативна відповідність), *Підтримка* (навчання викладачів, супровід практики, саморегуляція). Тріада конкретизує виміри інституційної зрілості КН [301], [386] і доповнюється чотирма проєктними викликами Boelens та ін. [206]: гнучкість, взаємодія, фасилітація навчального процесу, емоційний клімат. Конструктивне узгодження [191] лишається наскрізним принципом узгодженості організаційних рішень – ILOs (п. 3.2.1), TLAs (п. 3.2.2–3.2.3) та ATs (п. 3.2.5). Межі компоненту: сюди не належить педагогічний зміст (п. 3.2.3), критерії та рівні оцінювання (п. 3.2.5), КДПУ-специфічна реалізація (п. 4.2).

Емпіричну базу становлять дані розділу 2: ДЗ2 (рівні освіти, акредитація, стандарти, дуальна освіта, $n = 300$) як первинне організаційне джерело та ДЗ4 (типи практики, оцінювання, м'які навички). За P. Hubwieser та ін. [327], поєднання фахової та педагогічної підготовки ставить перед організаційним компонентом подвійну задачу: нормативна відповідність та адаптивна гнучкість.

Дані розділу 2 систематизовано за вимірами моделі SSS (рис. 3.10) – авторське узагальнення цього підрозділу.

Стратегічний вимір SSS відображає інституційне бачення. За рівнями освіти ($n = 300$): бакалаврат – 18,3 %, магістратура – 4,3 %, поєднання бакалаврату й магістратури – 12,3 %, підвищення кваліфікації – 1,3 %, альтернативні шляхи – 40,7 %, а ще 23,0 % досліджень рівня не визначають. Домінування альтернативних шляхів свідчить про стратегічну диверсифікацію: КН впроваджується через різноманітні формати (підвищення кваліфікації, сертифікати, альтернативна сертифікація), а не лише через традиційні ступені [281]. Показово, що лише 9 із 300 досліджень повідомляють обсяг у кредитах ЄКТС, і ця непрозорість унеможливорює порівняння програм. Загалом такий стан відповідає переходу від фази 1 до фази 2 за C. R. Graham [301]: КН досліджується на рівні окремих курсів без формалізованої інституційної стратегії.

Структурний вимір SSS охоплює управлінську рамку. Серед стандартів ($n = 300$) переважають державні (47,7 %), тоді як 41,7 % досліджень стандартів не визначають, інші становлять 10,3 %, галузеві – 6,0 %, міжнародні – 3,3 %, а

інституційні – 2,3 %. Явну акредитацію програм фіксують лише 4,7 % досліджень, а дуальну освіту реалізують 12,3 % (за 76,3 % невизначених). Саме структурний вимір виявляється найменш задокументованим; ця «суперечність структурної непрозорості» означає, що дослідники фіксують, *що* робиться, але не *на якій нормативній підставі* [272], [520].

Вимір підтримки SSS стосується технічної та педагогічної допомоги. Структурами підтримки слугують типи практики – поряд із триступеневою прогресією (п. 3.2.2) це безперервна практика (10,7 %), стажування (7,0 %) та асистентське викладання (3,3 %). Функцію організаційного контролю виконує оцінювання (тести, практичний показ, проекти – п. 3.2.1), а індикатором екосистеми підтримки є м'які навички (п. 3.2.1). Три SSS-виміри задокументовано нерівномірно, причому найменш повно – структуру, що утворює «прогалину управлінської документації».

Часовий аналіз за трьома періодами (як у п. 3.2.3) через SSS-ракурс виявляє три зрушення.

У стратегічному вимірі частка альтернативних шляхів становила 58 %, 33 % та 39 % – початкове домінування знижується і стабілізується, тоді як ступеневі програми зростають до плато. Частка КН послідовно зростала (п. 3.2.3), що відповідає переходові від фази 1 до фази 2 на рівні поля [301].

У структурному вимірі курсові роботи як інструмент жорсткого контролю втрачають вагу (33 %, 26 % та 9 %) – зміщення від нормативного контролю до гнучких механізмів; державні стандарти лишаються стабільно домінантними в пострадянських країнах.

У вимірі підтримки мікровикладання зростає (10 %, 12 % та 15 %), взаємонавчання посилюється (13 %, 17 % та 29 %) – механізми підтримки визрівають; самостійне викладання дещо знижується (52 %, 52 % та 41 %) – посилення підтримки перед виходом на самостійну практику; практичний показ зменшується (60 %, 44 % та 30 %) – зміщення від підсумкового до формувального оцінювання; рефлексивна практика стабільно зростає (42 %, 43 % та 46 %) – індикатор зрілості механізмів саморегуляції [158], [597].

Загальна інтерпретація: дані огляду дають підстави припускати перехід від домінування Структури до домінування Підтримки (рух від фази 2 до фази 3 за Гремом) – від стандартів і формального контролю до підтримки та співпраці.

Регіональні SSS-профілі ($n = 300$) виявляють суперечність управління, не описану в літературі з КН для підготовки вчителів інформатики.

Суперечність управління полягає в тому, що *Структура та Підтримка утворюють контрастні (дзеркальні) профілі у двох найбільших регіональних моделях*: найсильніша Структура поєднується з найслабшою Підтримкою у пострадянському регіоні, а в Північній Америці – навпаки. Модель SSS [301] вимагає обох вимірів для досягнення Фази 3 зрілості – система має подолати цю суперечність.



Рис. 3.10 – SSS-класифікація організаційних даних систематичного огляду: суперечність управління (дані розділу 2)

Суперечність управління вирішується авторською моделлю *двоколійного управління*, що одночасно проектує обидві колії.

Колія 1 – нормативна (колія Структури): відповідність державним стандартам, формальні ступеневі структури (бакалавр/магістр), акредитаційні вимоги. Ця колія є критичною для українського контексту з домінуванням державних стандартів. До затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю нормативну функцію цієї колії виконують Національна рамка кваліфікацій, ОПП та ліцензійні й акредитаційні вимоги. Нормативна колія встановлює *базис* – мінімальні компетенції, портативність кваліфікацій, забезпечення якості; механізми контролю – тести,

практичний показ, курсові роботи.

Колія 2 – адаптивна (колія Підтримки): гнучкі шляхи, мікрОВикладання як механізм підтримки, спільноти взаємонавчання, механізми підтримки саморегуляції [158], [597]. Адаптивна колія розширює верхню межу – інноваційна практика, професійне зростання, гнучкість; її базовим механізмом є проєктне оцінювання.

Moodle як організаційний стрижень обох колій [421], [537], [564]: колія 1 – структуровані шаблони курсів, узгоджені зі стандартами, автоматизований моніторинг відповідності; колія 2 – адаптивні освітні траєкторії, панелі LA, простори для взаємодії. Google Workspace забезпечує синхронну комунікацію. Це узгоджується з чотирма проєктними викликами Voelens та ін. [206], [443] – усі вони є викликами колії Підтримки, що потребують інфраструктури колії Структури.

Перехресні зв'язки: двоколійна модель доповнює ICAP-прогресію (п. 3.2.3) – колія Підтримки створює інституційні умови переходу від пасивної до інтерактивної діяльності; ТРАСК-таксономію (п. 3.2.3) – ТРК-стрижень Moodle тут функціонує на організаційному рівні; СоІ-баланс (п. 3.2.3) – викладацька присутність як мікрорівневий механізм потребує макрорівневої SSS-інфраструктури.

SSS-ракурс виявляє п'ять організаційних прогалин.

Непрозорість акредитації: лише 4,7 % досліджень фіксують акредитацію – найкритичніша організаційна прогалина. Система робить акредитаційні критерії явними та простежуваними через ILOs.

ЄКТС-непрозорість (лише 9/300, див. вище): без стандартизованих показників навантаження організаційне планування неможливе; система приймає ЄКТС як організаційну одиницю.

Дефіцит дуальної освіти (див. вище): за домінування самотійного викладання структуровані партнерства школа–університет є організаційною необхідністю; система проєктує обов'язковий дуальний компонент.

Прогалина підтримки практики: пострадянські програми різко переходять від спостереження (24 %) безпосередньо до самотійного викладання з мінімальним мікрОВикладанням; цей розрив є організаційно ризикованим [467]. Система додає обов'язкове мікрОВикладання як проміжний етап.

Відсутність розвитку викладачів: жодне з 300 досліджень не фіксує організаційних механізмів навчання викладачів для КН, хоча SSS-Підтримка за Гремом [301] явно цього вимагає; система включає розвиток ЦК викладачів за DigCompEdu [467] та принципами UDL [177], [228], [405] як організаційну вимогу.

Синтез даних розділу 2 з позицій SSS визначає п'ять проєктних рішень щодо організаційного компоненту: (1) SSS як організаційна рамка (Стратегія – освітні траєкторії, Структура – нормативна відповідність, Підтримка – розвиток із підтримкою) [301]; (2) двоколієне управління – нормативна Колія 1 (відповідність українським державним стандартам) та адаптивна Колія 2 (мікрОВикладання, спільноти взаємонавчання, підтримка саморегуляції з міжнародної практики); (3) Moodle як організаційний стрижень обох колій із Google Workspace для синхронної комунікації, що узгоджується з ТРК-стрижнем із п. 3.2.3 [73], [502], але на організаційному рівні; (4) триступенева прогресія практики – спостереження (семестри 5–6), мікрОВикладання (семестри 6–7), самостійне викладання (семестри 7–8), – що усуває прогалину підтримки практики та узгоджується з ICAP-прогресією (п. 3.2.3) і конструктивним узгодженням [191]; (5) SSS-прогресія зрілості: 1-й рік – Фаза 1 (пілотування), 2-й рік – Фаза 2 (структурна формалізація), від 3-го року – Фаза 3 (зріла екосистема підтримки), що пов'язується з циклічною моделлю проєктування (п. 3.1.3). Конкретизацію подано у п. 4.2, інтеграцію з оцінюванням – у п. 3.2.5.

3.2.5. Діагностично-результативний компонент методичної системи

Якщо цільовий (п. 3.2.1), змістовий (п. 3.2.2), технологічний (п. 3.2.3) та організаційний (п. 3.2.4) компоненти визначають, куди рухається система і як вона працює, то діагностично-результативний визначає, *чи досягнуто цілей і що коригувати далі*. Це третя вершина конструктивного узгодження [191] (взаємна узгодженість ILOs, TLAs та ATs): без діагностики система функціонує «наосліп».

Теоретичну рамку формують чотири взаємодоповнювальні підходи. Зворотне проєктування [578] вимагає проєктувати оцінювання *до* визначення TLAs (спочатку критерії успіху, потім шляхи їх досягнення). Формувальне оцінювання [195] – «збір свідчень про досягнення студента для прийняття рішень про наступні кроки», тобто керування навчанням, а не лише вимірювання. Модель зворотного зв'язку [313] виокремлює чотири його рівні (завдання, процес, саморегуляція, «Я») з різною ефективністю та інструментами. Чотирирівнева модель оцінювання програм [357] (від реакції через навчання і поведінку до результатів) адаптована для оцінювання не лише індивідуальних досягнень, а й ефективності програми в цілому. Разом ці підходи визначають, *що* оцінювати, *як* збирати свідчення, *як* повертати інформацію студенту і *як* оцінювати систему загалом.

Компонент виконує три функції оцінювання: *діагностичну* (вхідне – стартовий рівень), *формувальну* (процесне – збір свідчень для коригування) та *підсумкову* (рубіжне – фіксація досягнень). Перехресні зв'язки: критерії реалізують підцілі цільового компоненту (п. 3.2.1), інструменти – засоби технологічного (п. 3.2.3, Moodle як ТРК-стрижень), часові рамки задає організаційний (п. 3.2.4, двоколієне управління).

Систематичний огляд виявляє *неузгодженість оцінювання та педагогіки* – авторське узагальнення цього підрозділу: сучасна педагогіка впроваджує колаборативні та конструктивістські методи (центральна тріада, п. 3.2.3), тоді як оцінювання лишається переважно традиційним (тестування, практичний показ, проєктне оцінювання, п. 3.2.1), а сучасні його форми представлені критично недостатньо.

Кількісно це *52-пунктне узгодження*: колаборативні методи присутні у 61,3 % досліджень, а взаємне оцінювання – лише у 9,0 % (різниця 52,3 п.п.). Студенти навчаються разом, але оцінюються індивідуально; працюють над проєктами, але складають тести. Розрив суперечить конструктивному узгодженню [191] і знижує валідність оцінювання [475]. Часова динаміка (розділ 2) підтверджує інертність: оцінювання відстає від педагогіки приблизно на одну парадигму – педагогіка перейшла до конструктивізму, оцінювання лишається біхевіористським. Для українського контексту це означає необхідність інтегрувати формувальний шар у домінантну структурно-підсумкову модель (регіональні моделі оцінювання розглянуто далі в цьому підрозділі).

Оцінювання здійснюється за чотирма критеріями, кожен з яких теоретично обґрунтований, емпірично верифікований даними розділу 2 та інструментально забезпечений у Moodle.

1. *Когнітивний критерій* реалізує знаннєву складову ТРАСК (СК/РК-домени) [417] через переглянуту таксономію Блума [155]. Рівні «запам'ятовування»–«розуміння» відповідають репродуктивному засвоєнню теоретичних знань, рівні «аналіз»–«створення» – глибокому розумінню взаємозв'язків предметної і педагогічної підготовки. Дані розділу 2: тестування як домінантний інструмент (43,7 %) відповідає нижнім рівням таксономії. Інструменти: тести з автоматичною перевіркою у Moodle (рівні запам'ятовування/розуміння), банки питань із різнорівневими завданнями, есе-питання (рівні аналізу/оцінювання), побудова концептуальних карт (рівень синтезу). Критерій безпосередньо реалізує

підціль формування предметної компетентності (п. 3.2.1).

2. *Операційно-діяльнісний критерій* реалізує інтегративні ТРАСК-домени (ТРК/РСК/ТРАСК) [417], що відповідають рівням «застосування»–«створення» таксономії Блума [155]. Йдеться про здатність використовувати ЦТ в педагогічному контексті – не лише технічно, а й дидактично обґрунтовано. Дані розділу 2: проєктне оцінювання (36,0 %), практичний показ (39,3 %). Інструменти: завдання з рубрикою оцінювання у Moodle (за моделлю [186]), захист проєктів, відеозапис фрагментів уроків із подальшим аналізом, портфоліо коду (coding portfolio). Критерій реалізує підціль формування цифрової та методичної компетентності.

3. *Мотиваційно-ціннісний критерій* базується на афективній таксономії Кратвола (від сприймання через реагування та ціннісне ставлення, організацію до характеристизації) та теорії самодетермінації (SDT): перехід від зовнішньої до внутрішньої мотивації через задоволення потреб в автономії, компетентності та належності [158]. Дані розділу 2: м'які навички як неявні індикатори (п. 3.2.1). Інструменти: валідовані шкали Лікерта (мотивація до використання ЦТ у педагогіці), рефлексивні есе, мотиваційні щоденники. Критерій реалізує підціль формування ціннісного ставлення до професії.

4. *Рефлексивно-оцінювальний критерій* базується на моделі SRL [597] (цикл від передбачення через виконання до саморефлексії) та концепції рефлексивного практика Шона [483] (рефлексія-в-дії, рефлексія-над-дією); рефлексія – метакогнітивний механізм, що пов'язує решту критеріїв: студент не лише знає, вміє і хоче, а й *усвідомлює* свій рівень та планує розвиток. Дані розділу 2: портфоліо фіксують лише 11,7 % досліджень – це *рефлексивний дефіцит*, що потребує адресного проєктного рішення. Інструменти: е-портфоліо у Moodle, відеосамоаналіз фрагментів уроків, анкета самооцінки ТРАСК-компетентності, рефлексивні листи (за моделлю [186], [426]).

Для кожного критерію визначено чотири рівні розвитку ЦК (табл. 3.3). Рівні теоретично закріплені за когнітивними рівнями таксономії Блума [155]: Низький = запам'ятовування/розуміння, Середній = розуміння/застосування, Достатній = застосування/аналіз, Високий = оцінювання/створення. Паралельно рівні співвіднесено з профілями ЦК DigCompEdu [467]: Низький $\approx$ A1–A2 (Новачок–Дослідник), Середній $\approx$ B1 (Інтегратор), Достатній $\approx$ B2 (Експерт), Високий $\approx$ C1–C2 (Лідер–Піонер). Це подвійне закріплення поєднує теоретичну валідність із практичною інтерпретованістю (DigCompEdu – стандарт ЄС); у журналі оцінок Moodle порогові

бали для кожного рівня налаштовуються через шкали оцінювання, забезпечуючи автоматичну класифікацію студентів.

Таблиця 3.3 – Критерії та рівні розвитку ЦК майбутніх учителів інформатики (з теоретичним закріпленням)

Критерій	Низький за Блумом-Андерсон: 1–2; за DigCompEdu: A1–A2	Середній за Блумом-Андерсон: 2–3; за DigCompEdu: B1	Достатній за Блумом-Андерсон: 3–4; за DigCompEdu: B2	Високий за Блумом-Андерсон: 5–6; за DigCompEdu: C1–C2
Когнітивний	Фрагментарні знання, відтворення окремих фактів	Репродуктивні знання, розуміння основних понять	Системні знання, здатність до аналізу та синтезу	Глибокі знання, здатність до творчого застосування
Операційно-діяльнісний	Виконання дій за зразком, потребує постійної допомоги	Виконання типових завдань з незначною допомогою	Самостійне виконання завдань, адаптація до нових умов	Творче вирішення проблем, розробка авторських рішень
Мотиваційно-ціннісний	Байдужість або негативне ставлення, зовнішня мотивація	Ситуативний інтерес, переважає зовнішня мотивація	Стійкий інтерес, внутрішня мотивація	Цілеспрямованість, ціннісне ставлення, прагнення до саморозвитку
Рефлексивно-оцінювальний	Відсутність рефлексії, неадекватна самооцінка	Епізодична рефлексія, завищена або занижена самооцінка	Систематична рефлексія, адекватна самооцінка	Глибока рефлексія, прогностична самооцінка, саморозвиток

Для подолання неузгодженості оцінювання та педагогіки пропонується тришарова архітектура оцінювання – авторське узагальнення, що інтегрує три функції оцінювання (діагностичну, формувальну, підсумкову) з чотирирівневою моделлю [357] та моделлю зворотного зв'язку [313].

Шар 1 – формувальне оцінювання (процесне, поточне) – внутрішній шар безперервного збору свідчень про навчання [195]. Включає: інформаційні панелі LA (частота сесій, перегляди контенту, завершення завдань); взаємне оцінювання у форумах та модулі Moodle Workshop; контрольні точки самооцінювання – рефлексивні листи за моделлю [186], [426]; мікрозворотний зв'язок у межах модулів. Формувальну складову безпосередньо усуває 52-пунктний розрив, вбудовуючи взаємне та самооцінювання у кожен модуль. Зворотний зв'язок на цьому шарі діє на рівнях завдання та процесу [313].

Шар 2 – підсумкове оцінювання (рубіжне, семестрове). Це середній шар, що фіксує досягнення за кожним критерієм на рубіжних точках (модульний контроль, залік, екзамен). Включає: тести з автоматичною перевіркою (когнітивний критерій); проєкти з рубрикою оцінювання (операційно-діяльнісний); валідовані анкети мотивації (мотиваційно-ціннісний); захист портфоліо (рефлексивно-оцінювальний).

Підсумковий шар зберігає традиційні форми, але збагачує їх рубриками [186] та критеріальним оцінюванням, що забезпечує прозорість і відтворюваність. Зворотний зв'язок діє на рівні саморегуляції [313].

Шар 3 – метаоцінювання (програмне, річне). Це зовнішній шар, що оцінює ефективність програми загалом за чотирирівневою моделлю [357]. Рівень 1 (Реакція): анкети задоволеності студентів якістю КН. Рівень 2 (Навчання): порівняння вхідного та вихідного рівнів ТРАСК-компетентності (pre-/post-тестування) [308]. Рівень 3 (Поведінка): оцінювання ефективності на педагогічній практиці (спостереження в школі, відгуки наставників). Рівень 4 (Результати): відстеження працевлаштування випускників та їх професійного розвитку. Метаоцінювання забезпечує дані для ітеративного вдосконалення – узгоджується з циклічною моделлю проектування (рис. 3.4).

Шари не є ізольованими: дані Шару 1 інформують Шар 2, агреговані результати обох складають емпіричну базу Шару 3, а рішення метарівня (наприклад, за низьких показників рівня 3 Кіркпатріка) коригують інструменти нижніх шарів.

Архітектуру подано на рис. 3.11: чотири критерії перетинають усі три шари (наскрізність оцінювання), а стрілки зворотного зв'язку показують потоки коригувальної інформації до відповідних компонентів системи.

Екосистема LA інструментально забезпечує формувальну складову і з'єднує оцінювання з технологічним компонентом: Moodle як ТРК-стрижень (п. 3.2.3) є не лише середовищем навчальної діяльності, а й діагностичною платформою [236], [405].

Аналітичні можливості Moodle охоплюють три рівні. *Відстеження виконання* (перегляд ресурсів, виконання завдань, участь у форумах) ідентифікує студентів групи ризику: за R. Conijn, C. Snijders, A. Kleingeld та U. Matzat [236], регулярність онлайн-активності є кращим прогнозованим показником успішності, ніж загальний час у системі. *Аналітика оцінювання*: автоматичне обчислення середніх, розподілів, тенденцій за критеріями; журнал оцінок як центральне сховище даних підсумкового шару. *Теплові карти залученості*: візуалізація активності за часом доби, днем тижня, модулем – дозволяє виявляти проблемні теми та оптимізувати розклад.

Система раннього попередження базується на порогових значеннях метрик залученості: невходження до системи протягом >7 днів, невиконання >2 поточних завдань, різке зниження частоти переглядів. За перевищення порогів генеруються повідомлення викладачу та студенту – реалізація «збору свідчень для прийняття

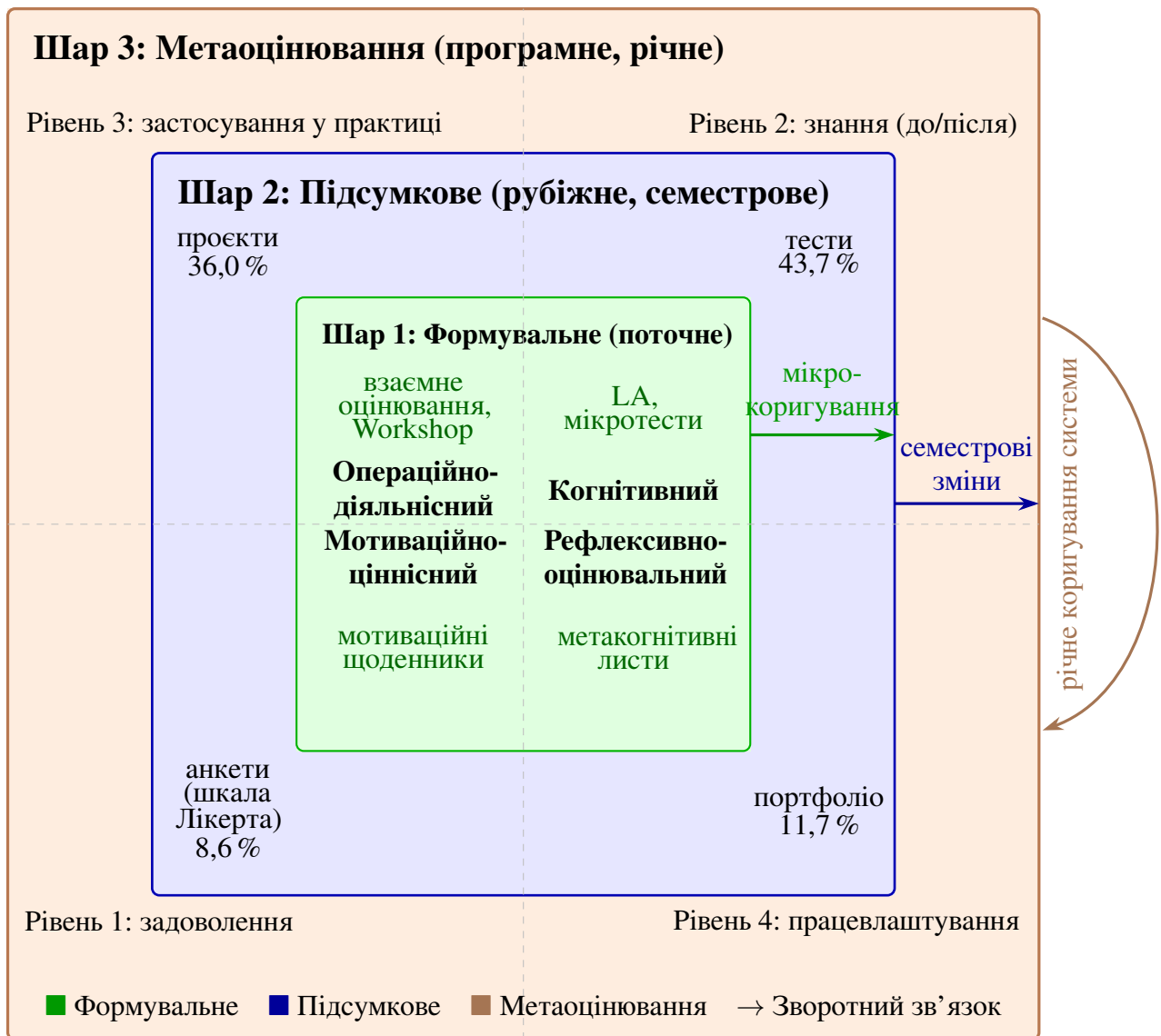


Рис. 3.11 – Тришарова архітектура оцінювання

рішень» [195]. LA також забезпечує персоналізований зворотний зв'язок: автоматизований (Moodle-повідомлення за результатами тестів) та опосередкований викладачем (індивідуальні коментарі за панелями LA) [539], [551]; LA є технологічною реалізацією «збору свідчень» за Р. Black та D. Wiliam [195], перетворюючи цифрові сліди студента на педагогічно значущу інформацію.

Регіональний аналіз оцінювальних практик (розділ 2) виявляє чотири моделі, значущі для проектування.

Пострадянська модель – структурно-домінантне оцінювання (тести 72 %, практичний показ 71 %, іспити 20 %) із практично відсутнім формувальним шаром; проєктне рішення – вбудувати формувальну складову у домінуючу підсумкову модель (доповнення, а не заміна).

Північноамериканська модель – диверсифіковане портфоліо (проєкти 36 %, презентації 27 %, автентичні форми) – зразок для інновацій Шару 2: збагачення підсумкового оцінювання проєктними та портфольними формами.

Західноєвропейська модель – перехідна (помірний баланс традиційних і сучасних форм) – зразок збалансованої архітектури.

Азійсько-океанійська модель – спостережувально-орієнтована (спостереження 36 %) – відображає традицію наставництва та інформує дизайн педагогічної практики.

Як наслідок, двоколієне управління (п. 3.2.4) поширюється на оцінювання: Колія 1 (нормативна) – підсумкові форми за українськими стандартами (тести, іспити, захист), Колія 2 (адаптивна) – формувальні форми міжнародної практики (взаємне оцінювання, портфоліо, LA); обидві перетинають усі три шари.

Механізм зворотного зв'язку та системного коригування перетворює діагностичний компонент із «завершальної ланки» на рушій ітеративного вдосконалення. Результати оцінювання за чотирма критеріями генерують чотири специфічні коригувальні потоки:

- *Від когнітивного критерію до змістового компонента* (п. 3.2.2): низькі бали за тестами з конкретної теми зумовлюють перегляд обсягу та послідовності навчального матеріалу й додавання пояснювальних ресурсів.
- *Від операційно-діяльнісного критерію до технологічного компонента* (п. 3.2.3): низькі бали за практичними проєктами зумовлюють коригування методів навчання (збільшення частки І-активностей за ICAP) та додавання навчальних опор у Moodle.
- *Від мотиваційно-ціннісного критерію до організаційного компонента* (п. 3.2.4): зниження мотивації за анкетами зумовлює зміну організаційного клімату (колія Підтримки) та підсилення елементів соціальної присутності за CoI-моделлю.
- *Від рефлексивно-оцінювального критерію до цільового компонента* (п. 3.2.1): неадекватна самооцінка за портфоліо зумовлює уточнення формулювань очікуваних результатів навчання та посилення метакогнітивних підцілей.

Коригування здійснюється у двох циклах: *семестровому* (дані Шарів 1 і 2 після кожного модульного контролю, оперативні зміни в наступному модулі) та *річному* (дані Шару 3 наприкінці навчального року, стратегічні зміни в навчальному плані наступного року). Обидва цикли пов'язуються з циклічною моделлю проєкту-

вання (рис. 3.4): семестровий цикл відповідає внутрішньому контуру коригування (Етап 4 → 3), річний – основному циклу вдосконалення (Етап 5 → 1).

Синтез теоретичних засад, даних розділу 2 та аналізу неузгодженості оцінювання та педагогіки визначає п'ять проєктних рішень щодо діагностично-результативного компоненту: (1) тришарова архітектура (формувальне – підсумкове – метаоцінювання) як принцип наскрізної діагностики від мікрорівня навчальної взаємодії до макрорівня ефективності програми [357]; (2) цілеспрямоване подолання 52-пунктного розриву – обов'язкове взаємне оцінювання (Moodle Workshop) та самооцінювання (рефлексивні листи) у кожному модулі як системна вимога конструктивного узгодження [191], [426]; (3) Moodle як діагностична платформа (ЛА – формувальна складова, журнал оцінок – підсумковий, звіти – метаоцінювання) [236], [405], що разом із ТРК-стрижнем (п. 3.2.3) та організаційним стрижнем (п. 3.2.4) утворює єдину технологічну основу; (4) двоколійне оцінювальне управління (див. вище) – нормативна Колія 1 (тести, іспити, захисти) та адаптивна Колія 2 (проєкти, портфоліо, взаємне оцінювання, формувальна аналітика) [171], [308] – як поширення двоколійної моделі (п. 3.2.4) на оцінювання; (5) метаоцінювання за моделлю Кіркпатріка [357] як зовнішній шар, що з'єднує компонент із циклічною моделлю проєктування (рис. 3.4), генеруючи емпіричну базу коригувань на кожній ітерації. Конкретизацію діагностичних процедур подано у п. 4.2.

3.3. Висновки до 3 розділу

У третьому розділі дисертації на основі результатів теоретичного аналізу (розділ 1) та систематичного огляду (розділ 2) розроблено теоретичну модель методичної системи КН майбутніх учителів інформатики. Поєднання теоретичного й емпіричного підґрунтя забезпечило обґрунтованість, доказовість і простежуваність основних проєктних рішень. Отримано такі основні результати.

1. Визначено концептуальні засади проєктування методичної системи, що ґрунтуються на чотирьох фундаментальних закономірностях, виявлених систематичним оглядом (висновки до розділу 2): тріаді «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика»; парадигмальному зсуві від лекційного навчання до активних методів; зростанні ролі КН; неузгодженості

оцінювання та розвитку соціальних навичок із провідними методами навчання. П'ять проєктних вимог виведено з конвергенції цих закономірностей та теоретичних рамок (TRACK, CoI, ICAP), а аналіз прогалин зафіксував три розриви, що формують проєктну проблему: між потенціалом КН та відсутністю валідованих методичних систем; між міжнародними емпіричними даними та потребою їх контекстуалізації для української вищої освіти; між фрагментарними теоретичними рамками та потребою їх інтеграції. Обґрунтовано сім принципів проєктування (науковість, системність, адаптивність і універсальний дизайн, студентоцентрованість, інтегративність, технологічність, діагностичність) та розроблено циклічну модель проєктування методичної системи з п'яти ітеративних етапів: аналіз вимог, проєктування компонентів, розробка та інтеграція, впровадження, оцінювання та вдосконалення.

2. Розроблено інтегровану п'ятикомпонентну модель методичної системи КН, наскрізну узгодженість якої забезпечують три теоретичні рамки. Конструктивне узгодження задає логіку відповідності між ILOs, TLAs та ATs; КН розглядається не як окремий компонент, а як наскрізна проєктна логіка, що визначає специфіку цільового, змістового, технологічного, організаційного та діагностично-результативного компонентів; TRACK, CoI та ICAP виступають аналітичними ракурсами. Прямий потік від цільового до діагностично-результативного компонента доповнюється зворотним зв'язком; системотвірним чинником є TRACK-орієнтована професійна компетентність.
3. Цільовий компонент визначає загальну мету (формування професійної компетентності на засадах TRACK) та чотири підцілі – когнітивну, операційно-діяльнісну, мотиваційно-ціннісну та рефлексивно-оцінювальну, узгоджені з TRACK-доменами; розроблено TRACK-компетентнісний профіль учителя інформатики з чотирма рівнями сформованості. Змістовий компонент структуровано у п'ять блоків з позицій TRACK: інформатичний (СК і ТК), педагогічний (РК), методичний (РСК, ТРК, ТСК), практичний та інтеграційний; обґрунтовано СК-прогресію у програмуванні за принципом зниженого порогу входу та тривимірну інтеграцію змісту – горизонтальну, вертикальну і контекстуальну.
4. Технологічний компонент містить три підсистеми. *Форми навчання*: чотири модальності (очна, синхронна онлайн, асинхронна, комбінована) класифіковані за CoI-присутностями та ICAP-рівнями, розроблено матрицю добору форм.

Методи навчання: уперше здійснено класифікацію методів, виявлених систематичним оглядом, за рамкою ICAP; визначено центральну тріаду методів (колаборативне + PBL + проєктне) як провідний конструктивно-інтерактивний механізм системи; ідентифіковано п'ять структурних суперечностей (пасивного домінування, рефлексивної прогалини, парного програмування, гейміфікаційного дефіциту, розриву перевернутого класу) та обґрунтовано проєктні рішення для їх подолання. *Засоби навчання:* розроблено оригінальну 4-шарову ТРАСК-таксономію засобів; встановлено ключову для підготовки вчителів інформатики дуальність предметного (СК) і технологічного (ТК) знання, коли засоби ІКТ є водночас змістом і технологічним середовищем; простежено три парадигмальні зрушення – від текстового до візуального програмування, від ізольованих засобів до інтегрованих платформ, від загальних до CS-специфічних.

5. Організаційний компонент побудовано на основі моделі SSS Грема; виявлено оригінальну суперечність управління – контрастне співвідношення структури та підтримки, для подолання якої розроблено модель двоколійного управління: нормативна колія (відповідність стандартам) та адаптивна колія (гнучкі шляхи, взаємонавчання, підтримка саморегуляції). Діагностично-результативний компонент ґрунтується на виявленому розриві між оцінюванням і методами навчання; визначено чотири критерії за чотирма рівнями сформованості з подвійним закріпленням за таксономією Блума та DigCompEdu, а для подолання неузгодженості розроблено тришарову архітектуру оцінювання – формувальне, підсумкове та метаоцінювання; LMS Moodle виступає діагностичною платформою з екосистемою LA.

Наукова новизна розробленої моделі полягає не в самій її *структурі* – п'ятикомпонентна модель методичної системи є усталеною в дидактиці, – а у *способі обґрунтування компонентів та предметній специфіці*. По-перше, кожне проєктне рішення має подвійне обґрунтування – теоретичне (рамки ТРАСК, CoI, ICAP, DigCompEdu) та емпіричне (дані систематичного огляду), що реалізує принцип простежуваності «від доказів до рішень»; поєднання доказової бази такого масштабу з проєктуванням методичної системи у вітчизняній науці досі не пропонувалося. По-друге, специфіка підготовки вчителя інформатики полягає у дуальності СК і ТК, коли предмет вивчення є водночас технологічним середовищем, що якісно змінює проєктування кожного компонента. По-третє, системоутвірним

чинником визначено ТРАСК-орієнтовану професійну компетентність учителя інформатики.

Отримані результати створюють теоретичне підґрунтя для конкретизації проєктних рішень та обґрунтування організаційно-педагогічних умов реалізації методичної системи на прикладі підготовки бакалаврів спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика), що є предметом розгляду наступного розділу. Основні наукові результати третього розділу викладено в публікаціях автора [73], [405], [406], [408], [487], [502], [513], [592].

РОЗДІЛ 4

ПРОЄКТУВАННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ КОМБІНОВАНОГО НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

Якщо в розділі 3 здійснено *моделювання* – побудовано теоретичну (узагальнену) модель методичної системи як інваріант, придатний для різних інституційних умов, – то цей розділ присвячено її *проєктуванню*, тобто втіленню моделі на конкретному інституційному рівні (підготовка бакалаврів спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика) у КДПУ): обґрунтуванню організаційно-педагогічних умов, проєктуванню змісту, середовища та системи моніторингу й діагностики. Отже, моделювання (розділ 3) дає теоретичний інваріант, а проєктування (розділ 4) – його контекстну реалізацію: «загальне – конкретне».

4.1. Організаційно-педагогічні умови реалізації методичної системи комбінованого навчання

Обґрунтування компонентів методичної системи (п. 3.2) визначило її структурну архітектуру – від цільового компонента через змістовий, технологічний та організаційний до діагностично-результативного. Проте наявність компонентів сама по собі не гарантує ефективного функціонування системи: потрібні умови, за яких ці компоненти реалізуються в освітній практиці. У логіці циклічної моделі проєктування (рис. 3.4) організаційно-педагогічні умови становлять третій етап – перехід від проєктування компонентів (п. 3.2) до їх практичної реалізації (п. 4.2), що відповідає позиції «принципів впровадження» в методології DBR [393], [456]. Ці умови не є зовнішніми обмеженнями чи «надбудовами»: кожна впливає з конкретних прогалін, виявлених під час аналізу відповідного компонента.

Органічне поєднання і взаємодія всіх компонентів методичної системи забезпечує досягнення інтегративної мети КН – формування висококваліфікованого, конкурентоспроможного вчителя інформатики, який володіє розвиненою ЦК, здатний до інноваційної діяльності в умовах інформаційного суспільства, спроможний забезпечити якісну інформатичну освіту підрастаючого покоління; ця мета кон-

кретизується у чотирьох цільових орієнтирах – розвитку ЦК, індивідуалізації навчання, забезпеченні гнучкості та підвищенні якості освіти.

Обґрунтування кожної з умов підпорядковане єдиній логіці: умова відштовхується від конкретної емпіричної прогалини, виявленої в систематичному огляді (розділ 2), спирається на відповідну теоретичну рамку й спрямована на визначений компонент методичної системи. Так, виявлений у систематичному огляді дисбаланс між СК та РСК (57,7 % проти 23,0 %) актуалізує інтеграцію підготовки на засадах ТРАСК [417] і стосується змістового компонента. Парадигмальний зсув від лекційних до активних форм навчання (частка лекцій знизилася з 40 % до 8 %) потребує педагогічно виваженого комбінування форм, методів і засобів навчання на основі рамок ICAP [232] та спільноти дослідження (CoI) [287] і визначає технологічний компонент. Поширений запит на розвиток м'яких навичок (командна робота – 47,7 %, критичне мислення – 45,3 %) зумовлює цілеспрямований розвиток ЦК за рамкою DigCompEdu [467] у межах змістового та технологічного компонентів (відповідно до проєктної вимоги 3, підрозділ 3.1.1). Студенти навчаються переважно колаборативно (61,3 %), але оцінюються здебільшого індивідуально — тестами (43,7 %), тоді як взаємооцінювання охоплює лише 9,0 % (розрив у 52 п.п.). Це обґрунтовує формувальне оцінювання (зокрема взаємооцінювання) для узгодження оцінювання з активною педагогікою та LA як інфраструктуру для його безперервної реалізації; обидва рішення стосуються діагностично-результативного компонента. Нарешті, ризики, ідентифіковані у SWOT-аналізі, разом із потребою в соціальній присутності суб'єктів навчання [287] обґрунтовують психолого-педагогічний супровід, який є наскрізним щодо всіх компонентів системи з опорою на організаційний компонент.

Виявлені кількісні дисбаланси мають глибші якісні причини. *Дисбаланс між предметною та методичною підготовкою* зумовлений інституційною інерцією: програми історично виростили з фахових (інформатичних) програм, до яких педагогічний і методичний складники додавалися як надбудова [520], [571], [582]; цьому сприяють брак викладачів із подвійною кваліфікацією та трактування методики як вторинної щодо «основного» фахового знання. *Дефіцит формувального оцінювання* (співвідношення тестового та формувального оцінювання 34:1) пояснюється домінуванням підсумково-контрольної культури, орієнтованої на фіксацію результату, а не на супровід процесу [195], браком інструментів LA [236], [469] та значним аудиторним навантаженням викладачів [317], [482]. Тому усунення цих

дисбалансів потребує не точкових заходів, а системних організаційно-педагогічних умов.

До визначальних організаційно-педагогічних умов ефективної реалізації методичної системи віднесено п'ять взаємопов'язаних умов, що відповідають п'яти пунктам гіпотези дослідження: (1) інтеграцію інформатичної, педагогічної та методичної підготовки на засадах ТРАСК [417]; (2) педагогічно виважений добір та поєднання форм, методів і засобів навчання (рамка ICAP [232]); (3) цілеспрямований розвиток ЦК майбутніх учителів (рамка DigCompEdu [467]); (4) впровадження системи моніторингу якості на основі LA (формувальне оцінювання [195]); (5) забезпечення психолого-педагогічного супроводу суб'єктів КН (соціальна присутність за моделлю CoI [287]). Ці умови розглядаються не ізольовано, а в цілісній єдності – кожна з них стосується конкретного аспекту системи і водночас підсилює дію решти.

4.1.1. Інтеграція складників підготовки майбутнього вчителя інформатики на засадах ТРАСК

Перша умова – інтеграція інформатичної, педагогічної та методичної підготовки – методологічно обґрунтовується моделлю ТРАСК [417], яку слід розуміти не як статичну таксономію знань, а як *динамічний механізм інтеграції*, що пояснює, як знання різних типів поєднуються в професійній діяльності вчителя. У літературі виділяють три теоретичні перспективи розвитку ТРАСК:

1. **Інтегративна перспектива** [417]: ТРАСК виникає на перетині СК, РК та ТК через автентичні задачі, що вимагають одночасного залучення всіх трьох типів знань.
2. **Трансформативна перспектива** [156]: ТРАСК є якісно новою формою знань, а не простою сумою компонентів. Це означає, що ТРАСК не можна сформувати через окреме вивчення СК, РК та ТК – потрібні спеціально спроектовані інтеграційні ситуації.
3. **Перспектива складності** [365]: ТРАСК потребує ітеративного проєктного підходу. Готових рішень не існує – кожен контекст вимагає ситуативного конструювання інтеграції.

Для підготовки вчителів інформатики ці перспективи набувають особливого значення через феномен *дуальності ТРАСК*, ідентифікований у п. 3.2.3: на відміну

від інших предметних спеціальностей, у вчителя інформатики СК значною мірою перетинаються з ТК, оскільки предмет вивчення – це і є технології. Ця дуальність робить інтеграцію водночас простішою (збіг СК і ТК зменшує кількість незалежних вимірів) і складнішою (студенти схильні ототожнювати «знати інформатику» зі «знати, як навчати інформатиці», нехтуючи виміром РСК), тому ТРАСК-інтеграція вимагає цілеспрямованого проектування.

Ця умова пов'язана з усіма компонентами методичної системи. ТРАСК-компетентнісний профіль (табл. 3.2, п. 3.2.1) визначає цільові інтеграційні результати, ТРАСК-структура змісту (п. 3.2.2, рис. 3.6) задає предметне поле інтеграції, а ТРАСК-інструментарій (п. 3.2.3) забезпечує технологічне середовище. Простір для синтезу всіх трьох складників створює триступенева прогресія практики (п. 3.2.4), тоді як тришарова архітектура оцінювання (рис. 3.11, п. 3.2.5) вимірює досягнутий рівень інтеграції.

Класифікація емпіричних даних систематичного огляду (розділ 2) за доменами ТРАСК виявляє «інтеграційний розрив»: предметно-технологічні домени представлені найповніше (СК – 57,7 % досліджень: програмування, алгоритми, мережі, бази даних), тоді як інтеграційний домен РСК лишається критично недопредставленим (МНІ – 23,0 %). Покриття СК перевищує покриття РСК у 2,5 раза (детальний розподіл за доменами – розділ 2). Отже, студенти отримують значний обсяг предметних і технологічних знань, проте систематичні механізми їх педагогічної інтеграції лишаються недостатніми – що й обґрунтовує потребу в цій умові [476], [520].

Аналіз часової динаміки доменів ТРАСК за трьома періодами (2008 р. і раніше, 2009–2016, 2017–2024) виявляє нерівномірність їх розвитку.

Еволюція СК: частка Pascal/Delphi поступово згасає – з 19 % до 8 % і далі до 3 %, натомість Python зростає з 2 % до 12 % й утримується на цьому рівні (12 %), а Scratch демонструє стрімке зростання – з 2 % до 12 % і далі до 20 %. СК-домен диверсифікується, відображаючи розширення предметного поля інформатики.

Еволюція РК: частка лекцій різко знижується – з 40 % до 22 % і далі до 8 %, тоді як інквайрі-навчання зростає з 8 % до 22 % і далі до 29 %. РК-домен активізується: те, що раніше потребувало лекційної трансляції, студенти дедалі частіше опановують самостійно в цифрових середовищах, а вивільнений аудиторний час спрямовується на активні форми роботи.

Еволюція ТРК: КН зростає – з 10 % до 17 % і далі до 24 %, а Moodle переходить

від поодиноких згадок до стабільної присутності – з 2 % до 14 % з подальшим утриманням на цьому рівні (14 %). ТРК-інфраструктура формується, забезпечуючи технологічний каркас для педагогічної взаємодії.

Еволюція ТРАСК-практики: мікрОВикладання поступово зростає – з 10 % до 12 % і далі до 15 %, а взаєМОНавчання розширюється динамічніше – з 13 % до 17 % і далі до 29 %. Інтеграційна практика зміцнюється, проте повільно.

Динаміка інтеграційного розриву: попри ці позитивні тенденції, РСК залишається стабільним на рівні близько 23 % протягом усіх трьох періодів: *поле спонтанно* диверсифікує СК та активізує РК, але *не інтегрує* їх – РСК-розрив не закривається автономно [301], [544], що й обґрунтовує необхідність цілеспрямованого проєктного втручання.

Регіональний аналіз даних розділу 2 дозволяє виділити чотири моделі ТРАСК-інтеграції, кожна з яких відображає специфіку освітньої традиції (примітка: регіони можуть перекриватися – дослідження, що охоплюють кілька регіонів, враховано в кожному).

Пострадянська модель (35,7 % вибірки) характеризується СК-домінантною підготовкою (державні стандарти – 79 %, найвища частка С/С++), жорсткою послідовністю від СК через РК до педагогічної практики, обмеженим РСК та переважанням тестового контролю (72 %). Це **послідовна модель без інтеграції**: знання накопичуються в ізольованих блоках, і лише на практиці (4 курс) студент уперше стикається з потребою їх поєднати [429].

Північноамериканська модель (30,0 %) спирається на диверсифікований СК (вищі частки Python і Scratch), проєктно-орієнтований РСК та переважно самостійну практику (40 %). Це **практико-опосередкована модель інтеграції**: РСК формується через ранній вхід студентів у шкільний контекст.

Західноєвропейська модель (26,3 %) має перехідний характер: вона помірно поєднує компоненти й робить акцент на дидактиці інформатики. Це **дидактико-опосередкована модель інтеграції**: РСК формується через спеціалізовані курси дидактики [281].

Азійсько-океанійська модель (11,0 %) вирізняється високою часткою спостереження (36 %) і спирається на традицію учнівства. Це **модель інтеграції через менторство**: РСК передається неявно, через спостереження за роботою досвідченого вчителя.

Для проєктування методичної системи в українському контексті необхі-

дно трансформувати послідовну модель в інтегративну, запозичуючи практико-опосередкування з північноамериканського досвіду та дидактико-опосередкування із західноєвропейського, водночас зберігаючи сильний СК-фундамент пострадянської традиції.

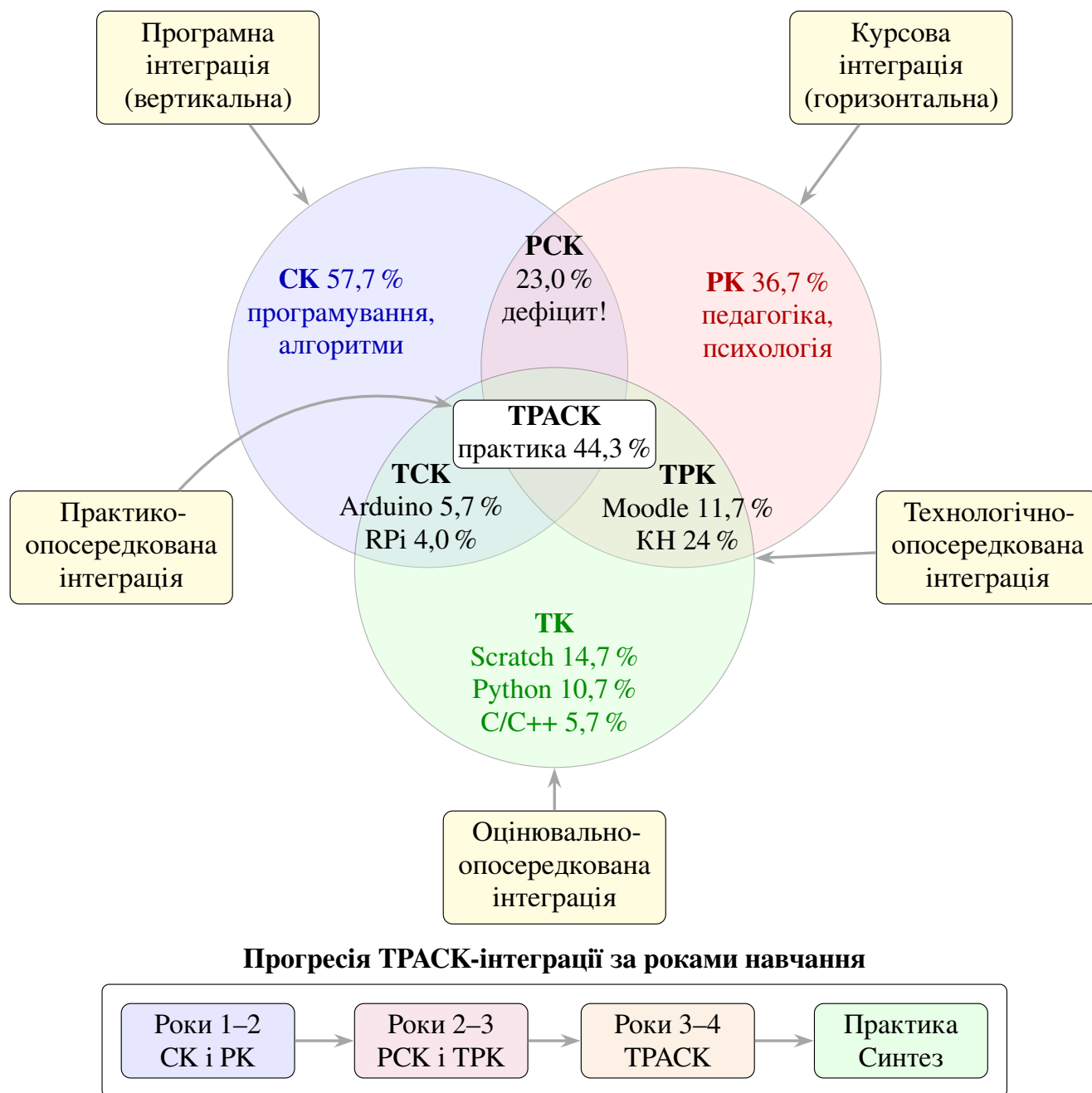


Рис. 4.1 – Архітектура TRASK-інтеграції

Реалізація TRASK-інтеграції в методичній системі (рис. 4.1) забезпечується п'ятьма взаємопов'язаними механізмами, кожен з яких діє на конкретному структурному рівні.

1. Програмна інтеграція (вертикальна). У навчальному плані TRASK-

прогресія розгортається від фундаменту СК і РК (1–2 курси) через інтеграцію РСК і ТРК (2–3 курси) до повного ТРАСК на практиці (3–4 курси). Ця прогресія узгоджується з ІСАР-послідовністю (п. 3.2.3) та таксономією Блума (п. 3.2.2): від запам'ятовування та розуміння СК до створення та оцінювання інтегрованих ТРАСК-рішень. При предметній підготовці 57,7 % інтеграційний розрив потребує суттєвого підвищення РСК-орієнтованого змісту (з поточних 23,0 %).

2. Курсова інтеграція (горизонтальна). Інтегровані навчальні ситуації, де зміст СК подається через педагогічну призму: наприклад, курс програмування включає завдання типу «як пояснити учням рекурсію?», а курс педагогіки використовує інформатичні приклади. Цей механізм безпосередньо відповідає трансформативній перспективі [156]: РСК не виникає автоматично з СК і РК, а потребує цілеспрямовано спроектованих ситуацій. Приклад такого підходу – РСК для програмування [476].

3. Практико-опосередкована інтеграція. Педагогічна практика виступає точкою ТРАСК-синтезу й розгортається як триступенева прогресія: від спостереження через мікрОВикладання до самостійного викладання (п. 3.2.4, рис. 3.10). Саме на практиці студент уперше вимушений одночасно мобілізувати СК («що вчити?»), РК («як вчити?»), ТК («якими засобами?») та їх перетини [571].

4. Технологічно-опосередкована інтеграція. Moodle як ТРК-основа (п. 3.2.3): студенти спочатку переживають КН як учні (розвиток ТРК), а потім проєктують його як майбутні вчителі (розвиток ТРАСК). Цей «подвійний трек» забезпечує автентичний досвід, необхідний для інтегративної перспективи [405], [417].

5. Оцінювально-опосередкована інтеграція. ТРАСК-орієнтовані інструменти оцінювання (п. 3.2.5): портфоліо (11,7 %) як інтеграційний артефакт, взаємооцінювання (9,0 %) як інтеграція предметного знання (СК) та оцінювальної діяльності (РСК), ТРАСК-самооцінка як інструмент рефлексії – усі вони мають значний потенціал зростання для вимірювання інтеграції [186].

Кожен механізм пов'язаний з конкретним компонентом системи: програмна інтеграція – зі змістовим, курсова – зі змістовим і технологічним, практико-опосередкована – з технологічним, технологічно-опосередкована – з технологічним і діагностичним, а оцінювально-опосередкована – з діагностично-результативним.

Класифікація даних розділу 2 з позицій ТРАСК дозволяє виокремити п'ять інтеграційних дефіцитів, на усунення яких безпосередньо спрямована перша

організаційно-педагогічна умова.

1. *РСК-дефіцит*: покриття РСК у 2,5 раза менше за СК – найкритичніший розрив: більшість програм готують фахівців з інформатики, які додатково вивчають педагогіку, а не вчителів з інтегрованою РСК. *Відповідь системи*: обов'язковий РСК-орієнтований курс МНІ з ТРАСК-інтегрованими завданнями; горизонтальна інтеграція РСК-елементів у СК-курси [365], [476].

2. *МікрОВикладання-дефіцит*: лише 13,3 % (у пострадянському регіоні – близько 5 %, п. 3.2.4), хоча мікрОВикладання – найефективніша форма ТРАСК-синтезу, що вимагає одночасної мобілізації всіх доменів у контрольованому середовищі. *Відповідь системи*: обов'язкове мікрОВикладання в кожному семестрі починаючи з 2 курсу.

3. *Рефлексивна практика-дефіцит*: лише 6,3 % (п. 3.2.3). Без рефлексії ТРАСК-інтеграція залишається неявною – студент може поєднувати знання на практиці, але не усвідомлює механізмів цього поєднання, що обмежує перенесення досвіду на нові ситуації [597]. *Відповідь системи*: рефлексивне портфоліо з явною ТРАСК-самооцінкою (табл. 3.3).

4. *Міждисциплінарний дефіцит*: жодне дослідження з вибірки не повідомляє про явні перехресні посилання між СК та РК у навчальних планах. *Відповідь системи*: спільні проєктні теми для інформатичних та педагогічних курсів, узгоджені силабуси з перехресними посиланнями.

5. *Дефіцит оцінювання інтеграції*: тести (43,7 %) вимірюють СК ізольовано; портфоліо (11,7 %) теоретично може вимірювати ТРАСК цілісно, але рідко використовується з цією метою [426]. *Відповідь системи*: ТРАСК-узгоджені рубрики оцінювання (п. 3.2.5), де критерії відображають інтеграцію, а не ізольовані знання.

Узагальнюючи теоретичний аналіз та емпіричні дані, формулюємо п'ять проєктних рішень щодо реалізації першої організаційно-педагогічної умови:

1. **ТРАСК-прогресія як архітектура навчальної програми**: рух від фундаменту СК і РК через інтеграцію РСК і ТРК до повного ТРАСК, узгоджений з ІСАР-прогресією та таксономією Блума (п. 3.2.2, п. 3.2.3) [191].
2. **П'ять механізмів інтеграції** (програмний, курсовий, практико-, технологічно- та оцінювально-опосередкований) – жоден структурний рівень не залишається без інтеграційного механізму.
3. **Пріоритетне зміцнення РСК**: цілеспрямоване підвищення РСК-орієнтованого змісту від базових 23 % через інтегровані навчальні ситуації.

РСК стає «клеєм» між СК та РК.

4. **Використання ТРАСК-дуальності:** унікальний збіг СК і ТК у вчителя інформатики стає педагогічною перевагою – студенти вчаться навчати того, що самі опановують (п. 3.2.3) [417].
5. **Moodle як інтеграційна платформа:** «подвійний трек» – студенти переживають КН як учні (ТРК) і проєктують його як майбутні вчителі (ТРАСК) [405].

Отже, ТРАСК-інтеграція забезпечує знаннєвий фундамент системи; друга умова – комбінування форм, методів і засобів – конкретизує його методологічно, визначаючи, *яким чином* організовується процес навчання.

4.1.2. Комбінування форм, методів і засобів навчання

Друга умова – педагогічно виважене комбінування форм, методів і засобів навчання – стосується технологічного компонента системи. Якщо п. 3.2.3 обґрунтував вибір форм з позицій СоІ (рис. 3.7), п. 3.2.3 – методів з позицій ІСАР, а п. 3.2.3 – засобів з позицій ТРАСК (рис. 3.9), то ця умова визначає принципи їх *одночасного узгодження* – проблему педагогічної оркестрації (педагогічного керування навчальною взаємодією). Поєднання не є адитивним: якісна лекція, доповнена якісним LMS-курсом та якісним PBL-проєктом, може виявитися неефективною, якщо компоненти не узгоджені за цілями, часовою послідовністю та когнітивним навантаженням [376].

Теоретичним підґрунтям такого узгодження є синтез трьох рамок, кожна з яких регулює один вимір навчального процесу:

- рамка СоІ [288] визначає форми через баланс трьох присутностей – викладацької, соціальної та когнітивної; вибір форми (лекція, семінар-практикум, онлайн-сесія) визначає, яка присутність домінуватиме;
- рамка ІСАР [232] визначає методи через ієрархію когнітивної залученості; вибір методу (лекція, PBL, колаборативне) визначає глибину когнітивної обробки;
- рамка ТРАСК [417] визначає засоби через чотири шари: шар 1 (СК і ТК – середовища програмування), шар 2 (ТРК – LMS-платформи), шар 3 (ТСК – апаратне забезпечення), шар 4 (РК – загальнопедагогічні засоби); вибір засобу визначає технологічний контекст навчальної діяльності.

Умова оркестрації: ефективний навчальний епізод вимагає *одночасного*

вибору взаємно підсилювальних форми (CoI), методу (ICAP-рівень) та засобу (ТРАСК-шар). Так, інтерактивний метод (колаборативне навчання) потребує форми з високою соціальною присутністю (робота в малих групах) та колаборативного засобу (шар 2 – спільний робочий простір у LMS); поєднання ж інтерактивного методу з лекційною формою та індивідуальним IDE (шар 1) породжує оркестраційний конфлікт – метод вимагає взаємодії, якої не забезпечують ні форма, ні засіб. Аналогічно, конструктивний метод (PBL) потребує форми з активною когнітивною присутністю та засобу, що підтримує конструювання артефактів, а не лише перегляд контенту.

Слід відзначити, що у літературі вже відомі парні поєднання цих рамок – CoI з ТРАСК та CoI з ICAP – у проєктуванні КН, а сама ідея оркестрації навчальних епізодів є усталеною традицією досліджень комп'ютерно підтримуваного колаборативного навчання [463]. Водночас жодна з трьох рамок окремо – і жодне з парних поєднань – не охоплює всі три виміри навчального процесу: CoI не охоплює когнітивної глибини методів; ICAP не враховує соціальний контекст форм; ТРАСК не визначає послідовність когнітивних дій. Авторським теоретичним внеском цього дослідження є саме *одночасне* тривимірне узгодження «форма–метод–засіб», за якого CoI, ICAP і ТРАСК застосовуються як критерії взаємної перевірки кожного навчального епізоду в КН-підготовці майбутніх учителів інформатики, забезпечуючи повне покриття оркестраційного простору.

Цей принцип відповідає концепції конструктивного узгодження [191], згідно з якою ILOs, TLAs та ATs мають бути взаємно когерентними, а форми, методи та засоби спільно складають вершину «навчальна діяльність» цього трикутника. Мета-аналізи підтверджують, що саме узгодженість, а не кількість компонентів, визначає ефект: КН демонструє позитивний ефект порівняно з повністю очним навчанням, причому розмір ефекту за Коеном становить $d = 0,35$ [394]; активні методи знижують частку неуспішних в 1,5 раза порівняно з традиційними лекціями [279]; послідовність інструкцій у КН (спочатку відео, потім практика, чи навпаки) має значущий вплив на результати [386]; мета-аналіз R. M. Bernard [188] засвідчує, що ефект КН залежить не від обсягу технологій, а від якості їх інтеграції з педагогічним дизайном. Принцип доповнюваності [592] вимагає, щоб кожна комбінація обґрунтовувалась внеском у результати навчання, а не технологізацією заради технологій: «Що це дає для навчання, чого не дають інші компоненти?».

Дуальність, ідентифікована у п. 4.1.1, тут набуває вигляду «подвійного

досвіду»: вчитель інформатики є одночасно *суб'єктом* оркестрації та її *майбутнім проєктантом* – студент у перевернутому класі переживає педагогічне керування як учень і вивчає його як майбутній вчитель (п. 4.1.1, механізм 4).

Зв'язок з компонентами системи: технологічний (п. 3.2.3) надає елементи для комбінування; змістовий (п. 3.2.2) визначає, *що* має бути досягнуто; триступенева прогресія практики (п. 3.2.4) є простором реалізації узгодження; архітектура оцінювання (рис. 3.11, п. 3.2.5) вимірює якість оркестраційних рішень; ТРАСК-інтеграція (п. 4.1.1) надає знаннєвий фундамент.

Аналіз даних розділу 2 через комбінаційну призму – на відміну від компонентного аналізу в п. 3.2.3 – показує парадигмальний зсув як одночасну трансформацію всіх трьох вимірів.

Зсув у вимірі форм: лекції залишаються найпоширенішою формою (51,3 %), але їх частка як методу знижується до 17,3 %; натомість зростають студентоцентричні формати – семінари-практикуми 37,3 %, онлайн-курси 25,0 %, КН 19,3 %. Цей розрив між формою (51 %) та методом (17 %) свідчить, що лекційні заняття зберігаються інституційно, але все частіше наповнюються активним змістом. Слід чітко розрізняти три оцінки, що стосуються лекцій і на перший погляд видаються суперечливими: 51,3 % характеризує лекцію як *організаційну форму*, 17,3 % – як *метод* навчання в середньому за весь період огляду, а 8 % (проти 40 % у ранньому періоді) – частку лекцій як методу в новітній період (2017–2024 рр.).

Зсув у вимірі методів: ІСАР-прогресія від пасивного до інтерактивного рівня простежується в тому, що частка лекції як методу знизилася з 40 % до 8 %, тоді як колаборативне навчання зросло з 54 % до 65 %, інквайрі – з 8 % до 29 %, а проєктне сягнуло 47,3 %. Центральна тріада – колаборативне, PBL та проєктне навчання (>100 досліджень зі співтрапленням) – домінує серед активних методів.

Зсув у вимірі засобів: відбувається диверсифікація від монолітного набору засобів до платформно-орієнтованого: частка Pascal/Delphi знизилася з 19 % до 3 %, тоді як Scratch зріс з 2 % до 20 %, Moodle – з 2 % до 14 %, а Python – з 2 % до 12 %. Засоби стають більш різноманітними, з'являються платформи (LMS), що уможливають організацію взаємодії. Важливо, що зростання Scratch та Python відбувається одночасно зі зростанням колаборативних методів – ці засоби мають нижчий поріг входу та підтримують парну/групову роботу.

Ключовий висновок: ці три зрушення є *корельованими* – перехід до інтерактивних методів вимагає відповідних форм (малі групи) та засобів (колаборативні

платформи); найбільш «активні» регіони мають найвищі показники одночасно за всіма трьома вимірами. Активізація методів без зміни форм породжує оркестраційний конфлікт (активні методи в лекційній аудиторії на 200 осіб не реалізують свого потенціалу [232]); зміна засобів без зміни методів – протилежний конфлікт (Moodle як електронна бібліотека).

Аналіз співтрапляння методів у розділі 2 виявляє характерні поєднання. Центральна тріада потребує групових форм та LMS-засобів для координації проєктів – приклад узгодженого керування. Натомість лекції слабо інтегровані з активними методами (лише 26 досліджень поєднують лекції з колаборативним навчанням) – розрив між формою та методом [301]. Гейміфікація (6,7 %) поєднує мотиваційний метод з цифровим засобом як в очній, так і в онлайн-формі. Особливе місце посідає перевернутий клас (2,7 %) як *прототипова комбінація* – єдиний метод, що за визначенням передбачає оркестрацію всіх трьох вимірів: асинхронна форма з викладацькою присутністю (відео в LMS) доставляє пасивний контент, синхронна форма із соціальною та когнітивною присутністю реалізує конструктивно-інтерактивний метод, а засіб з шару 2 (LMS) координує обидві фази; його низька поширеність свідчить, що цілісне узгодження форм, методів і засобів поки що не є сталою практикою.

Оркестраційний розрив: лише КН-підмножина (19,3 %) явно розглядає комбінування – 80 % досліджень описують методи, форми чи засоби ізольовано, не аналізуючи їх узгодженість, що R. Boelens, B. De Wever та M. Voet [206] ідентифікують як один із чотирьох ключових викликів проєктування КН. Саме цей розрив обґрунтовує другу умову: окремі компоненти вже достатньо досліджені (п. 3.2.3), однак їх узгодженість потребує спеціального проєктування [158].

Часова динаміка комбінування форм, методів і засобів за трьома періодами (≤ 2008 , 2009–2016, 2017–2024) виявляє три ери оркестрації, що відповідають трьом фазам розвитку КН за С. R. Graham [301].

Ера 1 (≤ 2008): мономодальна оркестрація. Лекція виступає одночасно формою, методом і засобом; узгодження непотрібне, бо немає чого комбінувати. Домінують викладацька присутність (CoI), пасивний рівень (ICAP), шар 4 (TPACK). Лекції-як-метод – 40 %, колаборативне навчання – 54 % (переважно традиційні лабораторні), інквайрі – лише 8 %; серед засобів домінують успадковані текстові мови (Pascal/Delphi – 19 %, C/C++ – 8 %) та офісне ПЗ (15 %); комп'ютер є об'єктом вивчення, а не середовищем навчання.

Ера 2 (2009–2016): паралельні треки. Активні методи зростають, але онлайн та офлайн лишаються окремими треками – «дуальне існування» [538]: КН зростає з 10 % до 17 %, переважно як додавання онлайн-компонента до наявних курсів; Moodle з’являється (з 2 % до 14 %), але для доставки контенту (активний рівень). Когнітивна присутність формується через PBL, відбувається перехід від активного рівня до конструктивного, проте шар 2 (LMS) не інтегрується з методами – Moodle слугує електронною бібліотекою [287].

Ера 3 (2017–2024): інтегрована оркестрація. КН 24 %, інквайрі 29 %, колаборативне 65 %, перевернутий клас 5 %, взаємонавчання 29 %; три присутності CoI збалансовуються, домінують контруктивний та інтерактивний рівні, шар 1 диверсифікований (Scratch 20 %, Python 12 %, Arduino 8 %), L2 стабілізований (Moodle 14 %). З’являються «гібридні» формати – перевернутий клас та CoP. Пандемія COVID-19 (2020+) прискорила перехід, змусивши програми терміново комбінувати онлайн-форми з активними методами – часто без системного дизайну, що ще раз підтверджує необхідність принципів оркестрації [301], [538].

Загальна тенденція – перехід від одновимірного до тривимірного узгодження форм, методів і засобів; проте навіть у третій ері 80,7 % не описують явного комбінування. Звідси принциповий висновок: знання, як комбінувати форми, методи та засоби, є педагогічно-змістовим знанням (РСК) КН – конкретною професійною компетентністю [365], яку методична система має формувати з першого курсу, не повторюючи 15-річну еволюцію поля.

Регіональний аналіз даних розділу 2 дозволяє переосмислити чотири регіональні моделі підготовки (п. 4.1.1) як моделі координації форм, методів і засобів.

Пострадянська модель (35,7 %): послідовна координація – лекційна форма з PBL-методом та C/C++-засобом; орієнтація на трансляцію СК (державні стандарти 79 %), тести 72 % як домінантна форма оцінювання, ICAR-профіль пасивний і конструктивний без виходу на інтерактивний рівень, Moodle 17 % – переважно репозиторій. Критичний дефіцит: виміри поєднуються *послідовно* (теорія – практика – технології), а не *одночасно* [429].

Північноамериканська модель (30,0 %): проектно-опосередкована координація – практико-орієнтовані форми, колаборативний метод, Scratch/Python-засоби; конструктивний та інтерактивний рівні домінують з ранніх курсів, CoI збалансована завдяки різноманітності форм. Рух «CS for All» визначає педагогічно обґрунтований вибір засобів: Scratch для візуального введення, Python для текстового [281].

Координація найбільш інтегрована: засоби обираються під метод, а форми – під засоби.

Західноєвропейська модель (26,3 %): дидактико-опосередкована координація – збалансовані форми + інквайрі-метод + Python/Arduino-засоби, помірний КН, С домінує зі зростаючим І. Характерна ознака – курс дидактики інформатики (4,7 %), де студенти явно вивчають принципи комбінування методів [327].

Азійсько-океанійська модель (11,0 %): колаборативно-домінантна координація – групова форма + колаборативний метод (76 %, найвищий серед регіонів) + Scratch-засіб (27 %, найвищий); спостереження 36 % – координація передається неявно через менторство; виражена соціальна присутність, інтерактивний рівень домінує через культурну традицію колаборації – координація може бути культурно, а не лише проектно обумовленою.

Загальна закономірність: чим інтегрованіша координація, тим вища частка І-рівневих методів і збалансованіша СоІ-структура – координація є практичним індикатором якості програми підготовки.

Проектне рішення для української системи: трансформація послідовної координації (пострадянська модель) в інтегровану передбачає три напрямки:

1. Запозичення проектно-опосередкованого підходу з північноамериканської моделі – ранній вхід студентів у практичний контекст (з 2 курсу), де форми, методи та засоби поєднуються автентично через триступеневу прогресію практики (п. 3.2.4).
2. Запозичення дидактичного опосередкування із західноєвропейської моделі – явне вивчення принципів оркестрації в курсі МНІ, де студенти не лише застосовують комбінації, а й аналізують та обґрунтовують їх.
3. Збереження сильного СК-фундаменту пострадянської традиції з перетворенням послідовної логіки (СК, потім РК, потім практика) на інтегровану: СК, РК і ТРК розвиваються паралельно з кожного семестру, узгоджено з ТРАСК-прогресією з п. 4.1.1.

Узагальнення даних розділу 2 крізь призму педагогічного керування подано у матриці оркестрації (рис. 4.2): рядки відповідають СоІ-присутностям (вимір форм), стовпці – трьом вимірам комбінування (форма – де/коли, метод – що когнітивно, засіб – чим), кольорове кодування клітинок – ІСАР-рівню когнітивної залученості. Стрілки між стовпцями візуалізують вимогу конструктивного узгодження елементів одного рядка: наприклад, рядок «соціальна присутність» поєднує групові форми –

семінари-практикуми (37,3 %) і лабораторні заняття (34,3 %) – з інтерактивними методами (колаборативне навчання – 61,3 %, проєктне – 47,3 %) та відповідними засобами (Scratch, GitHub). Нижній блок показує часову еволюцію оркестрації.

СоІ-присутність	Форма (де/коли)	Метод (що когнітивно)	Засіб (чим)
Викладацька присутність	Лекція 51,3 % Онлайн-курс 25,0 % (P→A доставка) P	Лекція-метод 17,3 % A Самостійна робота 52,3 % (P+A рівень)	LMS/Moodle A 11,7 % Відео, підручники (L2: ТРК-шар)
Соціальна присутність	Семінар-практикум 37,3 % Лабораторна 34,3 % Групова робота 34,7 % C	Колаборативне 61,3 % I Проєктне 47,3 % Парне програмування 2,3 %	Scratch 14,7 % GitHub, IDE (L1: СК і ТК) I
Когнітивна присутність	КН 19,3 % Перевернутий 2,7 % Практика 44,3 % C	PBL 59,0 % Інквайрі 23,3 % Взаємонавчання 13→29 % I	Python 10,7 % Arduino 5,7 % (L1+L3: ТСК-шар) C

ІСАР-рівень: P A C I

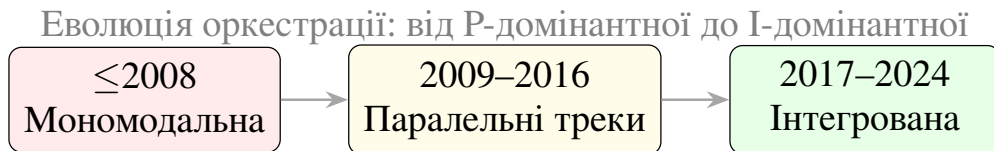


Рис. 4.2 – Матриця оркестрації форм, методів і засобів навчання

Реалізація умови комбінування забезпечується п'ятьма принципами оркестрації (рис. 4.2), кожен з яких ґрунтується на теоретичних рамках, підтверджується даними розділу 2 та конкретизується для підготовки вчителів інформатики.

1. Принцип ІСАР-висхідного комбінування. Методи мають послідовно прогресувати за ІСАР-ієрархією – від пасивного (P) через активний (A) і конструкторний (C) до інтерактивного (I) рівня – протягом усієї навчальної програми; форми та засоби мають відповідати цій прогресії, утворюючи узгоджені «оркестраційні пакети»:

- P-пакет: асинхронна форма (відеолекція) + LMS-засіб + індивідуальний режим – доставка базового контенту;
- A-пакет: структурована самостійна робота + підручник/навчальний посібник + LMS-тест – закріплення через відтворення;

- С-пакет: PBL-сесія + IDE + малогрупова форма (лабораторна) – конструювання нового знання через розв’язання задач;
- І-пакет: синхронний семінар-практикум + колаборативні засоби (спільний IDE, GitHub) + групова форма – спільне конструювання через діалог та взаємодію.

Емпірично цю прогресію підтверджує описаний вище зсув у вимірі методів; мета-аналіз S. Freeman та ін. [279] засвідчує, що кожен крок по ІСАР-ієрархії дає статистично значуще зростання навчальних досягнень [232]. Приклад: курс «Програмування» на 1 курсі використовує Р-пакет (відеолекція + IDE для відтворення прикладів), на 3 курсі – І-пакет (колаборативний проєкт + GitHub + парне програмування).

2. Принцип СоІ-збалансованого комбінування. Кожен навчальний епізод має активувати всі три СоІ-присутності, а не лише викладацьку. Перевернутий клас природно забезпечує цей баланс (викладацька присутність – записане відео та структуровані завдання в LMS; когнітивна – аудиторне розв’язання складних задач; соціальна – групова дискусія); його ефективність саме для підготовки вчителів підтверджують M. Debbağ та S. Yıldız [248] та J. Campillo Ferrer та P. Miralles Martínez [225], проте, як показано вище, ця найбільш теоретично обґрунтована комбінація залишається суттєво недовикористаною [287], [288]. Приклад із МНІ: студенти переглядають відеозапис шкільного уроку з коментарями викладача вдома через Moodle (Р-рівень), в аудиторії критично аналізують урок у малих групах (С/І-рівень), формулюючи альтернативні методичні рішення.

3. Принцип когерентності засіб–метод (ТРАСК-узгодження). Засоби мають відповідати ТРАСК-шару, якого потребує метод; вибір засобу є *метод-керованим*, а не технологічно-керованим: L1 (IDE, компілятори) підтримують СК-орієнтовані С-методи, L2 (Moodle, Google Classroom) – ТРК-орієнтовані І-методи, L3 (Arduino, Raspberry Pi) – ТСК-орієнтовані С-методи з апаратним компонентом. Центральна тріада (колаборативне + PBL + проєктне) потребує L2-платформи для координації групової роботи [417], [544], [592]. Приклад: курс «Програмування» на С-рівні використовує IDE (L1) для індивідуального конструювання алгоритмів, а курс МНІ на І-рівні – Moodle Workshop (L2) для взаємного рецензування методичних розробок.

4. Принцип доповнюваності модальностей. Очні та онлайн-модальності мають доповнювати, а не дублювати одна одну. Очні заняття оптимальні для діяль-

ності з фізичною співприсутністю, негайним зворотним зв'язком і невербальною комунікацією: лабораторні роботи з програмування (34,3 %), мікрОВикладання (13,3 %), парне програмування (2,3 %); онлайн – для масштабованої асинхронної діяльності з гнучким темпом: самостійна робота (52,3 %), онлайн-курси (25,0 %); семінари-практикуми (37,3 %) – типова комбінована форма (теорія асинхронно, практика очно). Приклад: у курсі МНІ теоретичний матеріал доставляється асинхронно через Moodle, а очна сесія присвячена мікрОВикладанню – діяльності, що потребує співприсутності для повноцінного зворотного зв'язку.

5. Принцип часової оркестрації (фазового проєктування). КН – це не механічне змішування форматів, а цілеспрямоване проєктування навчальних фаз. Трифазна модель [286]:

- передаудиторна фаза (дослідження через когнітивну присутність): асинхронне опрацювання матеріалу – відеолекція, читання, мінітест (онлайн-асинхронна форма, P/A-рівень, Moodle/L2);
- аудиторна фаза (інтеграція через соціальну присутність): спільне розв'язання задач – лабораторна, дискусія, парне програмування (очна синхронна форма, C/I-рівень, IDE/L1);
- післяаудиторна фаза (рефлексія через викладацьку присутність): зворотний зв'язок викладача, рефлексивний запис, форум (онлайн-асинхронна форма, C-рівень, Moodle/L2).

Кожна фаза має власну комбінацію форми, методу та засобу; якість навчального досвіду визначає когерентність цих комбінацій між фазами. Зростання взаємонавчання (з 13 % до 29 %) підтверджує потребу в міжфазній спільноті, що забезпечує безперервність взаємодії [158], [271]. Приклад – тижневий цикл курсу «Програмування»: відеолекція та мінітест у Moodle (понеділок–середа), лабораторна робота в парах над задачами підвищеної складності (четвер), рефлексивний запис у щоденнику Moodle та обговорення на форумі (п'ятниця–неділя).

Узагальнення п'яти принципів оркестрації подано у табл. 4.1, де для кожного принципу зазначено теоретичну рамку, ключовий емпіричний індикатор та проєктне рішення.

Комбінаційна призма дозволяє ідентифікувати п'ять дефіцитів – прогалин не в окремих формах, методах чи засобах, а саме в їх *комбінуванні*.

1. Дефіцит перевернутого класу: згадане вище найнедовикористаніше поєднання, хоча саме ця модель узгоджена з усіма п'ятьма принципами оркестрації:

Таблиця 4.1 – П'ять принципів оркестрації: теоретичне підґрунтя та емпіричне обґрунтування

№	Принцип	Рамка	Індикатор	Проектне рішення
1	ICAP-висхідне комбінування	ICAP [232]	Лекції-як-метод 40 %→8 %	Оркестраційні пакети $P \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow I$
2	CoI-збалансоване комбінування	CoI [288]	Перевернутий клас 2,7 %	Перевернутий клас як базовий формат
3	Когерентність засіб-метод	TPACK [417]	Moodle як репозиторій 11,7 %	Метод-керований вибір засобів
4	Доповнюваність модальностей	КН [301]	КН 19,3 %, $d = 0,35$	Очне для безпосередньої взаємодії, онлайн для масштабу
5	Часова оркестрація	CoI фази [286]	Взаємонавчання 13 %→29 %	Трифазне проектування кожного тижня

Р-контент асинхронно (принцип 4), С/І-активність синхронно (принцип 1), три СоІ-присутності (принцип 2), засоби відповідають методам (принцип 3), фази розмежовані (принцип 5). *Відповідь системи:* перевернутий клас як базовий інтеграційний метод для інформатичних дисциплін (п. 3.2.3).

2. *Розрив форма–метод:* описаний вище 34-відсотковий розрив між лекцією-формою та лекцією-методом свідчить про структурну інерцію: розклад передбачає «лекційні» пари, які викладачі наповнюють активним змістом без відповідного технічного забезпечення та групової організації – порушуються принципи 1 (ICAP-рівень методу не відповідає формі) та 2 (соціальна присутність неможлива в лекційному форматі). *Відповідь системи:* трансформація лекційних занять у практичні/лабораторні; лекційний контент – асинхронно через LMS.

3. *Розчленування засіб–метод:* Moodle (11,7 %) використовується переважно як репозиторій контенту (А-рівень), а не колаборативна платформа (І-рівень – форуми, вікі, взаємооцінювання); у пострадянському регіоні – здебільшого для роздавання матеріалів. Це технологічна доступність без методичної інтеграції: порушується принцип 3 – L2-засіб використовується на А-рівні замість І-рівня [206], [248]. *Відповідь системи:* редизайн Moodle як ТРК-основи з колаборативною діяльністю – форуми, Workshop для взаємооцінювання, вікі (п. 3.2.3).

4. *Знехтування парним програмуванням:* єдиний CS-специфічний І-рівневий метод, що природно інтегрує форму (парна робота за одним комп'ютером), метод (безперервна взаємодія того, хто пише код, і того, хто аналізує) та засіб (IDE зі спільним редагуванням), використовується вкрай мало, хоча мета-аналіз

N. Salleh [478] підтверджує його позитивний вплив на якість коду та навчальні досягнення. *Відповідь системи:* обов'язкове парне програмування в курсах програмування (п. 3.2.3).

5. *Розрив оцінювання–оркестрації:* тести (43,7 %) вимірюють ізольовані знання, але не здатність спроектувати узгоджену комбінацію форма + метод + засіб. Формувальне оцінювання [426], зокрема взаємооцінювання (9,0 %), дозволяє оцінювати саме інтеграційні компетентності; інакше порушується принцип конструктивного узгодження [191]. *Відповідь системи:* ТРАСК-інтегроване оцінювання – студенти проєктують власні КН-епізоди й обґрунтовують вибір компонентів через матрицю оркестрації (рис. 4.2); рубрики включають критерій «узгодженість форми, методу та засобу» (п. 3.2.5, рис. 3.11).

Усі п'ять дефіцитів мають спільну природу: вони виникають не через відсутність окремих компонентів (п. 3.2.3), а через відсутність їх *системного комбінювання* – поле володіє компонентами, але не інтегрує їх.

Узагальнюючи теоретичний аналіз та емпіричні дані, формулюємо п'ять проєктних рішень щодо реалізації другої організаційно-педагогічної умови:

1. **Трирамкова оркестрація як принцип проєктування:** кожна навчальна активність проєктується через одночасне узгодження CoI (форма), ICAR (метод) і ТРАСК (засіб) відповідно до матриці оркестрації (рис. 4.2); кожен епізод перевіряється за трьома критеріями: чи активовані потрібні CoI-присутності? чи досягнуто цільового ICAR-рівня? чи узгоджений ТРАСК-шар засобу з методом? [191], [232]. Оригінальність рішення – в одночасному застосуванні трьох рамок як критеріїв взаємної перевірки в єдиному проєктному інструменті.
2. **Перевернутий клас як базовий метод комбінювання:** асинхронна Р-доставка контенту (Moodle-відео та тест самоперевірки) змінюється синхронною С/І-активністю; як єдиний метод, що природно реалізує всі п'ять принципів оркестрації, він стає базовим форматом інформатичних дисциплін, усуваючи згаданий критичний дефіцит [288].
3. **ICAR-висхідне керування протягом навчальної програми:**
 - 1 курс (рівні Р та А): асинхронний контент та індивідуальні засоби – студент опановує базові СК через відеолекції та структуровані завдання;
 - 2–3 курси (рівень С): PBL та проєктні засоби – студент конструює рішення в малих групах, використовуючи IDE та LMS;

— 3–4 курси (рівень І): колаборативне навчання та платформи спільнот – студент взаємодіє як вчитель, проєктує та проводить КН-уроки.

Ця прогресія дзеркалює ТРАСК-прогресію з п. 4.1.1 та узгоджується з циклічною моделлю проєктування (рис. 3.4).

4. **Moodle як платформа оркестрації:** не репозиторій контенту, а інструмент координації навчальної діяльності – планування та розподіл завдань, автоматичне управління групами, вбудоване взаємооцінювання (Workshop), LA. Moodle стає ТРК-основою, що технічно уможлиблює всі п'ять принципів: фазове проєктування через обмеження доступу за датами (принцип 5), колаборативна діяльність через форуми та вікі (принцип 2), ICAP-прогресію через різноманітність типів діяльності (принцип 1) [301], [405].
5. **Компетентність «вчитель-оркестратор»:** знати, *коли і як* комбінувати методи, – це РСК КН, специфічна професійна компетентність, що не формується автоматично з СК і РК. Простором її розвитку є педагогічна практика (44,3 %), простором перевірки в контрольованих умовах – мікровикладання (п. 3.2.4, рис. 3.10); оцінювання інтегрується в тришарову архітектуру (рис. 3.11).

Кожне рішення стосується конкретного компонента системи: трирамкова оркестрація задає наскрізний принцип технологічного компонента; перевернутий клас реалізує форми і методи (п. 3.2.3); ICAP-прогресія структурує змістовий компонент (п. 3.2.2); Moodle забезпечує інструментальну основу (п. 3.2.3); вчитель-оркестратор визначає цільовий компонент (п. 3.2.1).

Отже, педагогічна оркестрація на основі синтезу CoI, ICAP і ТРАСК забезпечує методологічну рамку технологічного компонента, визначаючи, *яким чином* організовується навчальний процес для досягнення ТРАСК-інтеграції (п. 4.1.1). Проте ефективне керування навчальною взаємодією вимагає від суб'єктів навчання відповідного рівня ЦК – звідси третя умова.

4.1.3. Розвиток цифрової компетентності майбутніх учителів

Третя умова – цілеспрямований розвиток ЦК майбутніх учителів інформатики. Якщо ТРАСК-інтеграція (п. 4.1.1) визначає *знанняву структуру*, а педагогічне керування (п. 4.1.2) – *методологічну рамку*, то ЦК визначає *компетентнісний профіль* – що повинен уміти робити вчитель інформатики; це конкретизація ТРАСК у вимірюванні, розвивальні компетентності.

Теоретичним підґрунтям третьої умови є Європейська рамка ЦК педагога DigCompEdu [467] із шістьма областями компетентності: (1) професійна залученість; (2) цифрові ресурси; (3) навчання і викладання; (4) оцінювання; (5) розширення можливостей студентів; (6) сприяння розвитку ЦК студентів. Кожна область має шість послідовних рівнів володіння – від А1 (Новачок) до С2 (Піонер) [221], [290]; області 1–3 охоплюють власну цифрову практику педагога, області 4–6 – педагогічну ЦК, тобто здатність розвивати ЦК в учнів.

Для вчителя інформатики DigCompEdu набуває специфіки через дуальність СК і ТК (п. 4.1.1): якщо для більшості вчителів ЦК – використання технологій як *інструменту* викладання свого предмета, то для вчителя інформатики *предмет є технологією*. Звідси подвійна вимога: (а) загальна педагогічна ЦК (області 1–6 як для будь-якого вчителя) та (б) предметно-специфічна цифрова майстерність (СК і ТК як зміст інформатики). СК-знання природно живлять області 2–6, створюючи підсилювальний цикл – «перевагу ЦК» вчителя інформатики; водночас виникає ризик «хибного техно-педагогічного ототожнення», за якого технічна грамотність (СК/ТК) помилково ототожнюється з педагогічною ЦК (ТРК): вчитель, що вільно програмує на Python, вважає себе автоматично здатним навчати програмування [365], [417]. Оскільки кінцевою метою підготовки є здатність *навчати*, а не лише володіти предметом, педагогічну складову (РСК/ТРК) система розвиває цілеспрямовано, не покладаючись на її «автоматичне» виникнення з технічної майстерності.

Falloon [273] обґрунтовує перехід від «цифрової грамотності» (вміння використовувати інструменти) до «ЦК» (критичне, творче, етичне, контекстно-чутливе використання технологій) – перехід, особливо значущий для вчителів інформатики, які зазвичай цифрово грамотні, але можуть не володіти педагогічною ЦК (ТРК/ТРАСК).

Зв'язок DigCompEdu з чотирикритеріальною моделлю, обґрунтованою у діагностично-результативному компоненті (табл. 3.3), забезпечує реалізацію компетентнісного профілю:

- когнітивний критерій відповідає DigCompEdu-областям 2 і 3 (цифрові ресурси, навчання і викладання) та СК/ТК-знанням: знання ЦТ та їх педагогічного потенціалу;
- операційно-діяльнісний критерій відповідає DigCompEdu-областям 1, 3 і 4 (професійна залученість, навчання, оцінювання) та ТРК-умінням: здатність

практично застосовувати ЦТ в навчальному процесі;

- мотиваційно-ціннісний критерій відповідає DigCompEdu-області 5 (розширення можливостей студентів) та професійній ідентичності: ціннісне ставлення до цифровізації освіти;
- рефлексивно-оцінювальний критерій відповідає DigCompEdu-області 6 (сприяння розвитку ЦК студентів) та здатності до самооцінки: рефлексія власного рівня ЦК та його розвиток.

Дані розділу 2 дозволяють реінтерпретувати емпіричні індикатори з позицій ЦК.

М'які навички як непрямий показник DigCompEdu. Командна робота (47,7 %) проєктується на області 1 і 5, критичне мислення (45,3 %) – на область 6, рефлексивна практика (44,7 %) – на область 4, комунікація (43,3 %) – на область 3; зростання взаємонавчання з 13 % до 29 % є прямим індикатором області 6 – студенти навчаються навчати інших використовувати цифрові інструменти. Проте всі чотири ключові навички стабілізуються на рівні 43–48 %: *більше половини програм не розвивають ці компетентності систематично* – індикатор розриву ЦК.

Оцінювання як індикатор вимірювання ЦК. Тести (43,7 %) та письмові іспити (14,3 %) вимірюють СК, а не ЦК; проєкти (36,0 %) та портфоліо (11,7 %) *можуть* вимірювати ЦК за умови DigCompEdu-орієнтованого дизайну; взаємооцінювання (9,0 %) та самооцінювання (2,7 %) безпосередньо відповідають областям 4 і 6, але критично недовикористані. Виникає *розбіжність оцінювання–компетентності*: програми розвивають м'які навички ($\approx 45\%$), але вимірюють їх тестами ($\approx 44\%$), що порушує принцип конструктивного узгодження [191].

Інструментальна різноманітність як індикатор цифрового середовища. Диверсифікація засобів і зростання онлайн-платформ (з 0 % до 16 %) відображають розширення цифрового середовища, проте наявність засобу ще не означає ЦК: Moodle як репозиторій (А-рівень за ICAP [232]) – це цифрова грамотність, Moodle для колаборативного оцінювання (І-рівень) – ЦК [273].

Аналіз часової динаміки за трьома періодами виявляє еволюцію від цифрової грамотності до ЦК.

Ера 1 (≤ 2008): ера цифрової грамотності. ЦК ототожнюється зі здатністю використовувати комп'ютер: чотири ключові навички стабільні, але орієнтовані на технічне оперування; тести, практична демонстрація – вимірюються навички, а не компетентності. Еквівалент DigCompEdu: A1–A2 – програми навчають інформати-

ки як предмета, не розвиваючи педагогічну ЦК.

Ера 2 (2009–2016): ера цифрової інтеграції. ЦК починає диференціюватися від грамотності: взаємонавчання зростає, онлайн-платформи – технологія входить у педагогіку здебільшого як доставка контенту (активний рівень); практична демонстрація знижується, проекти зростають. Еквівалент DigCompEdu: B1 (Інтегратор); рамка ТРАСК [417] створює концептуальне підґрунтя педагогічної ЦК.

Ера 3 (2017–2024): ера ЦК. Взаємонавчання сягає 29 %, рефлексивна практика зростає до 46 %, онлайн-платформи до 16 %, Scratch 20 % (низькопорогові, педагогічно орієнтовані засоби); еквівалент DigCompEdu: B1–B2. COVID-19 (2020+) прискорив перехід, проте самооцінювання (2,7 %) і формувальне оцінювання (1,3 %) майже не використовуються – рефлексивний вимір критично нерозвинений.

Ключова тенденція: еволюція від цифрової грамотності до ЦК узгоджується з рамкою ЦК вчителя [273]; поле перебуває на переході між ерами 2 та 3 – інтеграція зростає, але системний розвиток компетентності відсутній [221], [573].

Регіональний аналіз даних розділу 2 виділяє чотири моделі розвитку ЦК: пострадянську (технічно-домінантну – сильна область 2, слабкі області 4–6 DigCompEdu), північноамериканську (педагогічно-збалансовану – рівномірний розвиток усіх шести областей), західноєвропейську (дидактико-опосередковану – сильна область 3) та азійсько-океанійську (колаборативну – сильна область 5); детальні регіональні показники наведено в табл. 2.30 та 2.32.

Проектний висновок: українська система (пострадянська модель) має компенсувати дефіцит областей 4–6 DigCompEdu через запровадження систематичного оцінювання ЦК (а не лише технічних навичок), практик взаємо- та самооцінювання та явних DigCompEdu-орієнтованих результатів навчання.

Узагальнення зв'язків DigCompEdu, доменів ТРАСК та чотирьохкритеріальної моделі подано в інтеграційній карті (рис. 4.3) – проектному інструменті, що забезпечує охоплення кожним курсом конкретних DigCompEdu-областей, ТРАСК-доменів та критеріїв вимірювання. Карта поєднує чотири рівні: шість областей ЦК педагога (ліворуч), сім ТРАСК-доменів як з'єднувальні вузли (центр) та чотири критерії з емпіричними індикаторами розділу 2 (праворуч), а внизу подано прогресію рівнів володіння від А1 до С1 за роками навчання. Штрихована рамка СК і ТК позначає дуальність вчителя інформатики, а кольори областей DigCompEdu розрізняють власну цифрову практику (області 1–3, синій) та педагогічну ЦК (області 4–6, оранжевий).

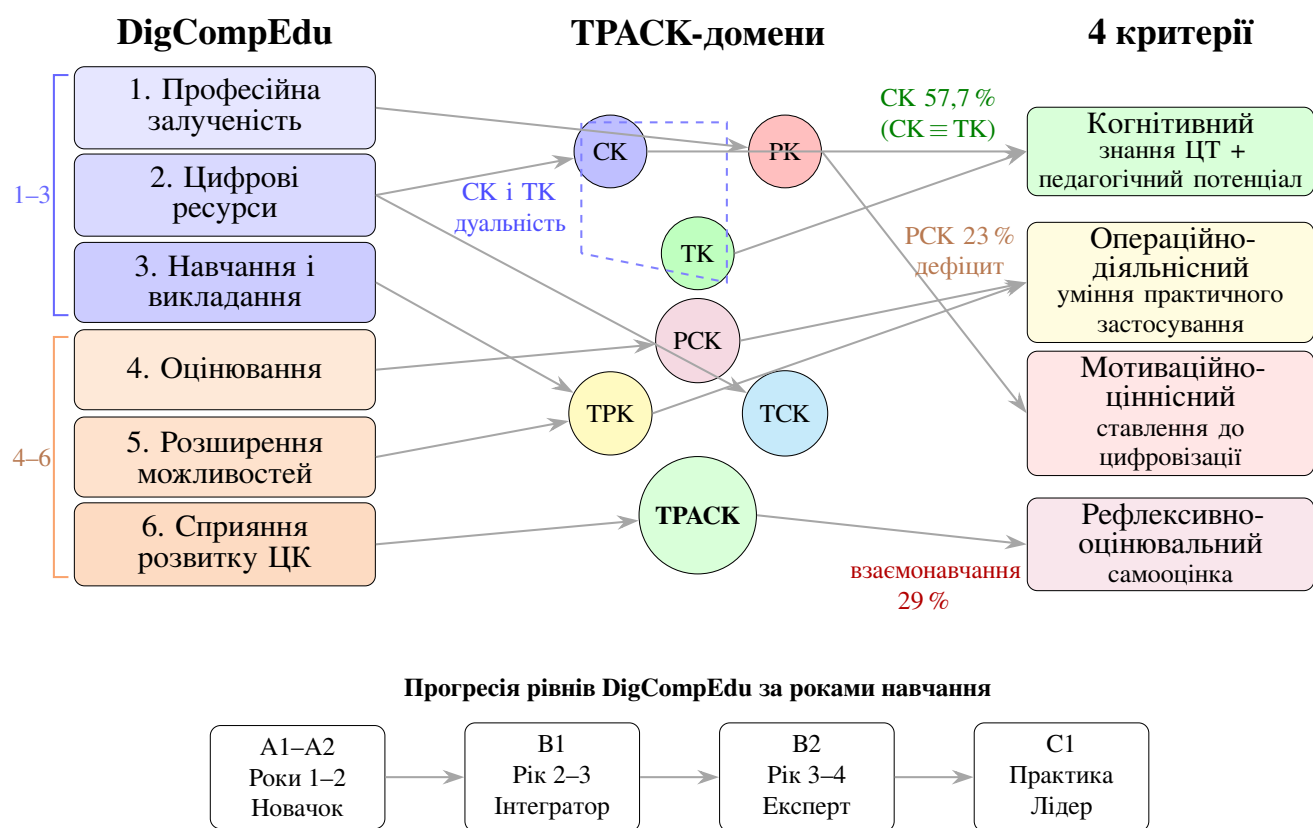


Рис. 4.3 – Інтеграційна карта DigCompEdu, TRASK і чотирикритеріальної моделі

Реалізація третьої умови забезпечується п'ятьма принципами розвитку ЦК.

1. Принцип дворівневого розвитку. Загальна педагогічна ЦК (області 1–6) та предметно-специфічна ЦК (СК і ТК як зміст інформатики) мають розвиватися *паралельно*, а не послідовно, тоді як за даними розділу 2 СК (57,7 %) та РК (36,7 %) у більшості програм розвиваються в ізольованих треках. Принцип пов'язаний з TRASK-дуальністю (п. 4.1.1): знаннева інтеграція СК–РК–ТК є передумовою компетентнісного розвитку [273], [417], [467].

2. Принцип компетентності через занурення. ЦК розвивається не через курси *про* цифрові інструменти, а через занурення *у* цифрове середовище в усіх дисциплінах: інформатичні (СК і ТК) розвивають області 2 та 6, педагогічні (РК) – 3 та 5, методичні (РСК і ТРК) – 3 та 4, педагогічна практика (ТРАСК) – всі 6 одночасно (чотири шляхи інтеграції, п. 3.2.3). Наскрізність забезпечується також науковою діяльністю студентів – курсовими й дипломними роботами з використанням ЦТ, участю в конференціях [65], [127], [221], [512].

3. Принцип рефлексивної ЦК (самооцінка як механізм розвитку). Рефлексивно-оцінювальний критерій (табл. 3.3) вимагає систематичної самооцінки ЦК, яка у програмах, як показано вище, фактично відсутня. На основі валідованого

підходу до DigCompEdu-самооцінки [290] розроблено авторську методику самооцінки ЦК, яку застосовують у чотирьох контрольних точках (вхід А1–А2 через В1 та В2 до випускного рівня С1), узгоджених із прогресією навчального плану та чотирикритеріальною моделлю (п. 3.2.5). Вчителі, які навчаються оцінювати власну ЦК, здатні сприяти розвитку ЦК в учнів [426], [466].

4. Принцип прогресивного володіння. Рівні DigCompEdu узгоджуються з прогресією навчального плану: рік 1 – А1–А2 (цифрові інструменти для власного навчання), рік 2 – В1 (навчання інших), рік 3 – В2 (проектування цифрових навчальних досвідів), рік 4 – С (інновації та менторство). Прогресія паралельна ТРАСК- (п. 4.1.1, рис. 4.1) та ІСАР-прогресії (п. 4.1.2, рис. 4.2): знаннева інтеграція, когнітивна активізація та компетентнісний розвиток прогресують синхронно [191], [467]; зростання взаємонавчання свідчить про рух поля до рівнів С1.

5. Принцип критичного цифрового громадянства. ЦК включає етичний, безпековий та благополучний виміри: область 5 охоплює цифрове благополуччя, доступність, інклюзію, а для вчителів інформатики розширюється до відповідального використання АІ, конфіденційності даних, усвідомлення алгоритмічної упередженості [544], [573]. Дані розділу 2: АІ лише 4,3 %, інформаційна безпека 2,7 % – критичний розрив, що набуває актуальності з входженням АІ-інструментів в освіту.

Узагальнення п'яти принципів розвитку ЦК та їх зв'язків з DigCompEdu-областями, емпіричними індикаторами та проектними рішеннями подано у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – П'ять принципів розвитку ЦК: DigCompEdu-області, емпіричні індикатори та проектні рішення

№	Принцип	Область DigCompEdu	Індикатор	Проектне рішення
1	Дворівневий розвиток	Усі 6 областей + СК і ТК	СК 57,7 % і РК 36,7 % ізолювано	Паралельний розвиток загальної та предметної ЦК
2	Компетентність через занурення	2, 3, 4, 5, 6	4 шляхи інтеграції (п. 3.2.3)	DigCompEdu-орієнтоване проектування кожної дисципліни
3	Рефлексивна ЦК	4, 6	Самооцінка 2,7 %	DigCompEdu-самооцінка у 4 точках
4	Прогресивне володіння	1→6 за рівнями	Взаємонавчання 13 %→29 %	А→В→С за роками навчання
5	Критичне цифрове громадянство	5	АІ 4,3 %, інформаційна безпека 2,7 %	Етика АІ, конфіденційність, інклюзія

DigCompEdu-призма виявляє шість дефіцитів ЦК – прогалин не у знаннях

чи засобах, а саме в компетентнісному розвитку.

1. *Дефіцит самооцінювання*: без самооцінки студенти не можуть розвинути усвідомлення власного рівня ЦК, а рівень B2+ потребує самокерованого розвитку. *Відповідь системи*: DigCompEdu-самооцінка у 4 контрольних точках (принцип 3).

2. *Дефіцит взаємооцінювання*: лише 9,0 % попри конструктивістський акцент, хоча взаємооцінювання одночасно розвиває області 4 і 6 та найбезпосередніше поєднує «бути оціненим» і «навчитися оцінювати» [426]. *Відповідь системи*: обов'язкове взаємооцінювання у методичних дисциплінах через Moodle Workshop (п. 3.2.3).

3. *Дефіцит портфоліо*: портфоліо – єдиний тип оцінювання, здатний зафіксувати розвиток ЦК поетапно (тести вимірюють зрізи СК), проте охоплює лише десяту частину програм. *Відповідь системи*: цифрове професійне портфоліо як інтегровальне оцінювання протягом 4 років (рис. 3.11).

4. *Дефіцит формувального оцінювання*: компетентність, на відміну від знань, розвивається через безперервний зворотний зв'язок; домінування тестів над формувальним оцінюванням (співвідношення $\approx 34:1$) – найвиразніший дисбаланс оцінювання в даних розділу 2. *Відповідь системи*: формувальне оцінювання, вбудоване в кожен курс через аналітику Moodle та зворотний зв'язок від однолітків (п. 4.1.4).

5. *Дефіцит AI/цифрового громадянства*: програми майже не охоплюють згадані вище тематики AI та інформаційної безпеки, хоча область 5 вимагає відповідального цифрового громадянства – етики AI, конфіденційності даних, цифрового благополуччя. *Відповідь системи*: модуль AI-грамотності, інтегрований у методичні дисципліни.

6. *Хибне техно-педагогічне ототожнення*: пострадянська модель з її інструментальним СК/ТК-акцентом передбачає, що технічні навички автоматично переносяться в педагогічну ЦК, проте тести вимірюють СК, а не ЦК – механізму верифікації перенесення не існує; це найнебезпечніший розрив для підготовки вчителів інформатики. *Відповідь системи*: явне РСК/ТРК-оцінювання, де студенти демонструють не лише технічну навичку, а здатність *навчати* за допомогою технології та про неї (п. 3.2.5, рис. 3.11).

Усі шість дефіцитів мають спільну природу: СК/ТК забезпечені (СК – 57,7 % досліджень за оглядом), але *систематичний розвиток ЦК* як інтегральної професійної якості відсутній – кожен дефіцит є проявом розриву між цифровою

грамотністю та ЦК [273], [467].

П'ять проектних рішень щодо реалізації третьої умови:

1. **DigCompEdu як рамка ЦК педагогів.** Усі результати навчання явно зіставляються з DigCompEdu-областями та рівнями володіння: кожен курс визначає, які області та до якого рівня він розвиває, – простежувана, вимірювана система, узгоджена з європейськими стандартами [467]; проектним еталоном слугує інтеграційна карта (рис. 4.3).
2. **Дворівневий розвиток ЦК за навчальною програмою.** (а) Загальна педагогічна ЦК – через педагогічні та методичні дисципліни (області 1, 3, 4, 5); (б) предметно-специфічна – через інформатичні (області 2 і 6, збіг СК і ТК); обидва рівні прогресують від А до С протягом 4 років та інтегруються через педагогічну практику, у зв'язку з ТРАСК- (п. 4.1.1) та ІСАР-прогресією (п. 4.1.2).
3. **DigCompEdu-самооцінка у 4 контрольних точках** за авторською методикою (на основі валідованого підходу DigCompEdu-самооцінки [290]): вхід (А1–А2), середина 2-го року (В1), перед практикою на 3-му році (В2), випуск (С1); результати інформують індивідуальні траєкторії розвитку та програмну рефлексію, усуваючи дефіцит самооцінювання.
4. **Цифрове професійне портфоліо як інтегрувальне оцінювання:** поетапний збір свідчень ЦК (цифрові артефакти – плани уроків, е-ресурси, програмні проекти; результати DigCompEdu-самооцінки; зворотний зв'язок від однокласників; рефлексії практики) замість фрагментарного тестування; одночасно усуває дефіцити портфоліо, формувального оцінювання та взаємооцінювання [65], [127].
5. **Критичне цифрове громадянство як наскрізна компетентність:** АІ-грамотність, конфіденційність даних, алгоритмічна етика, цифрове благополуччя інтегруються в усі інформатичні дисципліни як наскрізний вимір, усуваючи дефіцити АІ та інформаційної безпеки [573].

Зв'язок третьої умови з системою: ЦК конкретизує цільовий компонент (п. 3.2.1), пов'язується з архітектурою оцінювання (п. 3.2.5, рис. 3.11), спирається на ТРАСК-інтеграцію (п. 4.1.1) та педагогічне керування (п. 4.1.2). Проте розвиток ЦК потребує безперервного моніторингу – звідси четверта умова.

4.1.4. Моніторинг на основі навчальної аналітики

Четверта умова – моніторинг на основі LA – є інфраструктурою зворотного зв'язку, що робить методичну систему доказовою та адаптивною: якщо ТРАСК-інтеграція (п. 4.1.1) визначає, *що* має знати вчитель, педагогічне керування (п. 4.1.2) – *як* комбінувати форми, методи та засоби, а ЦК (п. 4.1.3) – *якими* компетентностями має володіти випускник, то LA забезпечує *докази* досягнення цих цілей та *зворотний зв'язок* для вдосконалення. Без LA система розімкнена (рішення приймаються інтуїтивно), з LA – замкнена (рішення ґрунтуються на даних).

LA як дисципліна визначається як «вимірювання, збір, аналіз та звітування даних про тих, хто навчається, та їхні контексти з метою розуміння й оптимізації навчання та середовищ, в яких воно відбувається» [531]. Три фундаментальні зобов'язання цієї дисципліни: (1) дані *про навчання*, а не лише про тих, хто навчається; (2) метою є оптимізація, а не спостереження; (3) контекст має значення. D. Gašević, S. Dawson та G. Siemens [289] наголошують: «LA – це *про навчання*» – не технологічна інфраструктура, а педагогічний інструмент.

Три покоління аналітики визначають цільовий рівень для методичної системи: *deskriptivna* (що відбулося? – логи, завершення, розподіли оцінок; рівень більшості поточного використання Moodle); *diagnostichna/prediktivna* (чому? що станеться? – ідентифікація ризиків, прогнозування: R. Conijn, C. Snijders, A. Kleingeld та U. Matzat [236] демонструють, що дані LMS – частота входів, перегляд ресурсів, часові закономірності – прогнозують успішність студентів у 17 курсах Moodle); *preskriptivna* (що слід зробити? – адаптивні траєкторії, персоналізація). Саме останній рівень демонструють дослідження автора: диференціальні ефекти дизайну курсів Moodle на субпопуляції студентів [502], багатовимірний аналіз компонентів Moodle та закономірностей оцінювання [503].

Критичне значення LA обґрунтовується «вузьким місцем оцінювання» (розділ 2): тести складають 43,7 % типів оцінювання, формувальне оцінювання – лише 1,3 % (співвідношення 34:1), тож зворотний зв'язок надходить лише у підсумкових контрольних точках – запізно для втручання. LA розмикає це вузьке місце, автоматизуючи безперервний збір даних; зворотний зв'язок – одна з найпотужніших педагогічних інтервенцій [313], але потребує оперативних даних, без LA недоступних.

LA набуває тут дуальності, аналогічної попереднім умовам (пп. 4.1.1, 4.1.3): (а) *інструмент* моніторингу студентів викладачем-методистом; (б) *компетентність*, яку майбутній вчитель має опанувати для власної практики. Учитель інформатики унікально підготовлений до LA – його СК (бази даних, алгоритми, статистика) є безпосереднім підґрунтям технічної LA-компетентності; водночас А. F. Wise та D. W. Shaffer [580] наголошують, що аналітикою має керувати теорія, а не доступність даних. Чотирикритеріальна модель (п. 3.2.5) визначає, *що* вимірювати; оркестраційні принципи (п. 4.1.2) – *де* збирати дані; DigCompEdu (п. 4.1.3) – *як* інтерпретувати їх як індикатори компетентності.

Дані розділу 2 дозволяють переінтерпретувати оцінювання, технології та методи як індикатори аналітичної готовності та аналітичних прогалин.

Згаданий дефіцит формувального оцінювання суттєво обмежує LA: за відсутності формувальних контрольних точок аналітика змушена спиратися на підсумкові оцінки, які фіксують результат, але майже не відображають процес його досягнення, тоді як для ефективної LA потрібні численні проміжні дані, придатні для своєчасного коригування навчальної траєкторії.

Кожен тип оцінювання може бути підсилений LA (табл. 4.3): тести – автоматичним аналізом завдань і виявленням хибних уявлень; проекти – процесною аналітикою (ітерації, контроль версій, логи групової діяльності); портфоліо – поетапним відстеженням компетентності (е-портфоліо з LA [461] вимірює *розвиток*, а не лише рівень); взаємооцінювання – аналізом міжекспертної узгодженості та калібруванням; самооцінювання – порівнянням з об’єктивними даними успішності як фундаментом саморегульованого навчання [426], [475]; формувальне оцінювання – зворотним зв’язком у реальному часі та адаптивними тестами, де LA додає найбільшу цінність, трансформуючи 1,3 % на 100 % курсів [195], [539].

LMS як інфраструктура LA: Moodle (11,7 %) надає вбудовану аналітику (завершення діяльності, аналітика оцінок, звіти про залученість і участь), онлайн-платформи (10,7 %) – часткову; загалом близько 22 % досліджень фіксують *певну* аналітичну інфраструктуру, але менше 2 % використовують її для формувальних цілей. Виникає суперечність «багато даних – мало змістовних висновків»: програми дедалі ширше *використовують* цифрові інструменти, генеруючи масиви даних, але не *аналізують* їх – дані існують, аналітична культура ні.

М’які навички з позицій LA: рефлексивна практика (44,7 %) – LA уможливорює доказову рефлексію замість наративної; командна робота (47,7 %) – аналітика спів-

Таблиця 4.3 – Підсилення типів оцінювання LA на основі даних розділу 2

Тип оцінювання	Частка	LA-підсилення	Рівень LA	Ключовий вихід
Тести	43,7 %	Аналіз завдань, виявлення хибних уявлень	Дескриптивний / діагностичний	Індекс складності, карта опанування
Проекти	36,0 %	Процесна аналітика, відстеження співпраці	Діагностичний	Розподіл зусиль, дотримання етапів
Практична демонстрація	39,3 %	Відеоанотація, рубрики спостереження	Дескриптивний	Траєкторії навичок, прогресія
Портфоліо	11,7 %	Відстеження розвитку компетентності в часі	Предиктивний	Криві зростання, швидкість розвитку
Взаємооцінювання	9,0 %	Аналіз надійності, калібрування	Діагностичний	Міжекспертна узгодженість
Самооцінювання	2,7 %	Калібрування проти об'єктивних даних	Прескриптивний	Метакогнітивна точність
Формувальне	1,3 %	Зв'язок у реальному часі, адаптивні тести	Прескриптивний	Персоналізовані траєкторії

праці через пости на форумах, правки у вікі, спільне редагування; взаємонавчання (23,0 %, зростання з 13 до 29 %) – дані спостереження за однолітками, аналітика рубрик [551].

Часова динаміка трьох періодів (≤ 2008 , 2009–2016, 2017–2024) виявляє три ери аналітичної готовності.

Ера 1 (≤ 2008): доаналітична – оцінювання як епізодичне вимірювання: усе підсумкове й ручне, LMS та інфраструктура даних відсутні, моніторинг – спостереження викладача та паперовий журнал, зворотний зв'язок однонаправлений і затриманий. Аналітична готовність: A1.

Ера 2 (2009–2016): поява даних – Moodle та онлайн-платформи створюють інфраструктуру для LA, але використовують її для доставки контенту; в оцінюванні досі домінують тести (43 %), проекти зростають (31 %). Прогностичні моделі з'являються у дослідженнях (R. Conijn, C. Snijders, A. Kleingeld та U. Matzat [236] – дані LMS прогнозують успішність), A. O. Salonen, A. Tapani та S. Suhonen [479] аналізують онлайн-активність студентів з позицій LA у фінській педагогічній освіті – одне з перших досліджень на перетині LA та підготовки вчителів; у практику це не переходить. Аналітична готовність: A2–B1.

Ера 3 (2017–2024): аналітична можливість – Moodle стабілізується, онлайн-платформи зростають (з 8 % до 16 %), Scratch – з 12 % до 20 %, рефлексивна практика – з 43 до 46 %; COVID-19 активізує та прискорює впровадження LMS. Проте аналітична культура не встигає за інфраструктурою (згадані мізерні час-

тки формувального оцінювання та самооцінювання). Дослідження автора демонструють, що це *можливо*: – досліджено диференціальні ефекти на субпопуляції студентів через аналіз Moodle [502]; – виявлено багатовимірні закономірності компонентів Moodle [503]; – здійснено інтелектуальний аналіз освітніх даних для закономірностей вибору курсів [488]; саме такі типи аналізу мають впроваджувати програми підготовки. Аналітична готовність: B1–B2.

Ключовий часовий висновок: галузь на критичній точці перегину – інфраструктура на місці, педагогічна потреба визнана, але розрив впровадження LA зберігається; саме тут інтервенція четвертої умови найактуальніша.

Переосмислені як профілі аналітичної готовності (за тією ж шкалою рівнів A1–C2, що й у розвитку ЦК, п. 4.1.3), чотири регіональні моделі помітно різняться за впровадженням LA. Пострадянський регіон має максимальний *невикористаний* потенціал: масив оцінювальних даних (тести) і найвища присутність Moodle поєднуються з ручним моніторингом, а стандарти приписують моніторинг, але не аналітику, – саме цей профіль успадковує українська система. Північноамериканський регіон платформно-багатий, з екосистемною аналітикою переважно на програмному, а не студентському рівні (LA-готовність B1–B2) [261]; західноєвропейський теоретично сильний, але обмежений вимогами приватності (GDPR), з LA-готовністю B1 [153], [383]; азійсько-океанійський спирається на людське спостереження й неявну колаборативну аналітику спільнот (LA-готовність A2–B1). Детальні регіональні показники наведено в розділі 2.

Проектний висновок: українська система має використати пострадянський обсяг оцінювання, додати шар аналітики Moodle та розвинути формувальну аналітичну культуру для трансформації кількості в якість. Багаторівневу архітектуру LA подано на рис. 4.4: вона поєднує чотири рівні – джерела даних (рівень 1), аналітичні процеси трьох поколінь (рівень 2), стейкхолдерів та їхні дії (рівень 3) і результати за чотирикритеріальною моделлю (рівень 4); штрихові стрілки позначають зворотний зв'язок (замкнений цикл), а червоні анотації – поточні показники за даними розділу 2.

LA як організаційно-педагогічна умова реалізується через п'ять теоретично обґрунтованих принципів.

1. *Принцип безперервного формувального зворотного зв'язку.* LA трансформує оцінювання з епізодичних підсумкових подій у безперервний формувальний процес: завершення діяльності у Moodle разом з аналітикою тестів та участю у



Рис. 4.4 – Багаторівнева архітектура LA в методичній системі підготовки вчителів інформатики

форумах утворюють безперервний потік даних, і викладачу не потрібно чекати на іспит для ідентифікації студентів із труднощами. J. Hattie та H. Timperley [313] демонструють, що зворотний зв'язок – один із найвпливовіших педагогічних чинників (розмір ефекту за Коеном 0,73), а P. Black та D. Wiliam [195] обґрунтовують формувальне оцінювання як міст між навчанням і учінням; LA автоматизує те, що формувальне оцінювання обіцяє, але ручні методи не можуть забезпечити у масштабі [551]. *Реалізація*: щотижневі формувальні контрольні точки у Moodle в кожному курсі, щоденна обробка аналітики, сповіщення про ризикових студентів протягом 48 годин.

2. Принцип доказової саморегуляції. LA надає студентам об'єктивні дані про власне навчання – без них самооцінюватися нема на чому (згаданий дефіцит самооцінювання). D. J. Nicol та D. Macfarlane-Dick [426] обґрунтовують, що саморегуляція вимагає порівняння фактичної успішності зі стандартом, а D. R. Sadler [475] наголошує: формувальне оцінювання вимагає від того, хто навчається, відстежувати якість власної роботи – LA робить це можливим. Принцип розвиває рефлексивно-

оцінювальний критерій (п. 3.2.5, табл. 3.3) та пов'язується з DigCompEdu-областю 4 (п. 4.1.3). *Реалізація*: студентські панелі LA в Moodle, що поєднують персональні дані про навчальну активність із запитаннями для самооцінювання; розбіжність між самооцінкою та аналітичними даними стає навчальним сигналом для рефлексії.

3. *Принцип прогностичного реагування*. LA дає змогу завчасно виявляти студентів із ризиком неспішності за поведінковими ознаками: R. Conijn, C. Snijders, A. Kleingeld та U. Matzat [236] доводять прогностичність поведінкових даних LMS; С. О. Семеріков та ін. [502] виявляють, що різні субпопуляції по-різному реагують на ті самі елементи курсу (універсальне втручання неефективне); у іншому дослідження С. О. Семеріков та ін. [503] – визначають, які компоненти курсу корелюють з успішністю. Аналітика програмування (частота компіляцій, типи помилок, час відлагодження, частка пройдених тестів) дає унікальні ранні сигнали, недоступні в інших дисциплінах. *Реалізація*: автоматичні сповіщення про ризик при менше, ніж 50 % завершення діяльності на середині тижня, зниженні частоти входів, затримці подання завдань більше, ніж на 48 год, відсутності участі у форумі протягом 2 тижнів.

4. *Принцип дизайн-орієнтованого вдосконалення*. LA завершує циклічну модель дизайну (п. 3.1, рис. 3.4), забезпечуючи емпіричні докази для перепроєктування курсів: які комбінації метод–форма–засіб (п. 4.1.2) дають найкращі результати, де студенти мають труднощі, які ресурси недовикористовуються. M. Eady, C. Green, D. Fulcher та T. Boniface [261] демонструють вимірюване покращення від перепроєктування дисциплін на основі LA – система стає адаптивною і доказовою замість статичної та інтуїтивної [289]. *Реалізація*: семестровий звіт LA за кожним курсом, перегляд дизайну курсу, порівняння результатів із наступним семестром.

5. *Принцип дуальної аналітичної компетентності*. Вчителі інформатики потребують LA-компетентності і як студенти під моніторингом (розвиток саморегуляції), і як майбутні вчителі, що впроваджуватимуть LA у школах – паралель до дуальностей СК і ТК (п. 4.1.1) та дворівневої ЦК (п. 4.1.3). СК (бази даних, алгоритми, статистика) дає унікальну технічну перевагу, але, за A. F. Wise та D. W. Shaffer [580], теорія має керувати аналітикою – потрібні й технічні навички, й педагогічна теорія; С. О. Семеріков та ін. [488] демонструють тип аналізу, до якого мають бути підготовлені вчителі інформатики. *Реалізація*: 1–2 курси – споживачі аналітики (перегляд панелей, інтерпретація власних даних); 3–4 курси – практики аналітики (проєктування аналітично-усвідомлених завдань, інтерпретація даних

учнів під час педагогічної практики).

Аналітичний підхід виявляє шість дефіцитів впровадження LA – прогалин не в окремих типах оцінювання, а саме в їх аналітичній обробці.

1. *Дефіцит інфраструктури формувального оцінювання*: без формувальних контрольних точок LA не має чого аналізувати, окрім фінальних оцінок, – система продукує *одну* точку даних там, де LA потребує *сотень*. *Відповідь системи*: обов'язкові щотижневі формувальні контрольні точки у Moodle (тести, завершення діяльності, пости на форумах) – трансформація оцінювання у безперервний потік даних (принцип 1).

2. *Розрив самооцінювання–аналітики*: самооцінювання позбавлене аналітичного калібрування – студенти повідомляють суб'єктивні враження без об'єктивних референтних точок. *Відповідь системи*: студентські панелі LA з об'єктивними даними успішності поруч із запитаннями самооцінювання; розбіжність між ними сама стає навчальним сигналом (принцип 2).

3. *Недовикористання аналітики LMS*: жодне з включених досліджень не повідомляє про використання вбудованої аналітики Moodle – LMS слугує репозиторієм контенту, а не аналітичною платформою; 0 % включених досліджень явно згадують LA (поодинокі праці на перетині LA та педагогічної освіти, як, наприклад, А. О. Salonen, А. Tapani та S. Suhonen [479], лишаються поза корпусом огляду). *Відповідь системи*: обов'язкове навчання викладачів аналітиці Moodle, шаблони курсів з плагінами звітності для всіх курсів (принцип 4).

4. *Відсутність аналітики програмування*: програмування домінує у змісті підготовки (50,3 % досліджень), а середовища програмування утворюють найчисленніший шар засобів, генеруючи багаті процесні дані, проте жодне дослідження не повідомляє про аналітику середовища програмування (логи компіляцій, результати тестів, метрики коду, поведінка відлагодження). *Відповідь системи*: інтеграція IDE з LMS (Git-коміти, шаблони помилок компіляції, автоматичні тести, метрики складності коду) – CS-специфічна LA, недоступна в інших дисциплінах (принцип 3).

5. *Дефіцит аналітики взаємооцінювання*: взаємооцінювання без LA-контролю якості може бути ненадійним, підриваючи і валідність, і компетентність оцінювання, яку воно покликане розвивати. *Відповідь системи*: модуль Workshop у Moodle з вбудованою аналітикою (міжекспертна узгодженість, порівняння з еталонними оцінками викладача, виявлення упередженості) (принципи 1, 2).

6. *Дефіцит аналітики портфоліо*: портфоліо оцінюються підсумково напри-

кінці програми, лишаючись статичними колекціями артефактів, тоді як е-портфоліо з LA [461] – *єдиний* тип оцінювання, здатний вимірювати *швидкість розвитку* компетентності, а не лише рівень у точці часу. *Відповідь системи:* цифрова система портфоліо з аналітикою зростання артефактів і прогресії якості протягом 4 років, узгоджена з DigCompEdu-прогресією (п. 4.1.3) (принципи 2, 5).

Синтез теоретичного аналізу та емпіричних даних дозволяє сформулювати п'ять проєктних рішень четвертої умови.

1. **LMS як уніфікована платформа LA.** Уся навчальна діяльність спрямовується через LMS Moodle; вбудована аналітика (завершення діяльності, звіти оцінок, метрики залученості) доповнюється продемонстрованими авторськими аналітичними методами [502], [503], а стандартизований шаблон курсу Moodle забезпечує уніфікований збір даних – подолання суперечності «багато даних – мало змістовних висновків».
2. **Чотирирівнева архітектура аналітики (рис. 4.4).** Джерела даних живлять аналітичні процеси, ті спрямовують дії стейкхолдерів (студентські панелі для саморегуляції, панелі викладачів для втручань, адміністраторів – для якості програми), які втілюються у вимірюванні результатів. Архітектура узгоджується з попередніми умовами: ТРАСК задає логіку джерел даних, педагогічне керування – добір аналітичних процесів, ЦК – інтерпретацію результатів.
3. **Щотижневий цикл формувальної аналітики.** Щотижневі контрольні точки (тест Moodle, завершення діяльності, участь у форумі) генерують сповіщення про ризик (викладачам), звіти прогресу (студентам), метрики курсу (програмі) – «безперервна петля зворотного зв'язку», відсутня у близько 98 % поточних програм; рішення спрямоване на найгостріший дефіцит розділу 2.
4. **Інтеграція аналітики програмування.** CS-специфічний шар – логи IDE, контроль версій, автоматичне тестування – забезпечує висновки, недоступні універсальній LA, використовуючи перевагу СК і ТК, і водночас слугує навчальними даними для принципу дуальної LA-компетентності.
5. **Траєкторія розвитку LA-компетентності** паралельно до DigCompEdu (п. 4.1.3) та ТРАСК-прогресії (п. 4.1.1): 1–2 курси – споживачі аналітики, 3–4 курси – практики аналітики; на випуску вчитель володіє і технічною (бази даних, алгоритми), і педагогічною (теорія оцінювання, дизайн зворотного зв'язку) компетентністю для впровадження LA у власній практиці.

Четверта умова замикає петлю зворотного зв'язку всієї системи: ТРАСК (п. 4.1.1) проектує зміст, педагогічне керування (п. 4.1.2) – процес, ЦК (п. 4.1.3) визначає результати, а LA (п. 4.1.4) забезпечує докази їх досягнення, після чого цикл повторюється (рис. 3.4). Проте дані без людської інтерпретації ризикують надмірним спрощенням – тому п'ята умова, психолого-педагогічний супровід, забезпечує, що аналітика слугує людському розвитку, а не алгоритмічному контролю.

4.1.5. Психолого-педагогічний супровід

Умови 1–4 (пп. 4.1.1–4.1.4) вибудовують інтелектуальну архітектуру методичної системи: ТРАСК визначає *що* знати, педагогічне керування – *як* організувати, ЦК – *чим* володіти, LA – *як* вимірювати. Проте жодна з цих умов не відповідає на питання: як забезпечити, щоб здобувач *хотів* навчатися, *відчував себе спроможним і належав* до професійної спільноти? П'ята умова – психолого-педагогічний супровід – спрямований на «людський вимір» системи: мотивацію, самоефективність та емоційну стійкість, без яких навіть досконала технічна архітектура ризикуює сформувати технічно компетентних, але психологічно немотивованих вчителів.

Організаційним каркасом п'ятої умови слугує SDT R. M. Ryan та E. L. Deci [474], що виділяє три базові психологічні потреби, задоволення яких є необхідною передумовою внутрішньої мотивації та психологічного благополуччя:

1. Автономія – відчуття волі та самоспрямованості; у КН реалізується через контроль здобувача над темпом, послідовністю та форматом навчальної діяльності.
2. Компетентність – відчуття ефективності та спроможності; тісно пов'язана з самоефективністю за А. Bandura [174] – впевненістю індивіда у здатності виконати конкретну діяльність на заданому рівні.
3. Належність – потреба у зв'язку, приналежності до спільноти; саме цей вимір зазнає найбільшої загрози при переході до онлайн-компоненти КН.

С. Р. Niemiec та R. M. Ryan [427] деталізували SDT для освітнього контексту: середовища, які підтримують усі три потреби, забезпечують глибше залучення, вищу успішність та психологічне благополуччя. Для підготовки вчителів інформатики це особливо значуще: самоефективність є критичним бар'єром входу в професію («Я б боялася стати поганим вчителем» [270]), а відчуття професійної ізоляції знижує стійкість [213].

SDT доповнює модель CoI (пп. 4.1.1–4.1.2) мотиваційно-особистісним виміром: попередні умови акцентували когнітивну та викладацьку присутності, тоді як соціальна присутність – «здатність ідентифікувати себе зі спільнотою, комунікувати цілеспрямовано у довірливому середовищі, розвивати міжособистісні стосунки» [286] – залишалася недорозвиненою. П'ята умова заповнює цю прогалину: автономія сприяє відкритій комунікації, компетентність – емоційному самовираженню, належність – груповій згуртованості.

Характерним є принцип дуальної ролі: студенти-вчителі одночасно *отримують* психолого-педагогічну підтримку і *навчаються її надавати*; онлайн-тьютор з розвиненою емоційною компетентністю [588] виступає водночас моделлю та цільовою компетентністю – подібно до дуальностей попередніх умов (пп. 4.1.1, 4.1.3, 4.1.4). Містком між отримуванням підтримки та її наданням слугує рефлексивна практика за D. A. Schön [483] – рефлексія-в-дії та рефлексія-над-дією.

Зв'язок із системою простежується так: мотиваційно-ціннісний критерій (табл. 3.3) спирається на SDT; рефлексивно-оцінювальний критерій – на саморегуляцію за B. J. Zimmerman [597]; а триступенева прогресія практики (п. 3.2.4) – на менторство та професійну ідентичність.

Емпірична діагностика SDT-потреб. Дані розділу 2 дозволяють систематично оцінити стан задоволення кожної з трьох базових потреб у існуючих програмах підготовки вчителів інформатики.

Індикатори автономії. Самооцінювання – найнижчий тип оцінювання (2,7 %), формувальне оцінювання – 1,3 %, портфоліо – 11,7 %, онлайн-курси – 25 %. Інфраструктура для автономії потенційно існує (онлайн-компонент, портфоліо), проте інструменти саморегуляції практично відсутні. S. Van Laer та J. Elen [567] визначають сім ключових механізмів підтримки саморегуляції у КН, жодна з яких не представлена системно в аналізованих програмах.

Індикатори компетентності. Рефлексивна практика – 44,7 %, критичне мислення – 45,3 %: обидві навички потребують та розвивають відчуття компетентності, але стабілізуються на рівні близько 45 % – верхня межа компетентності без явної підтримки. Мікровикладання – 13,3 % (зростання з 10 до 15 %) – контрольоване середовище для формування педагогічної самоефективності. J. Everson та A. J. Ko [270] фіксують страх бути «поганим учителем інформатики» як бар'єр, тоді як K. Falkner, R. Vivian та S.-A. Williams [272] демонструють зростання впевненості з 2,73 до 3,06 через екосистемний підхід із менторством.

Індикатори належності. Колаборативне навчання – найсильніший метод належності (61,3 %, зростання з 54 до 65 %); командна робота – 47,7 %. Проте: CoP – 2,0 %, розбудова спільноти – 1,3 %, менторство – 4,0 % – найбільш безпосередні механізми формування належності практично відсутні. S. Diesburg та J. B. Schafer [256] фіксують: «CoP кожен учасник назвав найбільш корисною», а O. Brandes та M. Armoni [213] засвідчують, що професійна навчальна спільнота (Professional Learning Community, PLC) знижує «професійну самотність».

SDT-діагноз: галузь розвиває *навички*, що корелюють із SDT-потребами (колаборація, рефлексія, комунікація), але не розвиває явну *психолого-педагогічну інфраструктуру*. Жодне з 300 аналізованих досліджень не використовує термінів «психологічна підтримка», «благополуччя» або «емоційна безпека» – нульовий відсоток. Це «вакуум підтримки»: потреба вбудована у діяльність, але не усвідомлена як проєктний принцип [167].

Три ери психолого-педагогічної свідомості.

Ера 1 (≤ 2008): неявна підтримка. Підтримка вбудована у фізичну присутність, але не проєктується цілеспрямовано: командна робота – 54 %, спостереження – 25 % (неявне менторство), взаємонавчання – лише 13 %; SDT-потреби задовольняються як побічний продукт спільного перебування, автономія найнижча через домінування лекцій та державні стандарти. Рефлексивна практика за D. A. Schön [483] лишається неявним механізмом підтримки.

Ера 2 (2009–2016): усвідомлення потреби. Онлайн-компонента створює «прогалини присутності»: комунікаційні інструменти – 6 %, менторство лишається 4 %, CoP – 2 %. D. R. Garrison та H. Kanuka [287] формулюють усвідомлення, що КН вимагає проєктованої соціальної присутності, але програми підготовки ще не діють.

Ера 3 (2017–2024): кризовий запит. Взаємонавчання – 29 %, колаборативне – 65 %, комунікаційні інструменти – 12 %. COVID-19 унаочнив недостатність системної підтримки; воєнний час в Україні – повітряні тривоги, відключення електроенергії, вимушене переміщення [511]; J. Everson та A. J. Ko [270] фіксують пандемічне вигорання як бар'єр. Проте благополуччя – 0 %: потреба гостра, інфраструктура відсутня, самооцінювання мізерне попри зростаючу потребу в саморегуляції [567]. Цей розрив між зростанням потреби у підтримці та рівнем її забезпечення обґрунтовує п'яту умову.

Регіональні профілі психолого-педагогічної підтримки.

Пострадянський простір (35,7 %): колективна культура, індивідуальна підтримка відсутня. Високі частки колективних форм (колаборативне навчання 66 %, PBL 78 % – найвищий показник) за нерозвинених механізмів індивідуального супроводу: мікровикладання лише 5 % (найнижче), комунікаційні інструменти 9 %. Належність забезпечується радше інституційно (найвища частка стажувань – 13 %), компетентність підтверджується зовнішніми маркерами (домінування тестів), а не внутрішньою самоефективністю. За SDT належність тут *висока* завдяки культурному колективізму, автономія – *низька* через жорсткі стандарти; суперечність у тому, що найколективніша модель надає найменше *проектованої* підтримки спільноти.

Північноамериканський (30,0 %): екосистемний підхід. Колаборативне – 61 %, мікровикладання – 20 %, комунікаційні інструменти – 14 % (найвищий показник). SDT: найбільш збалансований за всіма трьома потребами.

Західноєвропейський (26,3 %): дидактична медіація. Колаборативне – 47 % (найнижче). Спостереження – 18 %. SDT: компетентність через дидактичну рефлексію, автономія через самоспрямованість.

Азійсько-океанійський (11,0 %): колективне учнівство. Колаборативне – 76 % (найвище), спостереження – 36 % (найвище), мікровикладання – 30 % (найвище). SDT: належність найвища, компетентність через систематичне мікровикладання.

Проектний висновок для України: трансформувати пострадянську неформальну колективну культуру у систематичну SDT-узгоджену інфраструктуру; запозичити екосистемний підхід (Північна Америка) з рефлексивним циклом (Західна Європа); зберегти силу колективної належності [154]. Архітектуру супроводу, що з'єднує індикатори розділу 2, потреби SDT та проектні рішення, подано на рис. 4.5.

П'ять принципів психолого-педагогічного супроводу.

- 1. Структуроване менторство для розвитку компетентності.** Менторство представлене лише у 4,0 % досліджень, водночас частка спостереження знижується з 25 % до 18 %, а мікровикладання зростає з 10 % до 15 % – перехід від пасивного входження у професію до активнішого набуття досвіду. Самоефективність тут критична: J. Everson та A. J. Ко [270] фіксують страх професійної невідповідності, а A. Bandura [174] обґрунтовує, що головне джерело самоефективності – досвід успішного оволодіння діяльністю. Проектне рішення – тріада менторства (викладач як носій ТРАСК-знань, шкільний ментор як носій професійного контексту, студентський ментор

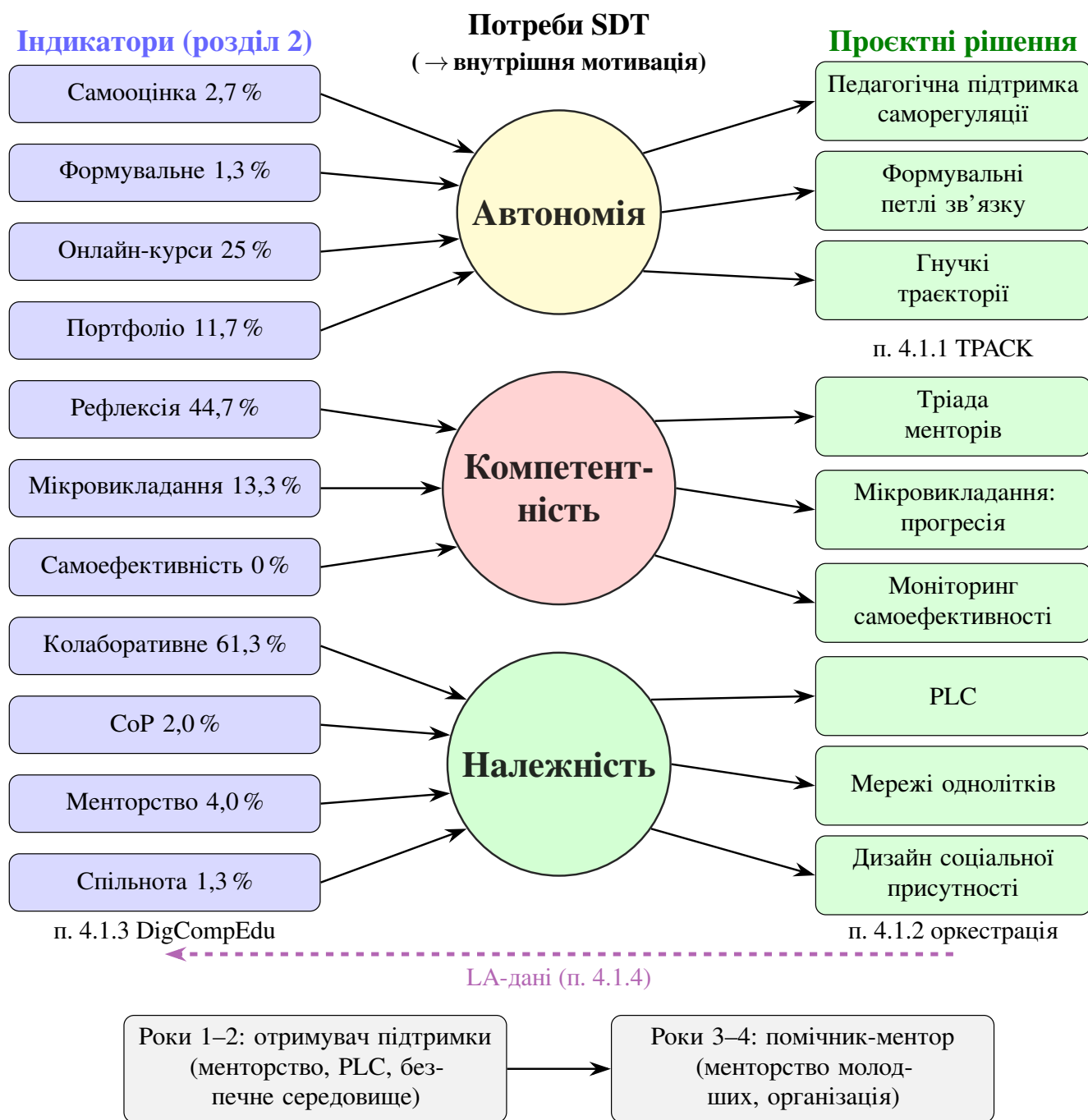


Рис. 4.5 – Архітектура психолого-педагогічного супроводу на засадах SDT

як джерело емоційної підтримки), інтегрована з триступеневою прогресією практики (п. 3.2.4); К. Falkner, R. Vivian та S.-A. Williams [272] демонструють зростання впевненості студентів у межах системи менторства.

- PLC для формування належності.** CoP представлені лише у 2,0 % досліджень, тоді як О. Brandes та М. Armoni [213] показують, що PLC знижує професійну самотність і сприяє розвитку професійної ідентичності. Проектне рішення – PLC на базі Moodle: а) міжкогортні форуми для емоційної підтрим-

ки та обміну досвідом; б) синхронні зустрічі раз на два тижні зі сценаріями підтримки соціальної присутності; в) постійні навчальні групи по 4–5 студентів. Соціальна присутність формується через емоційне самовираження, відкриту комунікацію та групову згуртованість [286].

3. **Підтримка саморегуляції для розвитку автономії.** Інструменти саморегуляції у програмах майже відсутні (згадані дефіцити самооцінювання та формувального оцінювання): система вимірює рівень компетентності, але не підтримує процес її розвитку. За В. J. Zimmerman [597], цикл саморегуляції (передбачення – виконання – саморефлексія) потребує регулярних формувальних даних; S. Van Laer та J. Elen [567] виокремлюють сім видів підтримки саморегуляції в умовах КН. Панелі LA (п. 4.1.4) надають студентам дані, а психолого-педагогічний супровід – підтримку їх осмислення; без неї LA ризикує перетворитися з інструменту розвитку на інструмент нагляду [153]. Проектне рішення – щотижневі рефлексивні запитання, рубрики самооцінювання та рефлексивний щоденник [426].
4. **Емоційна стійкість у кризових умовах.** Воєнний час (з 2022 р.) та постпандемічний контекст актуалізували формування емоційної стійкості, наполегливості й здатності долати невдачі як професійних компетентностей [154], [511]. Проектне рішення: асинхронна альтернатива для кожної синхронної діяльності, гнучкі терміни, механізми взаємної підтримки студентів, записи занять і офлайн-доступ до матеріалів Moodle – перетворення ситуативних кризових рішень на сталий принцип проектування.
5. **Подвійна роль: від отримувача до надавача підтримки** – логіка, узгоджена з дуальностями попередніх умов. На 1–2 курсах студент переважно отримує підтримку (менторство, PLC, досвід соціальної присутності); на 3–4 курсах долучається до підтримки інших – менторство молодших курсів, проектування діяльності соціальної присутності, координація груп взаємної підтримки на практиці. Перехідною ланкою слугує рефлексивна практика (44,7 % досліджень): за D. A. Schön [483], рефлексія-в-дії сприяє усвідомленню власних підтримувальних стратегій; J.-O. Brandt, M. Barth, E. Merritt та A. Hale [214] розглядають CS-компетентності як такі, що одночасно отримуються студентом і розвиваються ним як майбутнім педагогом. На момент випуску майбутній учитель має поєднувати особисту емоційну стійкість із професійною здатністю підтримувати інших [588].

Відображення п'яти принципів психолого-педагогічного супроводу на базові потреби SDT, відповідні емпіричні індикатори та проєктні рішення систематизовано у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Відображення принципів психолого-педагогічного супроводу на потреби SDT

№	Принцип	Потреба SDT	Індикатор	Проєктне рішення
1	Структуроване менторство	Компетентність	Менторство 4,0 %, мікро-викладання 13,3 %	Тріада менторів, триступенева прогресія практики
2	PLC	Належність	CoP 2,0 %, розбудова спільноти 1,3 %	PLC у Moodle, соціальна присутність
3	Підтримка саморегуляції	Автономія	Самооцінка 2,7 %, формування 1,3 %	панелі LA + інтерпретативна підтримка
4	Емоційна стійкість	Усі три	Воєнний час (з 2022), пандемія	Асинхронні альтернативи, гнучкі терміни
5	Подвійна роль	Усі три	Рефлексія 44,7 %, взаємонавчання 29 %	Від отримувача до надавача підтримки

Діагностика дефіцитів через SDT-призму. Шість системних прогалин:

- Дефіцит підтримки благополуччя – 0 %.** Жодне з 300 досліджень не використовує термінів «психологічна підтримка», «благополуччя» чи «емоційна безпека» – найвиразніша прогалина в усьому масиві даних. *Системна відповідь:* цілі підтримки благополуччя в силабусах, афективні результати навчання, регулярні рефлексивні зустрічі [474].
- Інфраструктура саморегуляції.** Система тестує компетентність, але не підтримує її розвиток (згадане співвідношення 34:1); за В. J. Zimmerman [597], без формувальних даних фаза саморефлексії порожня. *Системна відповідь:* щотижневі спонукання до саморегуляції, рубрики самооцінювання та рефлексивний щоденник [426].
- Інфраструктура менторства.** Згаданий дефіцит менторства найгостріший у пострадянському регіоні; J. Everson та A. J. Ко [270] визначають «довірих менторів» як ключовий чинник підтримки майбутніх учителів. *Системна відповідь:* обов'язкові менторські заняття з 2-го курсу, залучення шкільних менторів під час педагогічної практики, спеціальна підготовка менторів.
- Інфраструктура CoP.** Колаборація без спільноти зводиться до співпраці заради завдань: колаборація забезпечує спільне виконання діяльності, тоді як спільнота формує тривалі професійні зв'язки, взаємну підтримку та про-

фесійну ідентичність [427]; S. Diesburg та J. B. Schafer [256] визначають CoP як найцінніший елемент підтримки. *Системна відповідь*: PLC з регулярними зустрічами, спільними онлайн-просторами та міжкогортною підтримкою.

5. **Соціальна присутність у КН – комунікаційні інструменти 10,3 %.** Онлайн-компонент зростає, а інфраструктура соціальної присутності відстає: форуми Moodle використовуються для контенту, а не для спільноти [286]. *Системна відповідь*: обов'язкове проєктування соціальної присутності в кожному онлайн-модулі – знайомство учасників, регулярні рефлексивні зустрічі, взаємний зворотний зв'язок, колаборативні проєкти з розподілом соціальних ролей.
6. **Професійна ідентичність – лідерство 7,0 %, ідентичність 0 % явно.** CS-ідентичність вчителя («я – вчитель інформатики» на противагу «я – програміст, який викладає») не опрацьовується, хоча J.-О. Brandt, M. Barth, E. Merritt та A. Hale [214] визначають її як критично важливий вимір підготовки; без підтримки ідентичності дуальність СК і ТК вирішується на користь СК. *Системна відповідь*: формулювання педагогічної філософії, участь у професійних конференціях, партнерство школа–університет, рефлексивна практика [483].

Проєктні рішення п'ятої умови.

1. **SDT як емоційно-ціннісна рамка проєктування.** Усі курси враховують автономію (вибір і гнучкість), компетентність (поступова підтримка й моніторинг самоефективності), належність (соціальна присутність і розбудова спільноти); SDT доповнює когнітивні рамки TPACK, ICAP і DigCompEdu емоційно-ціннісним виміром [427], [474].
2. **PLC як інфраструктура соціальної присутності** – спільнота на базі Moodle зі структурою, описаною у принципі 2, для подолання дефіциту CoP [286].
3. **Тріада менторів і триступенева прогресія практики** (принцип 1); розвиток самоефективності відстежується через вхідне й підсумкове опитування педагогічної впевненості [174], [272].
4. **Кризостійка архітектура підтримки:** асинхронні еквіваленти синхронної діяльності, гнучкі терміни, взаємна підтримка, записи занять і офлайн-доступ до матеріалів Moodle як сталий принцип проєктування, а не ситуативна реакція [511].
5. **Прогресія компетентності підтримки:** від отримувача (1–2 курси) до

організатора підтримки (3–4 курси) – завершує й доповнює логіку розвитку ТРАСК-, ICAP-, DigCompEdu- та LA-компетентностей [483], [588].

П'ять умов формують цілісну послідовність: ТРАСК є підґрунтям педагогічного керування, воно – розвитку ЦК, ЦК – LA, а LA – психолого-педагогічного супроводу; без п'ятої умови система ефективна, але не людиноцентрична, з нею – слугує людському розвитку, а не алгоритмічній ефективності (рис. 3.4). Цю системну єдність розглянемо у наступному підрозділі.

4.1.6. Системний взаємозв'язок організаційно-педагогічних умов

Системне мислення як інтегративний ракурс синтезу. Кожну з п'яти умов (пп. 4.1.1–4.1.5) проаналізовано крізь специфічну теоретичну призму (ТРАСК; ICAP та оркестрація; DigCompEdu; LA; SDT), однак сукупність умов не зводиться до їх арифметичної суми – системна взаємодія породжує властивості, яких жодна окрема умова не має [519]; для синтезу потрібен інтегративний ракурс – системне мислення.

Принциповою спільною рисою всіх п'яти умов є *дуальність* – одночасна присутність двох взаємодоповнювальних аспектів: збіг СК і ТК у ТРАСК (умова 1), рух від пасивного рівня до активного у ICAP (умова 2), споживач і творець у DigCompEdu (умова 3), описова та прогностична функції в LA (умова 4), отримувач і фасилітатор у SDT-супроводі (умова 5). Ця самоподібність на системному рівні характерна для складних адаптивних систем [245]. Єдина розвіткова трансформація – від отримувача до надавача – проявляється одночасно в усіх п'яти вимірах, що підтверджує цілісний характер системи [417], [456].

Попарні взаємодії та петлі зворотного зв'язку. Десять можливих попарних зв'язків між п'ятьма умовами ($C_5^2 = 10$) класифікуються за трьома типами: підсилювальні петлі, каузальні залежності та медіаційні зв'язки (рис. 4.6). Кожен зв'язок верифікується даними систематичного огляду (розділ 2).

Підсилювальні петлі характеризують взаємопідсилення двох умов:

- ТРАСК та оркестрація (умови 1 і 2) взаємопідсилюються: ТРАСК-знання уможливають педагогічне керування, а практика керування розвиває ТРАСК; РСК 23 % є одночасно дефіцитом ТРАСК та вузьким місцем оркестрації, а парадигмальний зсув – водночас прогресією ТРАСК та еволюцією оркестрації.
- LA та ЦК (умови 4 і 3) взаємопов'язані: LA потребує ЦК для інтерпретації

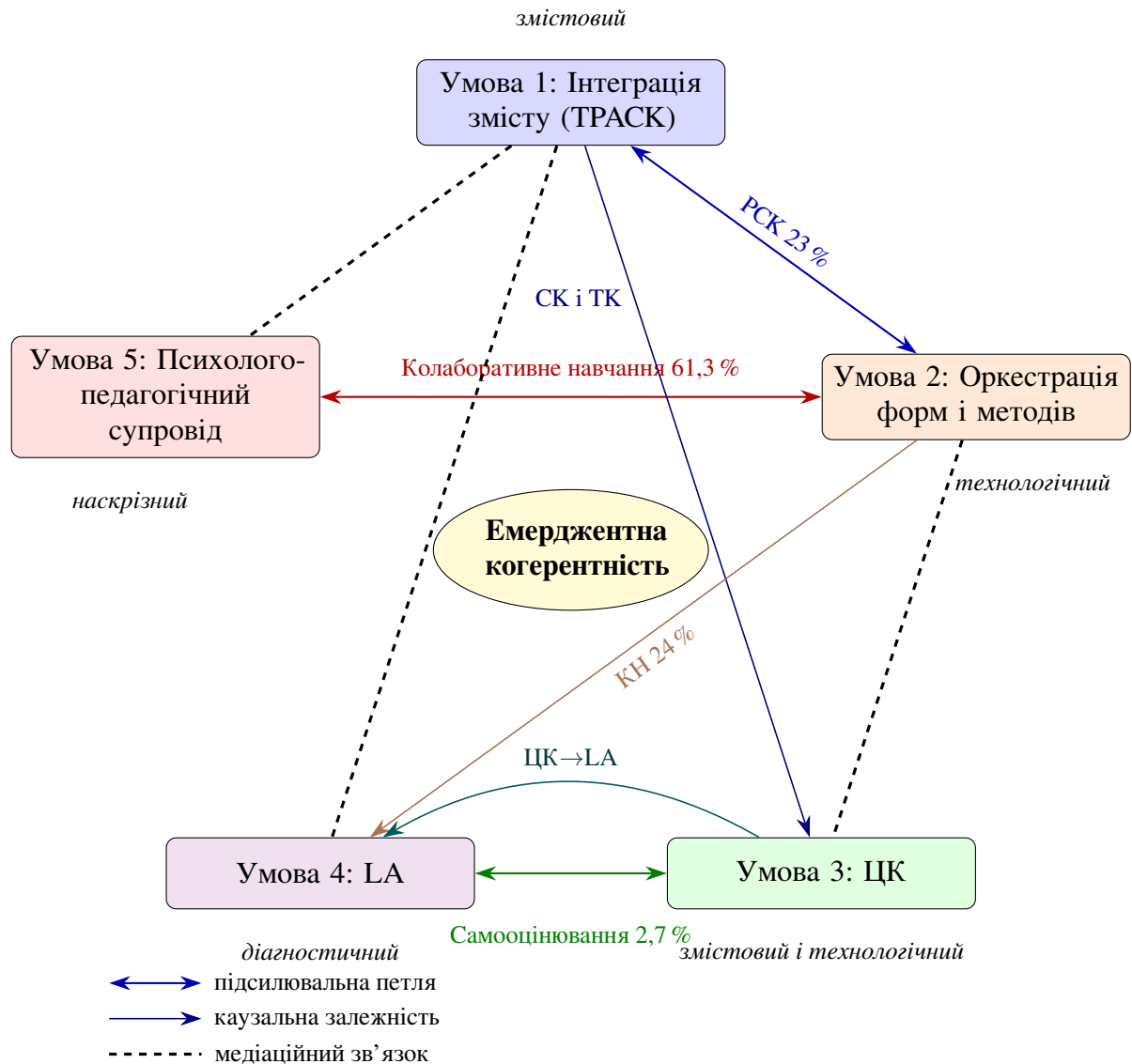


Рис. 4.6 – Системний взаємозв'язок п'яти організаційно-педагогічних умов: підсилювальні петлі, каузальні залежності та медіаційні зв'язки. Медіаційні зв'язки (пунктир) реалізуються через третю умову: ТРАСК–ЛА через ЦК, ТРАСК–супровід через ЛА та оркестрацію, оркестрація–ЦК через супровід.

панелей, а сама ЦК відстежується засобами ЛА. Самооцінювання 2,7 % є одночасно дефіцитом ЦК та прогалиною ЛА [467].

- Підтримка та оркестрація (умови 5 і 2) підсилюють одна одну: безпечне середовище (соціальна присутність за СоІ) уможливорює інтерактивний рівень ІСАР, а активні методи розбудовують належність. Коллаборативне навчання 61,3 % водночас будує належність (умова 5) та забезпечує конструктивну взаємодію (умова 2) [288].

Каузальні залежності вказують на передумовний характер однієї умови для іншої:

- ТРАСК є передумовою ЦК (умова 1 для умови 3): архітектура ТРАСК-знань уможливорює реалізацію ЦК через збіг СК і ТК (рис. 4.1).
- Оркестрація є передумовою LA (умова 2 для умови 4): вона генерує дані, придатні для аналітики; КН 24 % визначає верхню межу програм, готових до LA (рис. 4.2).
- ЦК є передумовою LA (умова 3 для умови 4): ЦК забезпечує компетентність для роботи з панелями аналітики (рис. 4.3, рис. 4.4).

Медіаційні зв'язки поєднують умови, що безпосередньо не взаємодіють, через третю умову:

- LA медіює зв'язок між ТРАСК і підтримкою (умова 4 між умовами 1 і 5): LA надає доказову базу для менторства; без LA менторство базується на інтуїції [313].
- Підтримка медіює зв'язок між ЦК і оркестрацією (умова 5 між умовами 3 і 2): підтримка забезпечує наполегливість у подоланні когнітивних вимог I-рівня ICAP [597].
- ЦК медіює зв'язок між ТРАСК і LA (умова 3 між умовами 1 і 4): ЦК надає інструментарій перетворення ТРАСК-знань на аналітично придатні артефакти.
- Оркестрація медіює зв'язок між ТРАСК і підтримкою (умова 2 між умовами 1 і 5): скоординована діяльність є контекстом для практики ТРАСК та діагностики потреб підтримки.

Показово, що окремі індикатори розділу 2 одночасно належать кільком умовам: портфоліо дотичне до умов 1, 3, 4, 5; Moodle – до умов 2, 3, 4; формувальне оцінювання – до умов 2, 4, 5; ці перетини – не артефакти кодування, а прояви системної природи умов.

Часова динаміка системної інтеграції. Аналіз часових тенденцій (розділ 2) виявляє три ери системної інтеграції (рис. 4.7).

Ера 1 (≤ 2008): ізолювані умови. Кожна наявна умова функціонує автономно: ТРАСК-знання передаються секвенційно, оркестрація мономодальна, ЦК не концептуалізована, LA відсутня, підтримка неявна – умови ледь співіснують.

Ера 2 (2009–2016): попарні зв'язки. ТРАСК та оркестрація з'єднуються через КН, ЦК і LA починають зближуватися з появою Moodle; підтримка залишається ізолюваною. Система «частково з'єднана».

Ера 3 (2017–2024): системна обізнаність без системного проектування.

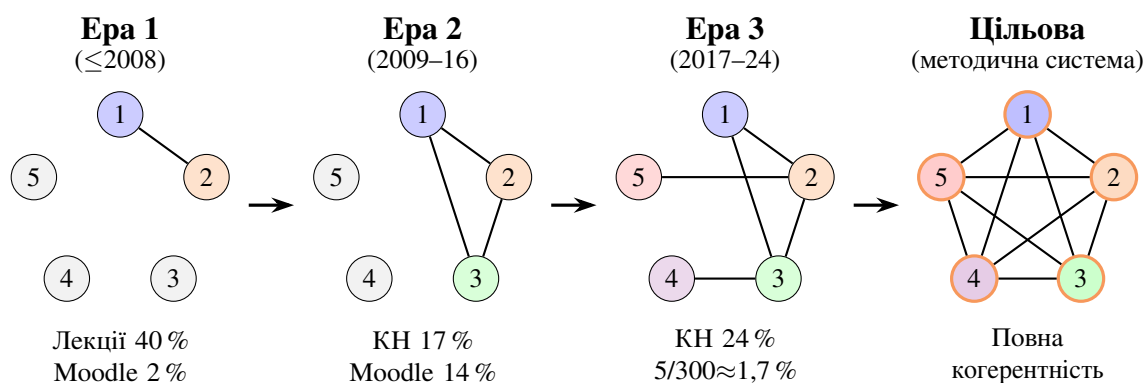


Рис. 4.7 – Еволюція системної інтеграції умов: від ізольованих елементів до когерентної системи (вузли 1–5 – умови 1–5 з рис. 4.6)

Усі п'ять умов наявні в літературі, проте мало досліджень розглядають їхній взаємозв'язок: КН створює інфраструктуру для інтеграції без її системної реалізації. Лише п'ять зразкових досліджень інтуїтивно інтегрують кілька умов: К. Falkner, R. Vivian та S.-A. Williams [272] (екосистемний підхід – TRACK, оркестрація, підтримка), J.-O. Brandt, M. Barth, E. Merritt та A. Hale [214] (4 Cs of connection – системний погляд на навчання вчителів), S. Diesburg та J. B. Schafer [256] (CoP та оркестрація), J. Everson та A. J. Ко [270] (менторство, самоефективність, екосистема), O. Brandes та M. Armoni [213] (PLC, ідентичність, дослідження дією) – 5/300 ≈ 1,7 %. Навіть в Ері 3 умови розглядаються поодиночі; явне проектування системного взаємозв'язку є внеском цього дослідження.

Регіональні профілі системної когерентності. Дані розділу 2 дозволяють реінтерпретувати чотири регіональні моделі як профілі системної когерентності [393]:

- *Пострадянська модель (35,7 %):* сильна умова 1 (СК через державні стандарти, 79 %), але умови 2–5 роз'єднані. Тести 72 % – лише підсумкове оцінювання, LA відсутня. Когерентність: низька.
- *Північноамериканська модель (30,0 %):* умови 1–2 з'єднані (TRACK і оркестрація через різноманітні методи). Умова 5 з'являється (мікрОВкладання 20 %). Умова 4 нерозвинена. Когерентність: помірна-часткова.
- *Західноєвропейська модель (26,3 %):* умови 1–3 з'єднані через Didaktik der Informatik. Умови 4–5 відстають. Когерентність: помірна-диференційована.
- *Азійсько-океанійська модель (11,0 %):* умови 2 і 5 сильно з'єднані (коллаборативне навчання 76 % та спостереження 36 %). Умови 3–4 нерозвинені. Когерентність: помірна-культурна.

Проектний висновок: українська система має досягти повної інтеграції, імпортуючи зв'язки 1–2 із північноамериканської, 1–3 із західноєвропейської, 2–5 із азійсько-океанійської моделей; умову 4 необхідно проєктувати наново, оскільки вона нерозвинена в усіх регіональних моделях [282], [463].

Емерджентні властивості системи умов. На рівні цілісної системи (рис. 4.6) проступають властивості, відсутні в кожній окремої умови; вони теоретично передбачені системним аналізом і даними огляду, а їх емпірична перевірка становить перспективу подальшого дослідження. *Системна дуальність*: єдина трансформація «від отримувача до надавача» проявляється одночасно в усіх п'яти вимірах, тож прогресії мають бути синхронізовані (СК і ТК визрівають швидше за РСК та підтримку, і десинхронізація є типовим станом) [245]. *Когерентне підсилення*: комбінований ефект перевищує суму окремих – реалізація потенціалу зворотного зв'язку ($d \approx 0,73$ [313]) потребує взаємодії всіх умов (ЛА дає дані, ЦК їх інтерпретує, оркестрація створює формувальні моменти, ТРАСК контекстуалізує, підтримка робить зворотний зв'язок безпечним), звідки – *системне* конструктивне узгодження [191]. *Порогове каскадування*: перетинаючи поріг (КН зростає з 10 % до 24 %), одна умова каскадно породжує потребу в решті [519]. *Резонанс прогалин*: одна коренева прогалина (дефіцит формувального оцінювання) проявляється п'ятикратно – як брак даних для ЛА, самооцінювання ЦК, зворотного зв'язку для самоефективності та вимірювання ТРАСК-інтеграції, – тож усувати слід корінь, а не симптоми [376]. *Адаптивна стійкість*: взаємозв'язана система швидше адаптувалася до COVID та воєнного стану – коли порушено синхронний формат, рятують ЛА та ЦК; коли постає емоційна потреба, активуються PLC та менторство; коли оцінювання недоступне, його компенсує саморегуляція [511]. Кожна властивість має прямий проєктний наслідок (див. «Системні проєктні рішення»).

Мета-аналіз системних прогалин. Системний погляд виявляє три прогалини, невидимі з перспективи окремої умови [282].

1. *Прогалина синхронізації*. Умови розвиваються з різною швидкістю: СК/ТК диверсифікуються стрімко, тоді як РСК, менторство і формувальне оцінювання стагнують упродовж усіх трьох ер – технологічний інструментарій випереджає педагогічну здатність його інтегрувати [245].

2. *Прогалина когерентності*. Навіть наявні умови не вирівняні між собою: дослідження описують методи (умова 2) без зв'язку зі знаннями (умова 1), компетентністю (умова 3), доказовістю (умова 4), підтримкою (умова 5); лише згадані

зразкові дослідження – К. Falkner, R. Vivian та S.-A. Williams [272], J.-O. Brandt, M. Barth, E. Merritt та A. Hale [214], S. Diesburg та J. B. Schafer [256], J. Everson та A. J. Ko [270], O. Brandes та M. Armoni [213] – охоплюють ≥ 3 умови одночасно.

3. Прогалина рефлексивності. Закономірність дуальності наявна в усіх п'яти умовах, але ніколи не експлікована на системному рівні. Жодне дослідження не розглядає одночасну п'ятивимірну дуальність. Самоподібна структура латентна, а не спроектована [245].

Системні проєктні рішення. П'ять системних проєктних рішень усувають виявлені прогалини:

1. **Синхронізовані прогресії.** Усі п'ять прогресій (TPACK; ICAP від пасивного до інтерактивного; DigCompEdu від A до C; LA від описової до прогностичної; SDT від отримувача до фасилітатора) відображаються на єдину 4-річну часову шкалу із семестровими точками синхронізації. Усуває прогалину синхронізації.
2. **Системне конструктивне узгодження.** Циклічна модель проєктування (рис. 3.4) застосовується наскрізно, крізь усі умови: кожна ітерація перевіряє п'ятивимірне узгодження відповідно до критеріїв та рівнів (табл. 3.3). Усуває прогалину когерентності.
3. **Унаочнення дуальності.** П'ятивимірна дуальність робиться явною: студенти усвідомлюють, що одночасно розвиваються як TPACK-знавці, оркестратори, ЦК-практики, LA-користувачі, надавачі підтримки. Усуває прогалину рефлексивності.
4. **Moodle як системна інфраструктура.** Не лише TPK-основа (умова 2) чи платформа LA (умова 4) – спільна інфраструктура, де конвергують усі п'ять умов: TPACK-артефакти (умова 1), оркестрована діяльність (умова 2), ЦК-практика (умова 3), дані LA (умова 4), PLC та безпечне середовище (умова 5) [376].
5. **Стійкість за проєктом.** Взаємозв'язана система має вбудовану стійкість: коли порушено синхронний формат, LA та ЦК уможливають асинхронний; коли постає емоційна потреба, її покривають PLC та менторство; коли оцінювання недоступне, його компенсує саморегуляція [393], [474].

Отже, п'ять організаційно-педагогічних умов утворюють не перелік незалежних вимог, а складну адаптивну систему з емерджентними властивостями – системною когерентністю, пороговим каскадуванням, резонансом прогалин та

адаптивною стійкістю – досяжними лише через координований, синхронізований, явно спроектований взаємозв'язок. Ця система складає концептуальну основу методичної системи КН (рис. 3.5), компоненти якої спроектовано у п. 4.2.

4.2. Проектування компонентів методичної системи комбінованого навчання

Визначені концептуальні засади (п. 3.1), змодельовані компоненти методичної системи (п. 3.2) та обґрунтовані організаційно-педагогічні умови (п. 4.1) конкретизуємо тут на прикладі підготовки бакалаврів спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика) КДПУ.

Вибір інституційної бази відображає загальнонаціональний контекст: на початку констатувального етапу експерименту (2016/2017 навчальний рік) бакалаврську підготовку за спеціальністю А4 Середня освіта (Інформатика) здійснювали 18 педагогічних ЗВО, серед них і КДПУ – заклад із багаторічною традицією підготовки вчителів інформатики [112]. Типовими для мережі є порівняно невеликі річні набори на предметну спеціальність, що обмежує обсяг вибірок у будь-якому одноінституційному дослідженні (обмеження експліковано в п. 6.4.6). Водночас КДПУ має те, що безпосередньо потрібно для проектування і перевірки методичної системи КН: інституційну LMS-інфраструктуру, на якій тримається освітній процес усіх факультетів, повний доступ до масивів даних LA (985 і 3684 курси) та участь автора в розробці ОПП і силабусів спеціальності – заклад водночас типовий за контекстом і придатний за глибиною доступних даних.

Із п'яти змодельованих компонентів (п. 3.2) два не виокремлено тут в окремі підпункти: цільовий розгорнуто як цілепокладання на засадах ТРАСК в організаційно-педагогічних умовах (п. 4.1), а організаційний (SSS-модель, п. 3.2.4) лише конкретизується стосовно КДПУ; докладно спроектовано змістовий (п. 4.2.1), технологічний (п. 4.2.2) та діагностично-результативний (п. 4.2.3) компоненти. Повне зіставлення всіх п'яти компонентів із методиками реалізації подано в табл. 5.1 (розділ 5).

4.2.1. Проєктування змісту навчання на засадах інтеграції інформатичної, педагогічної та методичної підготовки

Цей підпункт конкретизує узагальнену модель змістового компоненту (п. 3.2.2, рис. 3.6) та механізми ТРАСК-інтеграції (п. 4.1.1, рис. 4.1) на рівні навчального плану КДПУ: якщо п. 3.2.2 відповідає, *які* категорії знань потрібні майбутньому вчителю, а п. 4.1.1 – *як* їх поєднати, то тут з'ясовуємо, *через які дисципліни, у якій послідовності та в якому форматі КН* ця інтеграція втілюється. Засадничий принцип – *простежуваність від доказів до рішень*: кожне рішення щодо змісту спирається на кількісні дані розділу 2 [407], [408], [417].

КДПУ є типовим представником пострадянської моделі підготовки (35,7 % вибірки огляду, п. 4.1.1) з упізнаваними рисами: переважанням змістової (СК) підготовки (державні стандарти – 79 %), жорсткою послідовністю від СК через РК до практики та обмеженим РСК-компонентом. Мета перетворення – перехід від послідовної моделі до інтегративної, що поєднує сильний СК-фундамент пострадянської традиції, ранній вхід у шкільний контекст практико-опосередкованої (північноамериканської) моделі [571] та спеціалізовані курси дидактики інформатики дидактико-опосередкованої (західноєвропейської); цей синтез регіональних моделей конкретизуємо нижче через структуру навчального плану [409].

Аналіз ОПП «Інформатика. Програмування» (спеціальність А4, бакалавр, 3 роки 10 місяців, 240 кредитів ЄКТС) засвідчує, що програма помітно еволюціонувала впродовж 2022–2025 рр.: у 2024 році додано «Основи здоров'язбереження та безпеки життєдіяльності» (4 кредити) та «Основи інклюзивної освіти» (3 кредити), «STEM-практики в освіті» переміщено до психолого-педагогічного блоку, а «Методику виховної роботи» вилучено – заклад здатний оновлювати програму, що створює підґрунтя для системних рекомендацій щодо інтеграції КН. Подальший аналіз розрізняє, що рекомендує систематичний огляд (розділ 2), що фактично забезпечує чинна ОПП і де методична система усуває виявлені розриви.

Навчальний план КДПУ структуровано за чотирма змістовими блоками, що відповідають доменам ТРАСК (п. 3.2.2). Кожен блок обґрунтовано даними розділу 2, наведено перелік відповідних дисциплін ОПП, показано формат їх викладання в умовах КН та вказано, де доцільно вводити педагогічні задачі для формування методичних знань (рис. 4.8).

Найбільшим за обсягом є блок інформатичної підготовки, що формує фун-

ТРАСК-блок	Дисципліни КДПУ	Дані розділу 2 (%)	КН-модальність	РСК-інтеграція
СК і ТК	Програмування (15), Бази даних, Комп'ютерні мережі, Операційні системи, Вебпрограмування, Кібербезпека (95 кр. ЄКТС)	Програмування 50,3 Алгоритми та структури даних 18,0 Бази даних 10,0; Комп'ютерні мережі 12,3	Лекції: онлайн Лабораторні: очно КН-розрив у старших курсах	Рекомендація: «як пояснити учням?», $\geq 10\%$
РК	Педагогіка (6), Психологія (6), STEM-практики в освіті (3), Інклюзивна освіта (3)	Педагогіка 5,7 Психологія 2,7 Дидактика інформатики 4,7	Лекції: онлайн Семінари: очно Moodle: є	Інформатичні приклади у педагогічних курсах
РСК, ТРК і ТСК	МНІ (10), ЦТВО (6), РЦОР (3), Курсова з МНІ (2)	МНІ 23,0 Дисбаланс СК:РСК = 2,5:1	Проектна робота Взаємооцінювання Комбінована	Конвергенція: навчатися навчати CS
Практика (ТРАСК)	7 видів практик (30 кр.); Виробнича в ЗО (12) – основна	Самостійне викладання 46,0 Спостереження 21,7 Мікровикладання 13,3	Підготовка: онлайн Уроки: очно Підсумкове обговорення: синхронно	Триступенева прогресія: повний ТРАСК-синтез

Рис. 4.8 – Матриця «від доказів до проєктних рішень»: змістові блоки ТРАСК, дисципліни ОПП КДПУ, обґрунтування даними розділу 2, формат КН та точки включення педагогічних задач

даментальні змістові (СК) та технологічні (ТК) знання і охоплює 95 кредитів ЄКТС – 73 кредити фахових дисциплін та 22 кредити фундаментальної підготовки. Систематичний огляд (п. 4.1.1) окреслив ключові предметні області цього блоку: програмування представлено у 50,3 % досліджень, алгоритми та структури даних – у 18,0 %, комп'ютерні мережі – у 12,3 %, бази даних – у 10,0 %, обчислювальне мислення – у 7,0 %, AI – у 4,3 %. В ОПП КДПУ ці пріоритети втілено через низку фахових дисциплін: «Вступ до програмування» (4 кредити, I семестр, мова Python), «Програмування» (11 кредитів, II–III семестри, мови C та C#, разом з алгоритмами та структурами даних), «Архітектура інформаційних систем» (5 кредитів, II семестр), «Технології програмування» (5 кредитів, IV семестр), «Бази даних» (4 кредити, V семестр), «Комп'ютерні мережі» (4 кредити), «Комп'ютерна графіка» (5 кредитів), «Операційні системи» (4 кредити, VI семестр), «Вебпрограмування» (5 кредитів,

VIII семестр), «Основи кібербезпеки» (4 кредити, VIII семестр), «Моделювання й аналіз даних» (4 кредити) та «Людино-машинна взаємодія» (4 кредити) [61], [179]. Математичний фундамент закладають «Математичний аналіз» (5 кредитів), «Лінійна алгебра та аналітична геометрія» (5 кредитів), «Дискретна математика» (4, IV семестр), «Теорія ймовірностей і математична статистика» (4, IV семестр) та «Фізика» (4 кредити, II семестр). Вибір Python як першої мови узгоджується з часовою динамікою огляду (п. 4.1.1); далі студент рухається до C і C#, інженерії програмного забезпечення та спеціалізованих курсів V–VIII семестрів [544]. Зростаючі напрями СТ і AI наразі реалізуються через вибіркові дисципліни: каталог 2025–2027 рр. містить «AI в освіті», «Машинне навчання» та «Візуальне програмування». Щодо формату КН, аналіз силабусів засвідчує суттєву нерівномірність: дисципліни початкових семестрів («Вступ до програмування», «Програмування», «Дискретна математика», «Теорія ймовірностей») активно використовують Moodle, тоді як низка фахових дисциплін від II до VIII семестру, з ядром у V–VIII («Технології програмування», «Комп'ютерні мережі», «Комп'ютерна графіка», «Архітектура інформаційних систем», «Вебпрограмування», «Операційні системи», «Основи кібербезпеки», «Моделювання й аналіз даних») *не містить явних компонентів КН у силабусах* – саме цей розрив є одним із предметів методичної системи; точки включення педагогічних задач у СК-модулі розглянуто нижче (перший коригувальний механізм).

Блок педагогічної підготовки (РК) обсягом 18 кредитів ЄКТС об'єднує «Педагогіку» (6 кредитів, I–II семестри), «Психологію (загальну, вікову, педагогічну)» (6 кредитів, I–II семестри), «Основи інклюзивної освіти» (3 кредити, V семестр) та «STEM-практики в освіті» (3 кредити), перенесені до цього блоку ОПП-2024. Порівняно скромна присутність педагогічних знань у літературі огляду (36,7 %; педагогіка – 5,7 %, психологія – 2,7 %, дидактика – 4,7 %) не применшує їхнього значення як передумови перенесення змістових знань у педагогічну діяльність (п. 3.2.2). Дидактику в ОПП КДПУ не виокремлено в самостійну дисципліну, а інтегровано до курсу «Педагогіки», що відповідає тенденції до укрупнених педагогічних курсів. Силабуси «Педагогіки» та «Психології» підтверджують опору на Moodle: лекції подаються дистанційно, а семінарські заняття з обговоренням педагогічних ситуацій проводяться очно. Показово, що педагогічні курси послуговуються інформатичними прикладами – наприклад, пояснюють алгоритм сортування як ілюстрацію дидактичного принципу наочності, – чим забезпечують

горизонтальну інтеграцію.

Інтегрувальним ядром навчального плану слугує блок методичної підготовки (РСК, ТРК і ТСК), що налічує близько 21 кредита ЄКТС і безпосередньо протистоять 2,5-кратному дисбалансу між змістовою та методичною підготовкою (57,7 % проти 23,0 %, п. 4.1.1). До нього входять МНІ (10 кредитів за ОПП, VI–VIII семестри) – основна методична (РСК) дисципліна, що відповідає 23,0 % досліджень систематичного огляду; ЦТвО (6 кредитів, I семестр), яка з першого семестру формує знання про педагогічно обґрунтоване використання ІКТ (ТРК); РЦОР (3 кредити, IV семестр), де технології змінюють спосіб подання змісту (ТСК) – через візуалізацію алгоритмів та онлайн-IDE; а також «Курсова робота з МНІ» (2 кредити) як інтегративне дослідницько-методичне завдання. Саме тут різні лінії підготовки сходяться воедино: студенти не просто вивчають інформатику чи педагогіку, а вчаться *навчати інформатики*. Розміщення ЦТвО уже в I семестрі є важливою структурною перевагою ОПП КДПУ: воно забезпечує ранній вхід у педагогічно-технологічний контекст (ТРК) і відповідає рекомендаціям систематичного огляду щодо раннього початку формування методичних знань. Силабус МНІ також спирається на Moodle у комбінованому форматі – це проєктна робота з розробки навчальних курсів у Moodle, взаємне оцінювання навчальних фрагментів і підготовка методичних розробок. Показово, що студент тут водночас залишається учнем, який переживає КН зсередини, і стає його майбутнім проєктувальником – ми називаємо це «подвійним треком».

Блок практичної підготовки обсягом 30 кредитів ЄКТС забезпечує власне ТРАСК-інтеграцію й розгортає триступеневу прогресію практики (п. 3.2.4), за якою студент послідовно переходить від спостереження за уроками інформатики (21,7 % досліджень) через мікровикладання (13,3 %) до самостійного проведення уроків (46,0 %). В ОПП КДПУ практична підготовка охоплює сім видів практик: навчальну з програмування (3 кредити), психолого-педагогічну (3), підготовку до роботи в дитячому закладі (1,5), виробничу виховну (3), виробничу з програмування (3), виробничу в дитячому закладі (4,5) та виробничу в закладах освіти (12 кредитів) – останню, основну педагогічну практику із самостійним викладанням. Мікровикладання як форму ТРАСК-синтезу реалізовано в межах курсу МНІ (VI–VIII семестри); його розширення розглянуто нижче (третій коригувальний механізм). Комбінований формат: підготовка та рефлексія – онлайн (рефлексивні щоденники, відеоаналіз уроків, взаємне оцінювання в Moodle), проведення уроків –

очно у базових школах, підсумкове обговорення – синхронно онлайн. Саме практика є точкою, де всі домени ТРАСК одночасно стають видимими й піддаються оцінюванню.

Згаданий 2,5-кратний «інтеграційний розрив» між СК та РСК (п. 4.1.1) означає, що більшість програм готують радше фахівців з інформатики, які додатково вивчають педагогіку, аніж учителів з інтегрованими методичними знаннями [365], [476]. В ОПП КДПУ розрив частково подолано: МНІ починається вже з VI семестру (а не з VII-го чи VIII-го, як у багатьох пострадянських ЗВО), а ЦТВО (I семестр) забезпечує ранню технологічно-педагогічну (ТРК) пропедевтику. Методична система посилює цю роботу трьома коригувальними механізмами.

Перший – горизонтальне включення педагогічних задач у кожний змістовий модуль. Ми рекомендуємо, щоб кожна інформатична дисципліна містила щонайменше 10 % завдань педагогічного характеру: аналіз типових хибних уявлень учнів, проектування навчальних фрагментів, адаптацію змісту для різних вікових категорій. Наразі це частково реалізовано в Moodle-курсах дисциплін «Вступ до програмування», «Програмування», «Дискретна математика», однак потребує поширення на фахові дисципліни старших семестрів, де компонент КН відсутній. Такий підхід безпосередньо втілює механізм курсової інтеграції (п. 4.1.1) і відповідає трансформативній перспективі, за якою методичні знання (РСК) не виникають автоматично з поєднання змістових і педагогічних, а потребують цілеспрямовано спроектованих ситуацій [156].

Другий – пропедевтичні методичні елементи від I семестру. ЦТВО (I семестр) та РЦОР (IV семестр) формують пропедевтичний методичний контур ще до початку МНІ у VI семестрі. Сама ж МНІ триває три семестри (VI–VIII), що дає студентам змогу нарощувати методичні знання паралельно із завершенням спеціалізованих фахових курсів та проходженням виробничої практики. Це усуває четвертий, міждисциплінарний дефіцит (п. 4.1.1): замість ізольованого послідовного руху від змістових через педагогічні до методичних знань відбувається їх поступове, переплетене формування з елементами методики вже від першого семестру.

Третій – мікрОВикладання в межах МНІ та його розширення. МікрОВикладання входить до курсу МНІ як проектування та проведення фрагментів уроків інформатики; методична система радить поширити його на попередні етапи, вбудувавши педагогічні мікрОВикладання у фахові курси, щоб усунути другий дефіцит

(п. 4.1.1) – адже саме мікрОВикладання є найдієвішою формою ТРАСК-синтезу в контрольованому середовищі.

Очікуваний результат – збільшення частки методично орієнтованих контактних годин приблизно з 15 % до 30 %, що наближає співвідношення змістової та методичної підготовки до 2:1 й усуває всі п'ять інтеграційних дефіцитів, виявлених у п. 4.1.1.

КН у КДПУ ми вибудовуємо як адаптивне поєднання форм навчання з опорою на інтелектуальні ІКТ – LA, AI та імерсивні технології [408], системно застосовуючи до кожного змістового блоку тривимірну рамку КН – метод комбінування, ІКТ-засоби, педагогічні технології [407]. Провідні підходи: заздалегідь заплановане поєднання очного, синхронного та асинхронного дистанційного навчання; поєднання очного навчання та дистанційного; поєднання окремих методів у цілісні навчальні стратегії [407]. Ключовим результатом аналізу стало виявлення КН-розриву у фахових дисциплінах: якщо дисципліни початкових семестрів і педагогічний блок активно використовують Moodle-курси, то технічні фахові дисципліни потребують цілеспрямованого впровадження КН – усунення цього розриву є одним із внесків методичної системи.

Пріоритетність КН обґрунтовує і часова динаміка (п. 4.1.1): зниження частки лекцій за одночасного зростання КН та інквayрі-навчання засвідчує перехід від пасивних форм до конструктивних та інтерактивних, узгоджений з ІСАР-прогресією (п. 3.2.3) [232].

SWOT-аналіз КН у підготовці вчителів [76], проведений на основі 19 наукових джерел, підтверджує наші висновки: серед сильних сторін – гнучкість персоналізації та висока ефективність комбінованого лабораторного практикуму; серед можливостей – особлива дієвість КН саме для студентів інформатичних спеціальностей порівняно з іншими, а також інтелектуалізація навчання через опрацювання великих даних [405], [410]. КН сприяє розвитку критичного мислення (45,3 % досліджень) та комунікативних навичок (43,3 %) – ключових для майбутніх учителів інформатики [406].

Посеместровий розподіл змісту побудовано за принципом поступового нарощування: I–IV семестри закладають СК і РК фундамент із ТРК-пропедевтикою, V семестр додає фахову спеціалізацію та розширення педагогічної підготовки, VI–VIII – методичну (РСК) інтеграцію; елементи методики з'являються вже від I семестру (ЦТВО), що забезпечує плавний перехід замість «стін» між етапами. Ця

прогресія (рис. 4.9) узгоджується з двома дидактичними рамками.

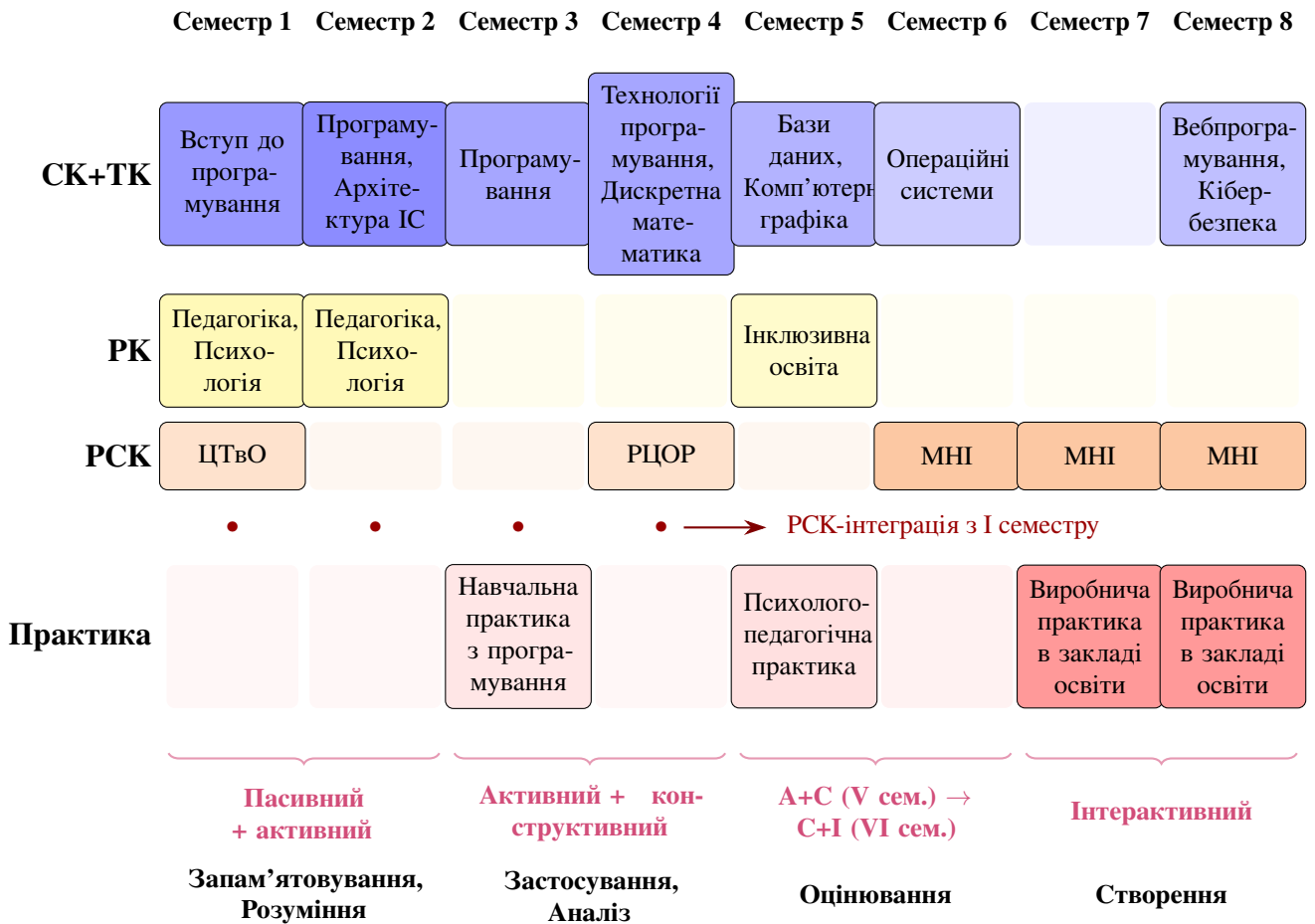


Рис. 4.9 – Посеместрова прогресія ТРАСК-КН (маркери • – точки РСК-інтеграції у СК-курсах)

Перша – *ICAP-прогресія* [232]: у I–II семестрах переважають пасивний та активний рівні (лекції, виконання лабораторних, перші проекти у ЦТВО), у III–V – активний та конструктивний (поглиблене програмування, РЦОР, «STEM-практики в освіті»), у VI – конструктивний та інтерактивний (початок МНІ, мікрОВикладання), а у VII–VIII семестрах – інтерактивний рівень (самостійне викладання у межах виробничої практики, рефлексивна практика).

Друга – *переглянута таксономія Блума* [155]: студент рухається від запам'ятовування та розуміння змісту (I–II семестри) через його застосування й аналіз (III–IV) до оцінювання та створення інтегрованих ТРАСК-рішень (V–VIII). Зворотне проєктування за принципами G. Wiggins та J. McTighe [578] забезпечує узгодженість цільових результатів із діагностичними інструментами на кожному етапі.

Стійкість спроектованого змісту спирається на здатність КН гарантувати

Таблиця 4.5 – Простежуваність «від даних розділу 2 до проєктного рішення»

Дані розділу 2	%	Проєктне рішення КДПУ	Блок
Програмування – домінантна СК-область	50,3	Python (I сем.) → C, C# (II–III) → Технології програмування (IV) → спеціальні курси (V–VIII)	СК
СК:РСК дисбаланс 2,5:1	57,7 / 23,0	РСК-інтеграція у СК-модулі; ЦТвО (I сем.) + РЦОР (IV) + МНІ з VI сем.	РСК
МікрОВикладання дефіцитне	13,3	МікрОВикладання у МНІ (VI–VIII); рекомєндоване розширення на попередні курси	Практ.
Самостійне викладання – осн. форма практики	46,0	Виробнича практика в ЗО (12 кр., VII–VIII сем.)	Практ.
Зростання Python (2→12 %)	динам.	Python як перша мова («Вступ до програмування», I сем.)	СК
Зниження лекцій (40→8 %), зростання КН (10→24 %)	динам.	КН як базова модальність; усунення КН-розриву у технічних СК-курсах	КН
КН ефективніший для студентів CS	SWOT	Адаптивна комбінація з інтелектуальними ІКТ	КН
СТ 7,0 %, AI 4,3 % – зростаючі напрями	динам.	Вибіркові: «AI в освіті», «Машинне навчання», «Візуальне програмування»	СК
Рефлексивна практика дефіцитна	6,3	Рефлексивне портфоліо з ТРАСК-самооцінкою	Діагн.
Педагогіка + Психологія = 8,4 %	5,7+2,7	РК-курси (15 кр.) з інформатичними прикладами; Інклюзивна освіта	РК
МНІ – основна РСК-дисципліна	23,0	МНІ (10 кр., VI–VIII сем.) – інтегруюче ядро	РСК

безперервність освіти в кризових ситуаціях – від пандемії COVID-19 до воєнних дій [409]. Досвід моделювання уроків інформатики майбутніми вчителями [85] створює резервний механізм: навіть за обмеженого доступу до базових шкіл практична підготовка може тривати через моделювання уроків в онлайн-середовищі.

Отже, п. 4.2.1 конкретизує модель змістового компоненту (п. 3.2.2) та механізми ТРАСК-інтеграції (п. 4.1.1) на рівні КДПУ, спираючись на аналіз ОПП «Інформатика. Програмування» (240 кредитів ЄКТС) і 28 силабусів. Авторський внесок – принцип *простежуваності від доказів до рішень* (табл. 4.5), що відрізняє підхід від інтуїтивного проєктування навчальних планів. Три коригувальні механізми разом протистоять критичному 2,5-кратному дисбалансу між змістовою та методичною підготовкою, а виявлений КН-розрив у фахових дисциплінах старших семестрів є ключовим предметом методичної системи. Формат КН для кожного ТРАСК-блоку (рис. 4.8) реалізує тривимірну рамку КН [408]; посеместрова прогресія (рис. 4.9, табл. 4.6), узгоджена з ІСАР та таксономією Блума, окреслює траєкторію нарощування інтеграційної складності. Наступні підпункти

конкретизують середовище (п. 4.2.2) і систему моніторингу (п. 4.2.3).

Таблиця 4.6 – Карта навчального плану за семестрами: ТРАСК-домени, КН-форми, РСК-інтеграції та ІСАР-рівні

Семестр	Ключові дисципліни	ТРАСК	КН-форма	РСК-інтеграція	ІСАР
I	Вступ до програмування (4), ЦТвО (6), Педагогіка, Психологія	СК, РК, ТРК	Очна Moodle +	ЦТвО як пропедевтика РСК	P+A
II	Програмування (11), Архітектура ІС (5), Фізика (4), Педагогіка, Психологія	СК, РК	Очна Moodle +	Мікрозавдання у СК	P+A
III	Програмування (C→C#), Філософія	СК	Очна Moodle +	Мікрозавдання у СК	A+C
IV	Технології програмування (5), РЦОР (3), Дискретна математика (4), Теорія ймовірностей (4)	СК, ТСК	Комбінована	РЦОР як ТСК	A+C
V	БД (4), STEM-практики в освіті (3), Інклюзивна освіта (3), Комп'ютерна графіка	СК, РК	Комбінована	STEM як РСК-пропедевтика	A+C
VI	МНІ (початок), ОС (4)	РСК, СК	Комбінована	МНІ: методична + мікровикладання	C+I
VII	МНІ , <i>Виробнича практика в закладі освіти</i>	ТРАСК	Комбінована	Самостійні уроки + рефлексія	I
VIII	МНІ , Вебпрограмування (5), Кібербезпека (4), <i>Виробнича практика в закладі освіти</i>	ТРАСК	Комбінована	ТРАСК-портфоліо	I

Ефективність змістового проектування додатково підтверджують кваліфікаційні дослідження, виконані під керівництвом автора. Аналіз 18 підручників з інформатики у роботі [37] демонструє змістово-аналітичну (СК) компетентність, яку формує методична система; методика КН для гімназійної інформатики [71] засвідчує інтеграцію РСК і ТРК на рівні шкільної практики, а українсько-польський перекладач інформатичної термінології [413] – формування методичних знань для інклюзивних контекстів. Когорта 2014 р. [53], [123], [140] та робота [50] фіксують вихідну СК і ТК лінію (веброзробка, мобільні додатки) ще до впровадження КН, а траєкторія робіт І. В. Зезуля – від аналізу змісту на бакалаврському рівні [37] до інтеграції LMS на магістерському [38] – документує розвиток від СК через ТРК до цілісного ТРАСК у межах підготовки одного здобувача.

4.2.2. Проєктування технологій та середовища комбінованого навчання

Якщо попередній підпункт (п. 4.2.1) з'ясував, *що і в якій послідовності* вивчають майбутні вчителі інформатики у КДПУ, то цей відповідає на питання, *якими засобами та в якому середовищі* цей зміст реалізується у форматі КН. Теоретичним підґрунтям проєктування такого середовища слугують вітчизняні моделі хмаро орієнтованих освітніх середовищ закладів освіти [59], [141]. У п. 3.2.3 (частина «Засоби навчання») ми запропонували авторську 4-шарову ТРАСК-таксономію 30 засобів (1623 згадування засобів у 300 дослідженнях, рис. 3.9); тут вона розгортається на рівні закладу: для кожного шару визначаємо конкретні засоби, обґрунтовуємо добір і виявляємо розриви. Проєктування спирається на три рівні доказів: систематичний огляд (розділ 2); опитування 344 респондентів щодо досвіду використання ІКТ [61]; емпіричні дані Moodle-аналітики – 3684 курси [502] та 985 курсів [503]. Засадничий принцип: добір засобів керується методом, а не технологією – засіб обираємо не «тому що він існує», а «тому що він підтримує конкретний метод та ІСАР-рівень» [408], [417], [592].

Дані розділу 2 окреслюють загальну картину використання засобів: Шар 1 (середовища програмування) переважає, охоплюючи 17 із 30 категорій, відібраних за частотою та ТРАСК-роллю та понад половину їх згадувань (табл. 2.28, рис. 3.9); п'ять найчастіших засобів – Scratch (14,7 %), Moodle (11,7 %), офісне ПЗ (11,0 %), Python (10,7 %) та онлайн-платформи (10,7 %) – утворюють «ядро» інструментарію. Засоби Шару 1 виконують подвійну СК/ТК-роль [571]: студент вивчає, наприклад, Scratch водночас і як *предмет*, і як *майбутній інструмент викладання*.

Доказом на користь проєктних рішень слугує і часова динаміка – три парадигмальні зрушення (п. 3.2.3). Частка Scratch зросла від 2 % до 20 % (удесятеро), а Python – від 2 % до 12 % (у 6 разів), що підтверджує поступовий перехід від блочно-го до текстового програмування [477], [576], [581], [595]. Частка Moodle зросла від 2 % до 14 % (у 7 разів), відображаючи на технологічному рівні зростання КН від 10 % до 24 % [469]. Натомість частка офісних засобів знизилася від 15 % до 10 %, а Pascal/Delphi – від 19 % до 3 %; фізичні обчислення представлені майже виключно в дослідженнях після 2009 року. Це засвідчує поступову еволюцію дослідницького поля: від використання загальних засобів (шари 3–4) до предметно-специфічних (шар 1) і педагогічно-специфічних засобів (шар 2).

Регіональний профіль КДПУ впливає з пострадянського контексту ($n =$

107), для якого характерні найвищі частки Moodle (17 %) і Pascal/Delphi (10 %), найнижча частка Scratch (лише 3 %) і виняткова присутність математичного ПЗ (21 % – 0 % в інших регіонах). КДПУ успадковує цей профіль із переважанням змісту, найширшим прийняттям Moodle, але найслабшою опорою на конструкціоністські засоби. Для порівняння, у Північній Америці Scratch застосовують у 22 % досліджень, Python – у 13 %, а в Західній Європі – відповідно у 20 % та 16 %. Саме ця регіональна асиметрія прямо спонукає включити Scratch до підготовки в КДПУ.

Кваліфікаційні дослідження, виконані під керівництвом автора, представляють засоби з різних ТРАСК-шарів. Робота [26], присвячена адаптації вебдизайну для осіб із порушенням кольоросприйняття, поєднує Шар 1 (PHP, HTML, CSS) із принципами UDL; [109] долучає до Шару 1 (веброзробка та мобільна розробка) засоби гейміфікації; а [38] досліджує Human Школу як альтернативу Moodle – засіб Шару 2 (LMS), специфічний для українського освітнього контексту.

Дані про оцінювання (п. 2.3, ДЗ 4.2) обґрунтовують добір засобів Шару 4: тестування – 43,7 % досліджень (звідси Moodle Quiz), практична демонстрація – 39,3 % (подання лабораторних через Moodle), проекти – 36,0 % (проектний робочий процес), взаємне оцінювання – 9,0 % (модуль Workshop), портфоліо – 11,7 % [279].

Нарешті, дані опитування 344 респондентів [61] засвідчують переважання Moodle (72 %), Google Classroom (59 %), Google Forms (81 %), Prometheus (76 %) та Coursera (52 %); у межах Google Workspace найуживанішими є Docs (288 із 344), Sheets (229 із 344) та Slides (217 із 344). Ці результати підтверджують, що подвійна архітектура Moodle та Google є інституційно закріпленою і прийнятою студентами.

КН-середовище КДПУ ми структуруємо за тією ж 4-шаровою ТРАСК-таксономією (п. 3.2.3): це забезпечує концептуальну узгодженість із теоретичною рамкою й дозволяє простежити кожен засіб до його ТРАСК-функції (рис. 4.10).

Шар 1 – середовища програмування на перетині змістових і технологічних знань (СК і ТК). Цей шар безпосередньо реалізує найбільший змістовий блок ОПП (95 кредитів) і відображає домінування Шару 1 у систематичному огляді (понад половина згадувань 30 відібраних категорій засобів). Блочне програмування представлене Scratch – у «STEM-практиках в освіті» (V семестр) та вибірковій дисципліні «Візуальне програмування»; його обрання спирається на першу позицію серед 30 категорій засобів огляду, десятикратне зростання та підтверджену ефективність як точки входу [477], тоді як у пострадянському регіоні Scratch майже відсутній – дефіцит, що його усуває методична система. Текстове програмування

СК і ТК: подвійна ТРАСК-роль

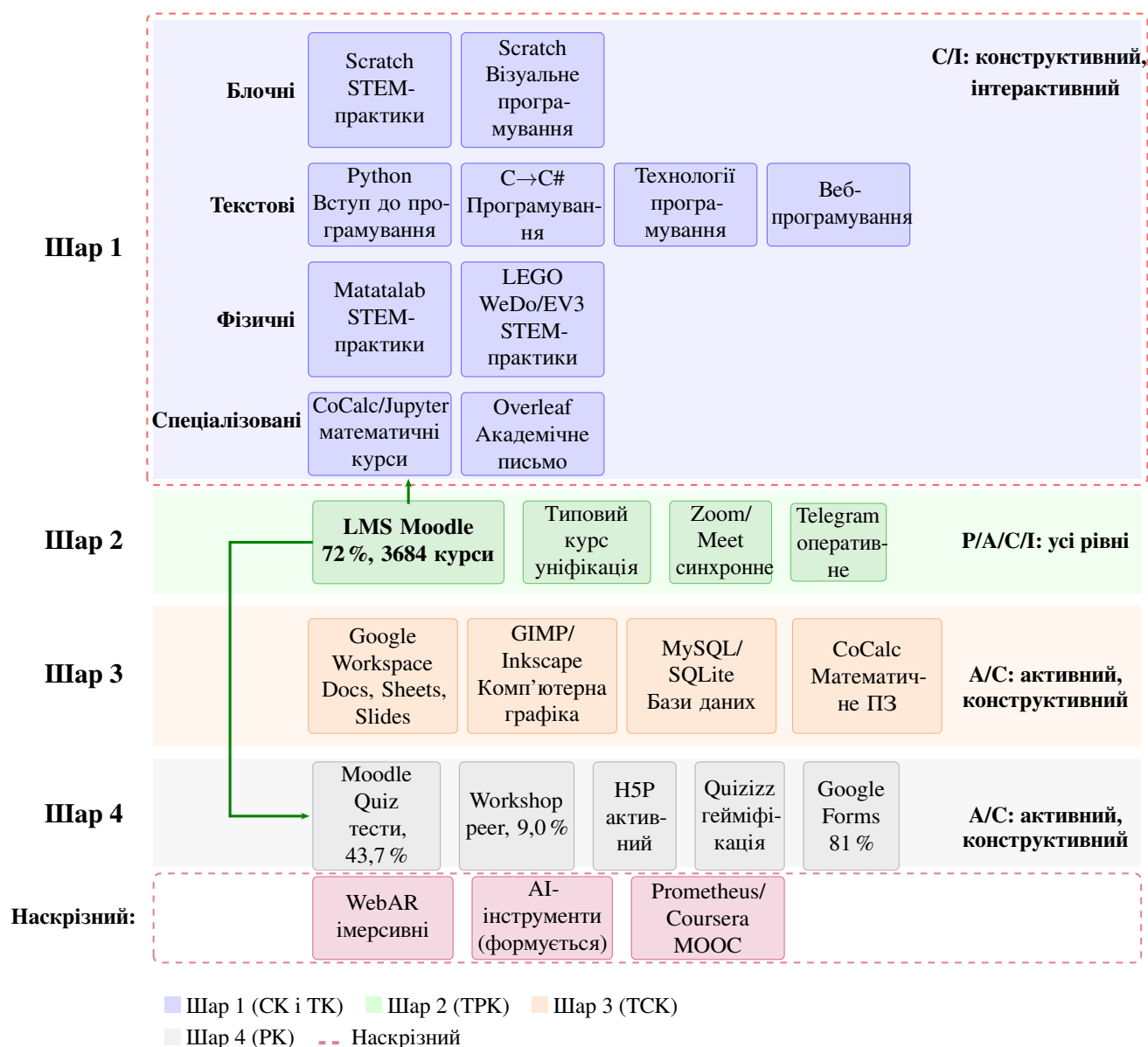


Рис. 4.10 – Архітектура КН-середовища КДПУ

реалізують Python («Вступ до програмування», I семестр; середовища Thonny, VS Code, replit.com), мови C і C# («Програмування», II–III семестри; середовища MonoDevelop, VS Code, PyCharm) та «Технології програмування» (IV семестр); вибір Python як першої мови – замість успадкованого входу через Pascal чи C – відповідає і зростанню його частки, і глобальному тренду з мета-аналітичними доказами [581]. Фізичні обчислення представлені Matatalab та LEGO WeDo 2.0/EV3 («STEM-практики в освіті», V семестр): хоча Arduino, Raspberry Pi, LEGO, роботи та Micro:bit сукупно охоплюють лише 13 % досліджень, це зростаючий тренд після 2009 року, а конструкціонізм [449] перекидає місток між абстрактним змістом

і матеріальним досвідом. Нарешті, до спеціалізованих засобів належать CoCalc та Jupyter (математичні дисципліни та дисципліни з обробки даних) і Overleaf («Академічне письмо»). Кожен засіб цього шару виявляє ТРАСК-подвійність: він є водночас змістовим (студент вивчає мову як предмет) і технологічним (студент опановує її як майбутній інструмент викладання) [156], [571].

Шар 2 – управління та координація навчання (ТРК). Ядром КН-середовища є Moodle: 35 досліджень із 300 у систематичному огляді, найвищий серед макрорегіонів пострадянський показник та переважання в опитуванні. Аналіз використання Moodle у КДПУ [403] підтвердив його інституційну інтеграцію, а емпіричні дослідження – ефективність: аналіз 3684 курсів [502] виявив, що інтерактивні активності мають суттєво сильніший зв'язок з успішністю студентів заочної форми, а інформаційні ресурси – з успішністю магістрантів; багатовимірний аналіз 985 курсів [503] окреслив чотири кластери проектування і показав, що різноманітність ресурсів у поєднанні зі структурованими активностями корелює зі зниженням неуспішності. Курси розробляють на основі типового Moodle-курсу університету [73], [402], що уніфікує їхню структуру та якість (деталі – п. 5.1). Доповнюють Moodle синхронні Google Meet та Zoom і Telegram для оперативної комунікації (засоби комунікації – 10,3 % згадувань в огляді); Telegram обрано за мобільність та поширеність серед студентів (методика взаємодії – п. 5.2).

Шар 3 – продуктивність і предметні засоби (ТСК). Основним засобом спільної роботи є Google Workspace [421]; спадний тренд офісних засобів засвідчує зміщення від продуктивності до предметно-специфічних інструментів. Графічне редагування забезпечують GIMP та Inkscape («Комп'ютерна графіка») і OpenShot (РЦОР); математичне ПЗ, представлене у 7,3 % досліджень огляду та у 21 % пострадянського регіону (де воно присутнє винятково), реалізується через «Дискретну математику», «Теорію ймовірностей» та CoCalc; бази даних опановують засобами MySQL і SQLite («Бази даних», V семестр; 2,0 % згадувань).

Шар 4 – оцінювання та діагностична інфраструктура (РК). На інституційному рівні четвертий шар таксономії (у п. 3.2.3 – загальнопедагогічна аудиторна інфраструктура) реалізовано функціонально – як діагностичну підсистему, де оцінювальні модулі Moodle (Quiz, Workshop), H5P, Quizizz та Google Forms розглядаються за діагностичною функцією, а не платформною належністю: тести з автоматичною перевіркою та Workshop для взаємного оцінювання, інтерактивні елементи самоперевірки H5P (активний рівень за ICAP), гейміфіковане оціню-

вання Quizizz (гейміфікація – 6,7 % в огляді) [592], анкетування й діагностика мотиваційно-ціннісного критерію через Google Forms (деталі – п. 4.2.3).

Окремий, наскрізний пласт утворюють засоби, що лише формуються. До імерсивних технологій належать методологія WebAR [412], [489] та проектування імерсивних освітніх ресурсів [487], [513]. Що ж до AI, то його роль розкривають бібліометричний аналіз [410] та досвід застосування AI для розвитку ЦК [98]; прикметно, що серед 30 ідентифікованих засобів систематичного огляду інструменти AI цілком відсутні («AI-прогалина», п. 3.2.3), проте їхню інтеграцію ми передбачаємо [544]. Нарешті, масові відкриті онлайн-курси – human.ua, Prometheus (76 % респондентів), EdEra, Coursera (52 %) – слугують додатковим самоосвітнім ресурсом [115].

Чотирикритеріальна рамка добору засобів [592] – педагогічний, технологічний, ергономічний та економічний критерії – задає базову евристику відбору. Проте для підготовки вчителів інформатики її варто розширити двома додатковими критеріями, що випливають із теоретичного аналізу (п. 3.2.3) та емпіричних даних розділу 2.

П'ятий критерій – ТРАСК-подвійність: чи виконує засіб водночас роль змістову (предмет вивчення) і технологічну (інструмент майбутнього викладання)? Цей критерій, сформульований R. Vivian та K. Falkner [571] та обґрунтований у п. 3.2.3, є специфічним саме для підготовки вчителів інформатики і відсутній в інших предметних дидактиках [156].

Шостий критерій – доказова база: чи підтримується засіб даними систематичного огляду та/або інституційними емпіричними дослідженнями? Перевагу мають засоби з доведеною ефективністю – наприклад, Moodle (3684 курси [502]) чи Scratch (мета-аналіз [581]).

Нарешті, діє принцип мінімізації: теорія когнітивного навантаження [191] обґрунтовує обмеження набору засобів, адже їх надмірна кількість сама собою перевантажує студента і знижує ефективність. Тому до основного набору ми включаємо засоби, що задовольняють щонайменше чотири з шести критеріїв, а решту лишаємо факультативними. Застосування розширеної рамки до ключових засобів демонструє таблиця 4.7.

Окремим авторським внеском є систематичне обстеження 28 силабусів на наявність КН-компонентів (явна згадка Moodle, онлайн-складова, проектування КН, цифрові засоби) з розподілом дисциплін на три категорії за рівнем інтеграції

Таблиця 4.7 – Матриця доказового добору засобів КН-середовища КДПУ

Засіб	Шар	n	%	Тренд	Пд	Тх	Ер	Ек	ТР	Дз	ІСАР
Moodle	2	35	11,7	2→14 % (7 разів)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	P/A/C/I
Scratch	1	44	14,7	2→20 % (у 10 разів)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	A/C
Python/IDE	1	32	10,7	2→12 % (6 разів)	✓	✓	✓	✓	✓	–	C/I
C/C#/IDE	1	17	5,7	8→4 % (↓)	✓	✓	✓	✓	✓	–	C/I
Google Workspace	3	33	11,0	15→10 % (↓)	✓	✓	✓	✓	–	✓	A/C
Zoom/Meet	2	31	10,3	→	✓	–	✓	✓	–	✓	A/I
Telegram	2	–	–	–	✓	–	✓	✓	–	✓	A
H5P	4	–	–	–	✓	✓	✓	✓	–	–	A/C
Quizizz	4	–	–	гейміфікація 6,7 %	✓	–	✓	✓	–	–	A/C
Google Forms	4	–	–	81 % (опитування)	✓	–	✓	✓	–	✓	A
LEGO/Matatalab	1	12	4,0	пост-2009	✓	–	✓	–	✓	–	C/I
GIMP/Inkscape	3	3	1,0	→	✓	✓	–	✓	✓	–	C

Примітка. Пд – педагогічний; Тх – технологічний (відкритий код, API); Ер – ергономічний; Ек – економічний; ТР – ТРАСК-подвійність; Дз – доказова база.

КН.

До першої категорії – повноцінного КН з Moodle – належать 13 дисциплін: «Педагогіка», «Психологія», «МНІ», «ЦТвО», «Вступ до програмування», «Програмування», «Дискретна математика», «Теорія ймовірностей і математична статистика», «Філософія», «Іноземна мова», «Українська мова», «Академічне письмо» та «Історія та культура України». Усі вони, за аналізом силабусів, спираються на структуровані Moodle-курси з теоретичними матеріалами, тестами та завданнями; авторськими курсами формувального етапу (аудит 6 курсів, п. 6.3.2) серед них охоплені МНІ та ЦТвО, для решти це інституційні Moodle-курси відповідних дисциплін.

Друга категорія – використання цифрових засобів без системного КН – охоплює вісім дисциплін: «Технології програмування», «Комп'ютерні мережі», «Комп'ютерна графіка», «Архітектура інформаційних систем», «Вебпрограмування», «Операційні системи», «Основи кібербезпеки» та «Моделювання й аналіз даних». Вони послуговуються спеціалізованими засобами Шару 1 (IDE, мережеві утиліти, графічні редактори), однак не мають систематичної КН-архітектури з Moodle як технологічно-педагогічним стрижнем.

Третю категорію становлять решта дисциплін – загальноосвітні та математичні курси з різним рівнем цифровізації.

Кількісно розрив виглядає так: 8 із 28 дисциплін (близько 29 %) не мають системного КН, і всі вісім належать до фахового блоку СК – дві у II та IV семестрах

(«Архітектура інформаційних систем», «Технології програмування»), а ядро – шість дисциплін V–VIII семестрів, тобто розрив сконцентрований у блоці спеціалізації (рис. 4.11). Студенти V–VIII семестрів переживають «розрив у форматі навчання»: у педагогічних та початкових фахових дисциплінах вони працюють у Moodle, у фахових старших семестрів – без нього. Парадоксально, що саме ці дисципліни інтенсивно використовують засоби Шару 1, але позбавлені Шару 2, хоча за принципом «подвійного треку» (п. 3.2.3) ТРАСК-подвійність була б тут найціннішою: студент не лише програмує мережеві протоколи, а й осмислює, як навчати цього учнів, – тим паче, що опановує ці теми паралельно з МНІ (VI–VIII семестри). Без КН-інфраструктури залишається нереалізованим і горизонтальне включення педагогічних задач (п. 4.2.1): саме Moodle дає платформу для методичних мікро-завдань («як пояснити учням поняття процесу?», «які типові хибні уявлення щодо ІР-адресації?»). Пріоритетність кроку підтверджує й часова динаміка зростання КН за зниження лекцій.

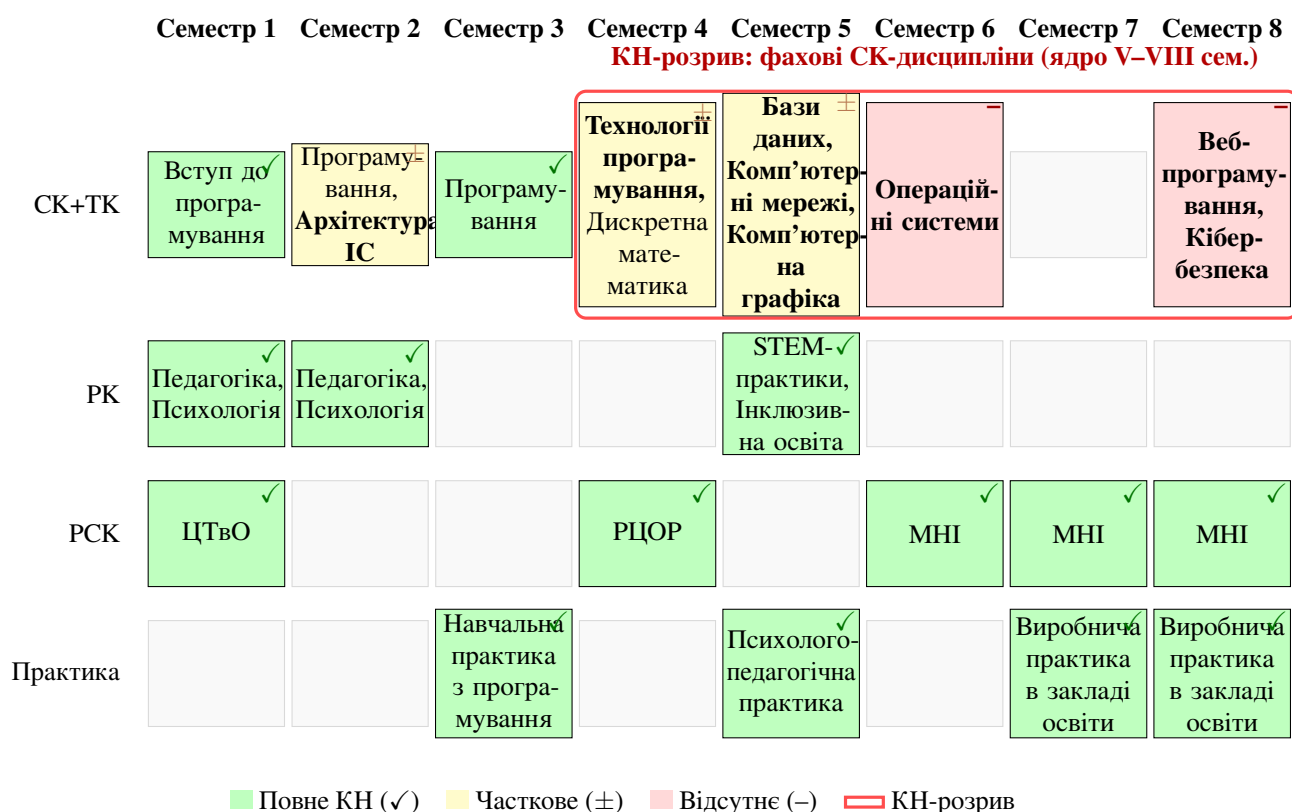


Рис. 4.11 – Теплова карта інтеграції КН у КДПУ

Примітка. Зелений (✓) – повноцінне КН, жовтий (±) – часткове, червоний (–) – відсутнє; позначки в кутах комірок дублюють кольорове кодування. Червона рамка – коридор КН-розриву у фахових СК-дисциплінах (ядро – V–VIII семестри).

Для кожної дисципліни другої категорії стратегія усунення КН-розриву передбачає створення Moodle-курсу на основі типового шаблону [402] та специфічні втручання. Так, у «Технологіях програмування» (IV семестр) це Moodle-подання лабораторних з автоматизованим тестуванням і взаємне рецензування коду через Workshop, а педагогічним фокусом стає питання «які підходи до навчання патернів проектування?»; у «Комп'ютерних мережах» (V семестр) – онлайн-симуляційні лабораторії (Cisco Packet Tracer, GNS3) та банки тестових питань для протоколів у Moodle з питанням «як пояснити учням модель OSI?»; у «Комп'ютерній графіці» (V семестр) – портфоліо робіт у Moodle та H5P для принципів дизайну й колористики з питанням «як навчати композиції у шкільному курсі?»; в «Операційних системах» (VI семестр) – подання результатів роботи з віртуальними машинами через Moodle та H5P для концепцій ОС із питанням «які типові хибні уявлення учнів щодо процесів та файлових систем?»; у «Вебпрограмуванні» (VIII семестр) – інтеграція GitHub/GitLab для подання проєктів і Moodle для відстеження прогресу з питанням «як організувати проєктне навчання веброзробки у школі?»; нарешті, в «Основах кібербезпеки» (VIII семестр) – CTF-завдання через Moodle та онлайн-лабораторії з безпеки з питанням «як формувати культуру кібербезпеки в учнів?». Кожне втручання передбачає також інтеграцію засобів Шару 4 (тести, H5P, взаємне оцінювання), що забезпечить повне КН-покриття усіх ТРАСК-шарів [62].

Персоналізацію забезпечують індивідуальні освітні траєкторії: згідно з вимогою про щонайменше 25 % кредитів на вибіркові дисципліни (60 кредитів ЄКТС: 18 загальних та 42 професійних) їх упроваджено в КДПУ, а аналіз даних 1089 студентів [488] виявив чотири сегменти з різними стратегіями вибору; значущими чинниками задоволеності виявилися доступність інформації про курси до вибору, відповідність кар'єрним цілям та якість викладання.

Вибіркові дисципліни є водночас простором для інновацій. Каталог 2025–2027 рр. містить «АІ в освіті», «Машинне навчання», «Хмарні технології», «Програмування мікроконтролерів», «Олімпіадну інформатику» та «Системи контролю версій». Саме через них зростаючі напрями – АІ (4,3 %) та СТ (7,0 %, п. 4.2.1) – входять до змісту навчання без зміни нормативної частини ОПП, що й забезпечує гнучке пристосування до змін у галузі.

Окремий перспективний пласт – засоби АІ та персоналізації: попри «АІ-прогалину» в огляді (п. 3.2.3), бібліометричний аналіз [410] засвідчив зростаючу роль АІ у проєктуванні адаптивних середовищ, L. Sun, L. Hu та D. Zhou [544]

пропонують модель ТРАСК для навчання з AI, а огляд досвіду застосування AI для розвитку ЦК [98] окреслює перспективні напрями (асистоване рецензування коду, автоматизований зворотний зв'язок, адаптивний контент); упровадження плануємо через вибіркові дисципліни та інтеграцію в Moodle-курси.

Нарешті, технологічні рішення так само піддаються простежуванню: табл. 4.8 (за аналогією з табл. 4.5, п. 4.2.1) обґрунтовує кожен засіб КН-середовища кількісними даними розділу 2 або інституційними емпіричними дослідженнями.

Таблиця 4.8 – Простежуваність «від технологічних даних до проєктного рішення»

Дані	Показник	Проєктне рішення КДПУ	Шар
Moodle: 11,7 %, 17 % (пострадянський), 72 % (опитування)	2→14 % (7 разів)	Moodle як ТРК-ядро; 3684 курси, 4 класери	2
Scratch: 14,7 %, пострадянський лише 3 %	2→20 % (10 разів)	Scratch у STEM-практиках + вибіркова «Візуальне програмування»	1
Python: 10,7 %	2→12 % (6 разів)	Python як перша мова («Вступ до програмування», I сем.)	1
КН: 19,3 %, зростання	10→24 %	КН як базова модальність; усунення КН-розриву	2
Засоби комунікації: 10,3 %	–	Telegram + Zoom/Meet	2
Тести: 43,7 %, peer: 9,0 %	–	Moodle Quiz + Workshop	4
Google Forms: 81 % (опитування)	–	Google Forms для діагностики	3/4
Moodle 72 % + Google Classroom 59 % (опитування)	–	Дуальна Moodle + Google архітектура	2/3
Фізичні обчислення: 13 % досліджень	пост-2009	STEM-практики з робототехнікою	1
Лекції: 40→8 %	↓ 5 разів	Перевернуте навчання як базовий КН-метод	2

Отже, п. 4.2.2 конкретизує технологічний компонент на рівні КДПУ через три оригінальні елементи: *шестикритеріальну рамку доказового добору засобів* (табл. 4.7), що розширює чотирьокритеріальну рамку [592] критеріями ТРАСК-подвійності та доказової бази; *аудит інтеграції КН* (табл. 4.9, рис. 4.11) з коридором КН-розриву та стратегіями його усунення; *простежуваність технологічних рішень* (табл. 4.8). Архітектуру середовища (рис. 4.10) побудовано за 4-шаровою ТРАСК-таксономією з Moodle як технологічно-педагогічним стрижнем, підтвердженим аналізом 3684 курсів [502] та 985 курсів [503]. Наступний підпункт (п. 4.2.3) конкретизує систему моніторингу та діагностики.

Таблиця 4.9 – Матриця інтеграції КН у дисциплінах КДПУ за ТРАСК-шарами засобів

Дисципліна	Семестр	Шар 1	Шар 2	Шар 3	Шар 4	КН	Втручання
<i>Блок СК і ТК</i>							
Вступ до програмування	I	Python, IDE	✓	–	✓	✓	–
Програмування	II–III	C, C#, IDE	✓	–	✓	✓	–
Технології програмування	IV	IDE, Git	–	–	–	○	+ Moodle, взаємне оцінювання
Архітектура ІС	II	–	–	–	–	○	+ Moodle-тести
Дискретна математика	IV	–	✓	CoCalc	✓	✓	–
Теорія ймовірностей	IV	–	✓	CoCalc	✓	✓	–
Бази даних	V	MySQL	✓	–	✓	✓	–
Комп'ютерні мережі	V	утиліти	–	–	–	○	+ симуляції, тести
Комп'ютерна графіка	V	GIMP	–	✓	–	○	+ портфоліо, H5P
Операційні системи	VI	VM	–	–	–	○	+ Moodle-подання
Моделювання даних	VII	Python	–	–	–	○	+ Moodle, Jupyter
Вебпрограмування	VIII	HTML/JS	–	–	–	○	+ GitHub, трекінг
Кібербезпека	VIII	утиліти	–	–	–	○	+ CTF, онлайн-лаб.
<i>Блок РК</i>							
Педагогіка	I–II	–	✓	–	✓	✓	–
Психологія	I–II	–	✓	–	✓	✓	–
STEM-практики в освіті	V	Scratch, LEGO	✓	–	–	✓	–
Інклюзивна освіта	V	–	✓	–	✓	✓	–
<i>Блок РСК, ТРК і ТСК</i>							
ЦТВО	I	Moodle	✓	✓	✓	✓	–
РЦОР	IV	H5P	✓	✓	–	✓	–
МНІ	VI–VIII	Moodle	✓	✓	✓	✓	–
<i>Блок практики</i>							
Виробнича практика в закладі освіти	VII–VIII	усі	✓	✓	✓	✓	–

Примітка. ✓ – повне КН; ○ – часткове/відсутнє КН.

4.2.3. Проєктування системи моніторингу та діагностики результатів навчання

Система моніторингу та діагностики результатів навчання втілює діагностично-результативний компонент (п. 3.2) на інституційному рівні КД-

ПУ. Підрозділ 3.2.5 окреслив теоретичну рамку – чотири критерії з подвійним закріпленням за таксономією Блума та DigCompEdu (табл. 3.3), тришарову архітектуру оцінювання (рис. 3.11), 52-пунктну неузгодженість, чотири коригувальні потоки і п'ять проєктних рішень; цей підпункт відповідає, *якими конкретними інструментами, з якими пороговими значеннями та в яких дисциплінах* ця архітектура реалізується. Логіка руху – від моделі (п. 3.2.5) через інституційний проєкт (цей підпункт) до методики впровадження (п. 5.3). Предмет проєктування – п'ять оригінальних елементів: матриця конструктивного узгодження; вираження кількісними показниками рівнів розвитку ЦК в журналі оцінок Moodle; матриця «інструмент – критерій» за трьома шарами; інтервенції для подолання 52-пунктного розриву з кількісними цілями; діагностичний цикл зі зворотним зв'язком. Доказову базу утворюють систематичний огляд (17 типів оцінювання, 859 згадок, $n = 300$, розділ 2) та авторські дослідження – 344 респонденти [61], [62], 3684 курси [502], 985 курсів [503] і 1089 студентів [488].

Принцип конструктивного узгодження [191] вимагає узгодженості ILOs, TLAs та оцінювання, а зворотне проєктування [578] задає порядок роботи: спершу критерії оцінювання, потім навчальна діяльність. Табл. 4.10 подає матрицю конструктивного узгодження для кожного ТРАСК-блоку (п. 4.2.1, табл. 4.6); вибір інструменту оцінювання обґрунтовано кількісними даними розділу 2 й узгоджено з таксономією Блума [155]: нижчі рівні – запам'ятовування та розуміння – діагностуємо тестами, вищі – аналіз і створення – проєктами та портфоліо.

Вираження кількісними показниками рівнів розвитку ЦК. Таблиця 3.3 (п. 3.2.5) визначає якісні дескриптори чотирьох рівнів за чотирма критеріями. Для реалізації в журналі оцінок Moodle ці дескриптори потребують переведення у кількісні показники – порогові бали, що забезпечують автоматичну класифікацію студентів. Табл. 4.11 подає це практичне втілення із подвійним закріпленням: рівні таксономії Блума [155] визначають когнітивну складність завдань, рівні DigCompEdu [467] – компетентнісні дескриптори.

Порогові значення узгоджено з українською шкалою ЄКТС: Низький (0–59 балів, F/FX), Середній (60–74, D/E), Достатній (75–89, B/C), Високий (90–100, A). Ваги критеріїв визначено з урахуванням даних розділу 2 та DigCompEdu: когнітивний – 30 % (тестування як домінуюча форма), операційно-діяльнісний – 35 % (практичний показ + проєкти), мотиваційно-ціннісний – 15 % (неявне оцінювання через м'які навички), рефлексивно-оцінювальний – 20 % (посилення з огляду на ре-

Таблиця 4.10 – Матриця конструктивного узгодження для системи оцінювання КДПУ

ТРАСК-блок	Результат навчання	Навчальна діяльність	Інструмент оцінювання	Критерій	Реалізація в Moodle
СК і ТК (95 кр.)	Знання алгоритмів, мов програмування	Лабораторні, самостійна робота	Тести (43,7 %)	Когнітивний	Quiz, банки питань
	Уміння реалізувати алгоритми у коді	Програмування, debugging	Практичні завдання (39,3 %)	Операційно-діяльнісний	Assignment, CodeRunner
РК (18 кр.)	Розуміння дидактичних принципів	Семінари, аналіз ситуацій	Тести, есе	Когнітивний	Quiz, Essay
	Ціннісне ставлення до професії	Дискусії, рефлексія	Анкети Лікерта	Мотиваційно-ціннісний	Questionnaire
РСК, ТРК і ТСК (21 кр.)	Здатність навчати інформатики	Мікровикладання	Проекти (36,0 %)	Операційно-діяльнісний	Workshop, рубрики
	Проектування екурсів	Розробка курсів у Moodle	Захист проєктів	Операційно-діяльнісний	Assignment, рубрики
	Рефлексія ТРАСК-розвитку	Взаємне оцінювання	Портфоліо (11,7 %)	Рефлексивно-оцінювальний	Workshop, Database
Практика (30 кр.)	Ефективне викладання у школі	Педагогічна практика	Спостереження, відгуки	Операційно-діяльнісний	Assignment, Rubric
	Самоаналіз педагогічної діяльності	Відеоаналіз уроків	Рефлексивне есе	Рефлексивно-оцінювальний	Database, Forum

флексивний дефіцит). Психометричні вимоги: Cronbach $\alpha \geq 0,7$ для шкал Лікерта, Cohen's $\kappa \geq 0,6$ для рубрик, валідність змісту – експертне оцінювання [128], [186].

Матриця «інструмент – критерій» за трьома шарами архітектури. Тришарова архітектура (рис. 3.11) визначає формувальний (поточний), підсумковий (рубіжний) шари та метаоцінювання (програмний); для кожного критерію на кожному шарі визначено інструменти з реалізацією в Moodle (табл. 4.12). Принципова відмінність від традиційного переліку інструментів – *наскрізність*: кожен аспект компетентності діагностується на всіх трьох шарах. Матриця безпосередньо усуває 52-пунктний розрив (п. 3.2.5): формувальний шар системно включає взаємне оцінювання (Workshop) та самооцінювання (рефлексивні листи), підносячи їх від маргінальних часток до обов'язкових компонентів. Регіональний синтез: підсумковий шар зберігає структурні форми пострадянської моделі (тести, практичний показ 71 %), формувальний інтегрує автентичні форми північноамериканської

Таблиця 4.11 – Вираження кількісними показниками рівнів розвитку ЦК в журналі оцінок Moodle

Критерій	Метод	Низький 0–59	Середній 60–74	Достатній 75–89	Високий 90–100	Блум	Dig Comp Edu
Когнітивний (30 %)	Тести, есе	<60 % вірних, лише відтворення	60–74 %, розуміння понять	75–89 %, аналіз та порівняння	≥90 %, оцінювання та синтез	1–2 → 5–6	A1 → C2
Операційно-діяльнісний (35 %)	Проекти, лабораторні	Дія за зразком, потребує допомоги	Типові завдання з незначною допомогою	Самостійне виконання, адаптація	Творчі рішення, авторські розробки	3–4 → 5–6	B1 → C2
Мотиваційно-ціннісний (15 %)	Анкети Лікерта	Байдужість, зовнішня мотивація	Ситуативний інтерес	Стійкий інтерес, внутрішня мотивація	Ціннісне ставлення, саморозвиток	–	–
Рефлексивно-оцінювальний (20 %)	Портфоліо, есе	Відсутність рефлексії	Епізодична рефлексія	Систематична рефлексія, адекватна самооцінка	Глибока рефлексія, прогностична самооцінка	–	–

(проекти, портфоліо) [195], [313], [426].

Таблиця 4.12 – Матриця «інструмент – критерій»: формувальне, підсумкове та метаоцінювання

Критерій	Шар 1: Формувальне	Шар 2: Підсумкове	Шар 3: Метаоцінювання	Дані розд. 2
Когнітивний	Мікротести H5P, аналітика переглядів (Quiz, Completion)	Модульні тести з рандомізацією, есе (Quiz, Essay)	Pre-/post-тестування TRACK (Survey)	Тести 43,7 %
Операційно-діяльнісний	Peer review коду, чернетки проєктів (Workshop, Forum)	Захист проєктів із рубрикою, лабораторні (Assignment, Rubric)	Оцінювання на педагогічній практиці, відгуки наставників	Практ. 39,3 %; проєкти 36,0 %
Мотиваційно-ціннісний	Мотиваційні щоденники, мікрорефлексії (Forum, Journal)	Валідовані анкети мотивації (Questionnaire)	Анкети задоволеності L1 Кіркпатріка (Feedback)	М'які навички 44–48 %
Рефлексивно-оцінювальний	Метакогнітивні листи, самооцінювання (Checklist)	Захист е-портфоліо (Database, Rubric)	Відстеження L3–L4 Кіркпатріка, випускники	Портфоліо 11,7 %; самооц. 2,7 %

Інтервенції для подолання розриву. Неузгодження оцінювання й педагогіки, ідентифіковане у п.3.2.5, виявляється у трьох вимірах: (1) колаборативні методи 61,3 % проти взаємного оцінювання 9,0 % (різниця 52,3 п.п.); (2) проєктне навчання 47,3 % проти проєктного оцінювання 36,0 % (11,3 п.п.); (3) формувальне оцінювання

лише 1,3 %. Для КДПУ визначено три адресні інтервенції з кількісними цілями.

Інтервенція 1: обов'язкове взаємне оцінювання. Модуль Moodle Workshop інтегрується у кожен дисципліну блоків РСК, ТРК і ТСК та практики; цільовий показник – від базової лінії 9,0 % (розділ 2) до 100 % дисциплін методичного блоку. Кожен модульний контроль включає етап взаємного оцінювання: студенти оцінюють не менше двох робіт одногрупників, що розвиває критичне мислення та забезпечує конструктивне узгодження.

Інтервенція 2: запровадження формульовального шару. Інтерактивні елементи H5P (мікротести, drag-and-drop, заповнення пропусків) вбудовуються у кожен тему кожного курсу, аналітичні панелі (Completion tracking, Activity reports) налаштовуються для автоматичного виявлення студентів групи ризику; цільовий показник – від базової лінії 1,3 % до системного рівня в усіх 28 дисциплінах. Обґрунтування: різноманітність ресурсів – значущий предиктор зниження неспішності [502], а R. Conijn, C. Snijders, A. Kleingeld та U. Matzat [236] показують, що регулярність онлайн-активності є кращим предиктором успішності, ніж загальний час у системі.

Інтервенція 3: кумулятивне е-портфоліо. Портфоліо в модулі Moodle Database акумулює артефакти за 8 семестрів (програмний код, методичні розробки, відеофрагменти уроків, рефлексивні есе) і є обов'язковим для допуску до кваліфікаційного іспиту; цільовий показник – від базової лінії 11,7 % до 100 % студентів. Доцільність підтверджує часова динаміка: частка презентацій зростає від 10 % через 9 % до 16 %, взаємонавчання – від 13 % через 17 % до 29 % (зростаючий потік артефактів), тоді як частка курсових робіт скорочується від 33 % через 26 % до 9 %, що обґрунтовує зміщення акценту з курсових на проєктне оцінювання [475], [597].

Кваліфікаційні роботи під керівництвом автора – кульмінаційні артефакти портфоліо, що інтегрують результати трьох інтервенцій: за когнітивним критерієм – аналіз навчальної програми з інформатики (18 підручників) [37], бібліометричне дослідження інтерактивних тренажерів [109]; за операційно-діяльним – вебсистеми з адаптивним дизайном [26], мобільні додатки [50], інтерактивні онлайн-тренажери [108]; за мотиваційно-ціннісним – соціально значущі теми (вебдоступність для осіб з порушенням кольоросприйняття [26], підтримка дітей-біженців через перекладач термінології [413]); за рефлексивно-оцінювальним – прогресія від [37] до магістерської [38] як здатність оцінити обмеження попередньої роботи й спроектувати складніше дослідження.

Ефективність інтервенцій вимірюється за єдиним протоколом (джерело даних і періодичність): перша – частка дисциплін із Workshop (щосеместровий адміністративний аудит Moodle); друга – щільність H5P-елементів на тему (щосеместровий Course report) та частка студентів, охоплених системою раннього попередження (щомісячно, Analytics API); третя – комплектність портфоліо за семестрами (записи модуля Database).

Діагностичний цикл КДПУ. Коригувальні потоки за чотирма критеріями визначено у п. 3.2.5: когнітивний критерій спрямовує коригування змістового компонента, операційно-діяльнісний – технологічного, мотиваційно-ціннісний – організаційного, а рефлексивно-оцінювальний – цільового. Цей підпункт конкретизує *процедуру* їх реалізації на рівні КДПУ як замкнений діагностичний цикл із чотирма фазами (рис. 4.12).

Фаза 1 – збір даних здійснюється з чотирьох джерел, кожне з яких охоплює конкретні критерії: LA Moodle (метрики активності, результативності, залученості – усі 4 критерії); тестування та захист проєктів (когнітивний та операційно-діяльнісний критерії); анкетування (мотиваційно-ціннісний критерій); портфоліо та самооцінювальні листи (рефлексивно-оцінювальний критерій). Часові точки збору прив'язані до семестрового календаря: поточний контроль (щотижнево, H5P і Completion tracking), модульний контроль (кожні 5–6 тижнів, Quiz і Assignment), рубіжний контроль (залік/екзамен), річний моніторинг (метаоцінювання за Кіркпатріком [357]).

Фаза 2 – аналіз здійснюється на трьох рівнях: індивідуальний (профіль студента за 4 критеріями, ідентифікація слабких сторін), груповий (виявлення системних проблем: якщо більше ніж 30 % групи має низький рівень за критерієм – сигнал для коригування методики), курсовий (оцінка ефективності курсу за динамікою рівнів). Порогові значення для прийняття рішень визначаються табл. 4.11.

Фаза 3 – зворотний зв'язок реалізується за чотирма рівнями зворотного зв'язку [313]: на рівні завдання (автоматичний – результати Quiz, H5P), на рівні процесу (керований викладачем – коментарі до Assignment), на рівні саморегуляції (рефлексивні листи, портфоліо), на рівні «Я» (мотиваційний зворотний зв'язок через Questionnaire).

Фаза 4 – коригування реалізує чотири потоки (п. 3.2.5) у двох часових циклах. *Семестровий цикл:* дані Шарів 1 і 2 аналізуються після кожного модульного

контролю; мікрокоригування впроваджуються в наступному модулі (оновлення ресурсів, додавання навчальних опор, зміна Н5Р-елементів). *Річний цикл*: дані Шару 3 (метаоцінювання) аналізуються наприкінці навчального року; макрокоригування впроваджуються в навчальний план наступного року (перерозподіл ваг критеріїв, коригування порогів, оновлення рубрик). Обидва цикли з'єднуються з циклічною моделлю проектування (рис. 3.4).

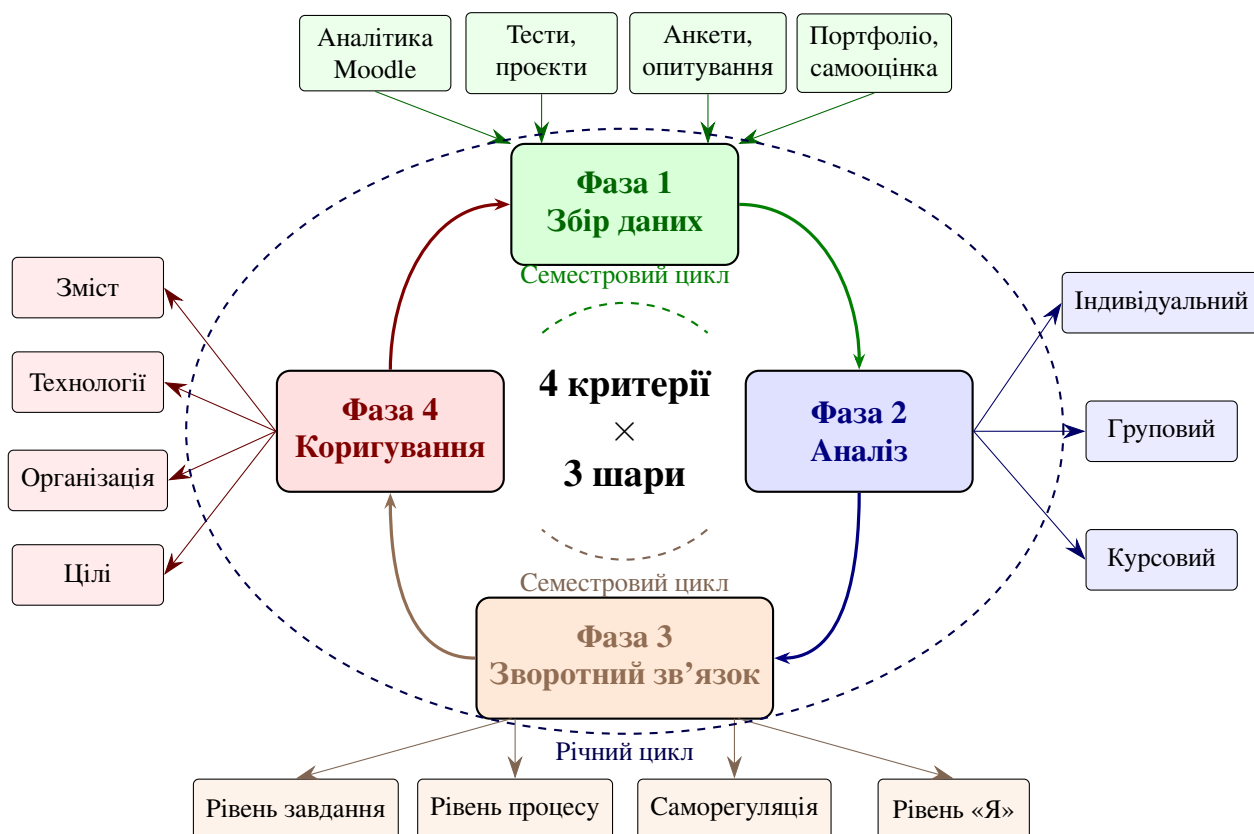


Рис. 4.12 – Діагностичний цикл КДПУ: збір даних, аналіз, зворотний зв'язок та коригування (семестровий та річний цикли)

Простежуваність «від даних розділу 2 через проєктне рішення до реалізації в Moodle». Аналогічно до табл. 4.5 (п. 4.2.1) та табл. 4.8 (п. 4.2.2), кожне проєктне рішення у системі оцінювання простежується до конкретних кількісних даних розділу 2. Рис. 4.13 візуалізує цей ланцюжок як триколонний потік від доказу через проєктне рішення до реалізації. Найсильніша доказова база – для когнітивного критерію (тести 43,7 %, 131 дослідження), найслабша – для рефлексивного (портфоліо 11,7 %, самооцінювання 2,7 %), що додатково обґрунтовує посилення рефлексивного компоненту через інтервенцію 3 (кумулятивне е-портфоліо).

Емпіричне обґрунтування проєктних рішень. Усі проєктні рішення підсистеми моніторингу та діагностики обґрунтовуються даними авторських емпіричних

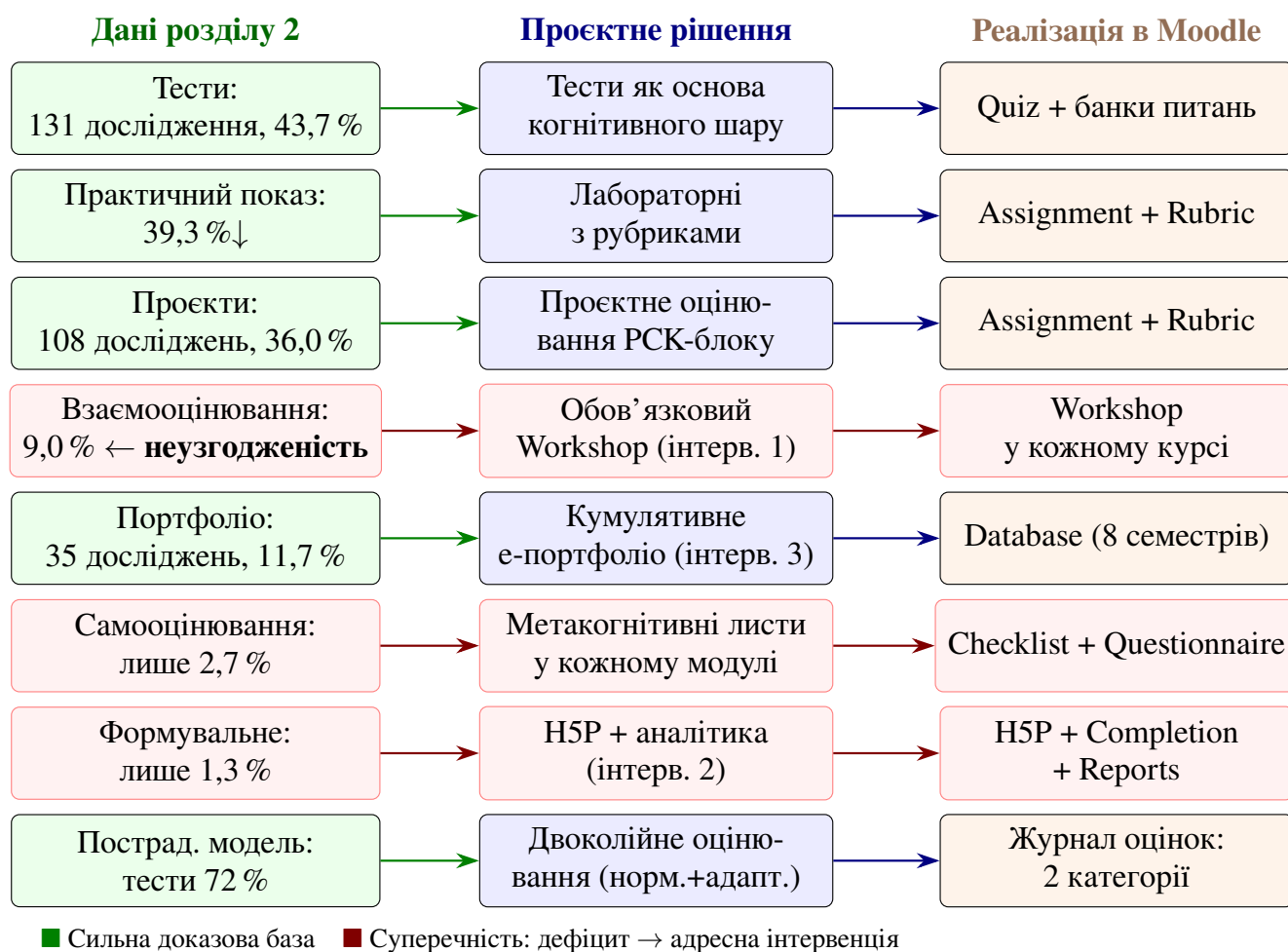


Рис. 4.13 – Простежуваність «від даних розділу 2 через проектне рішення до реалізації в Moodle» для системи оцінювання

досліджень.

Опитування 344 респондентів щодо навчального складника ЦК [61] засвідчило домінування Moodle та Google Classroom серед LMS, Google Forms серед сервісів тестування і Prometheus серед MOOC-платформ, що валідує *дуальну діагностичну інфраструктуру*: Moodle (формувальне та підсумкове оцінювання) + Google Forms (додаткове анкетування, де Moodle Questionnaire не дає потрібної гнучкості). Дослідження методичного складника [62] виявило домінування продуктивних навичок – MS Word (333 особи), MS Excel (330), MS PowerPoint (332) зі значним проникненням Google Docs, – що валідує використання *продуктів діяльності* як артефактів портфоліо для операційно-діяльнісного критерію.

Аналіз 3684 курсів Moodle [502] засвідчив, що різноманітність ресурсів та комунікаційних інструментів – значущий предиктор зниження неспішності, що валідує *багатоінструментальний підхід* (табл. 4.12): кожен критерій діагностується

кількома інструментами. Багатовимірний аналіз 985 курсів [503] ідентифікував 4 кластери курсового дизайну, що обґрунтовує *диференційоване оцінювання*: Quiz-домінантні курси СК-блоку потребують іншої конфігурації журналу оцінок, ніж Assignment/Workshop-домінантні курси РСК-блоку. Аналіз 1089 студентів [488] ідентифікував 4 сегменти уподобань, що інформує *адаптивні елементи оцінювання*: вибіркові компоненти портфоліо та альтернативні форми підсумкового контролю.

Отже, підсистема моніторингу та діагностики КДПУ конкретизує теоретичну рамку п. 3.2.5 у п'яти оригінальних елементах: (1) *матриця конструктивного узгодження* (табл. 4.10) для 28 дисциплін навчального плану; (2) *вираження рівнів кількісними показниками* (табл. 4.11) – переведення якісних дескрипторів табл. 3.3 у порогові бали з вагами 30/35/15/20; (3) *матриця «інструмент – критерій»* (табл. 4.12) з наскрізністю діагностики через три шари; (4) *три адресні інтервенції* з вимірюваними цілями; (5) *діагностичний цикл* (рис. 4.12) із семестровими мікро- та річними макрокоригуваннями. Простежуваність кожного рішення до даних розділу 2 (рис. 4.13) забезпечує доказовість системи; конкретизацію процедур подано у п. 5.3.

У четвертому розділі конкретизовано проєктні рішення методичної системи КН майбутніх учителів інформатики. На основі теоретичної моделі та даних систематичного огляду обґрунтовано організаційно-педагогічні умови та реалізовано компоненти системи на інституційному рівні КДПУ. Отримано такі основні результати.

1. *Обґрунтовано комплекс із п'яти організаційно-педагогічних умов* ефективної реалізації методичної системи, кожна з яких спирається на специфічну теоретичну рамку та підтверджується даними систематичного огляду: (1) інтеграція підготовки на засадах ТРАСК із цілеспрямованим включенням педагогічних задач для подолання дефіциту методичної складової; (2) комбінування форм, методів і засобів навчання на основі поєднання CoI та ICAP; (3) розвиток ЦК за DigCompEdu; (4) моніторинг на основі LA з тришаровою архітектурою; (5) психолого-педагогічний супровід на засадах SDT, системної потреби в якому не задовольняє жодне з 300 досліджень огляду.
2. *Обґрунтовано системний характер взаємозв'язку п'яти умов*. Ідентифіковано підсилювальні петлі, причинні залежності та опосередковані зв'язки між умовами. Виявлено системну дуальність – єдину розвивальну трансформацію «від отримувача до надавача», що виявляється одночасно у знаннєвому,

діяльнісному, компетентнісному, аналітичному та підтримувальному вимірах. П'ять емерджентних властивостей – системна дуальність, узгоджене підсилення, порогове каскадування, резонанс прогалів та адаптивна стійкість – досяжні лише через координований взаємозв'язок умов. Явне проектування системного взаємозв'язку є оригінальним внеском дослідження.

3. *Розроблено ТРАСК-орієнтовану карту навчального плану*, у якій обсяг підготовки структуровано у чотири змістові блоки – інформатичний (СК і ТК), педагогічний (РК), інтеграційний (РСК, ТРК і ТСК) та практичний. Для подолання дисбалансу предметної і методичної підготовки (СК:РСК – 2,5:1) обґрунтовано механізми цілеспрямованого включення педагогічних задач, а також враховано сильні сторони чотирьох регіональних моделей – пострадянської, північноамериканської, західноєвропейської та азійсько-океанійської. Реалізовано принцип простежуваності «від доказів до рішень».
4. *Спроектовано архітектуру КН-середовища*. Конкретизовано 4-шарову ТРАСК-таксономію засобів на інституційному рівні КДПУ та розроблено 6-критеріальну рамку доказового добору засобів, що розширює традиційні підходи критеріями ТРАСК-подвійності та доказової бази. Аналіз КН-інтеграції фахових дисциплін виявив, що КН-розрив сконцентровано у фахових СК-дисциплінах V–VIII семестрів, на основі чого визначено адресні стратегії його усунення. Обґрунтовано дуальну архітектуру Moodle і Google Workspace.
5. *Спроектовано систему моніторингу та діагностики*. Чотирикритеріальну модель (когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний та рефлексивно-оцінювальний критерії) з подвійним закріпленням за таксономією Блума та DigCompEdu реалізовано через матрицю конструктивного узгодження, порогові значення у журналі оцінок Moodle та матрицю «інструмент – критерій». Для подолання розриву між оцінюванням і методами навчання визначено коригувальні заходи з підвищення частки взаємного та формувального оцінювання і кумулятивного е-портфоліо до системного рівня, а також спроектовано двоциклічну діагностику: семестровий цикл мікрокоригування та річний цикл макрокоригування.
6. *Емпірично обґрунтовано всі проєктні рішення*. Кожен компонент системи спирається на множинні джерела доказів – систематичний огляд, опитування здобувачів, аналітику курсів Moodle та аналіз вибірових дисциплін. Принцип простежуваності забезпечує зв'язок кожного проєктного рішення з

емпіричними даними та унеможлиблює «безпідставне» проектування.

Отримані результати створюють підґрунтя для визначення особливостей реалізації спроектованої методичної системи, що є предметом розгляду наступного розділу. Основні наукові результати четвертого розділу викладено в публікаціях автора [65], [87], [90], [98], [512].

РОЗДІЛ 5

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОМБІНОВАНОГО НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

У цьому розділі здійснено перехід від проєкту методичної системи КН до її практичного втілення: якщо в розділі 4 йшлося про проєктні рішення на рівні окремих компонентів, то тут розглянуто конкретні методики, через які КН входить у щоденну практику підготовки вчителів інформатики.

Сім методик цього розділу в сукупності реалізують усі п'ять компонентів спроектованої методичної системи (п. 3.2); їх зіставлення подано в табл. 5.1. Воно не є взаємно однозначним: наскрізна методика розвитку ЦК (п. 5.3) забезпечує водночас цільовий і діагностично-результативний компоненти, а методики використання LMS (п. 5.1) та організації синхронної й асинхронної взаємодії (п. 5.2) працюють одночасно на технологічний і організаційний, – що відповідає системному характерові, за якого компоненти реалізуються у взаємодії. Окремим рядком відображено п'яту організаційно-педагогічну умову – психолого-педагогічний супровід (п. 4.1.5): вона не є компонентом системи, проте дістає методичне втілення у методиці взаємодії (п. 5.2).

Таблиця 5.1 – Зіставлення компонентів методичної системи з методиками їх реалізації

Компонент системи (п. 3.2)	Методики реалізації (розділ 5)
Цільовий	методика розвитку ЦК (наскрізна, п. 5.3)
Змістовий	методика навчання програмування (п. 5.7); методика проєктного навчання (п. 5.5); методика мікрОВикладання (п. 5.4)
Технологічний	методика використання LMS (п. 5.1); методика організації синхронної та асинхронної взаємодії (п. 5.2); методика використання імерсивних технологій (п. 5.6)
Організаційний	методика використання LMS (середовище, п. 5.1); методика організації взаємодії (п. 5.2); методика мікрОВикладання (триступенева прогресія практики, п. 5.4)
Діагностично-результативний	методика розвитку ЦК (критерії та діагностика, п. 5.3)
Психолого-педагогічний супровід (умова 5, п. 4.1.5)	методика організації взаємодії (п. 5.2): професійні навчальні спільноти (PLC), соціальна присутність викладача

5.1. Методика використання систем управління навчанням у підготовці вчителів інформатики

LMS виконує роль інфраструктурного ядра КН: вона технологічно втілює проєктні рішення п. 4.2.2 і є ключовим засобом технологічного компонента методичної системи (п. 3.2.3). У термінах моделі ТРАСК методика роботи з LMS належить переважно до домену ТРК – визначає, як педагогічні стратегії (РК) втілюються через технологічні інструменти (ТК), що відповідає оркестраційній умові (п. 4.1.2). Опора на LMS не випадкова: за даними систематичного огляду (розділ 2) LMS Moodle безпосередньо використовують 35 із 300 включених досліджень (11,7 %), а частка КН стійко зростає від 10 % до 24 % досліджень; за результатами аналізу інтернет-ресурсів 24 ЗВО [402], 86 % ЗВО, що готують фахівців за педагогічними спеціальностями, обрали LMS Moodle основною платформою електронного навчання. Проєктування хмаро орієнтованих освітніх середовищ і застосування LMS у підготовці майбутніх учителів інформатики ґрунтовно досліджено у вітчизняній науці [18], [99], [135], [141]. Інтелектуальний складник системи забезпечують засоби LA Moodle (прогностичне реагування, п. 4.1.4) та поступова інтеграція AI-інструментів, тож реалізована система відповідає уточненому означенню КН (п. 1.1) у його повній моделі.

У КДПУ Moodle є інституційною платформою всіх факультетів [403]. Доказова база методики формувалася на трьох рівнях: систематичний огляд (розділ 2) окреслює глобальні тенденції; кількісно потужніший рівень утворюють авторські дослідження 3684 курсів [502] та 985 курсів [503] на масиві даних КДПУ; найближчий до шкільної практики рівень складають кваліфікаційні дослідження студентів, які переносять університетську методику на шкільний рівень.

Інструментом стандартизації, що водночас лишається гнучким, є модель типового Moodle-курсу [73], [402], побудована за принципом «навчальний курс як інформаційний портал»: основний контент зберігається на корпоративному Google Drive з необмеженим обсягом сховища, а Moodle-курс містить лише структуровані посилання, організаційну інформацію та інтерактивні елементи оцінювання. Це знімає обмеження серверного простору й забезпечує автоматичне резервне копіювання матеріалів.

Типовий Moodle-курс має уніфіковану структуру (рис. 5.1):

1. *Загальна секція*: інформація про викладача, посилання на робочу програму або силабус і витяги з неї (таблиці тем лекцій, лабораторних/практичних занять), посилання на теку з теоретичним контентом та електронний журнал академічної групи.
2. *Тематичні секції* ($k = 1, \dots, N$): містять елементи «Завдання» (Assignment), через які студенти подають посилання на теки з результатами роботи у персональному Google Drive (кожне завдання – в окремій теці, що дозволяє модифікувати ресурси без зміни посилання в Moodle).
3. *Секція нарахування додаткових балів*: відвідуваність та активність на лекціях (оцінювання без очікування подання від студента).
4. *Секція підсумкового контролю*: екзаменаційна оцінка, що також вноситься викладачем вручну.

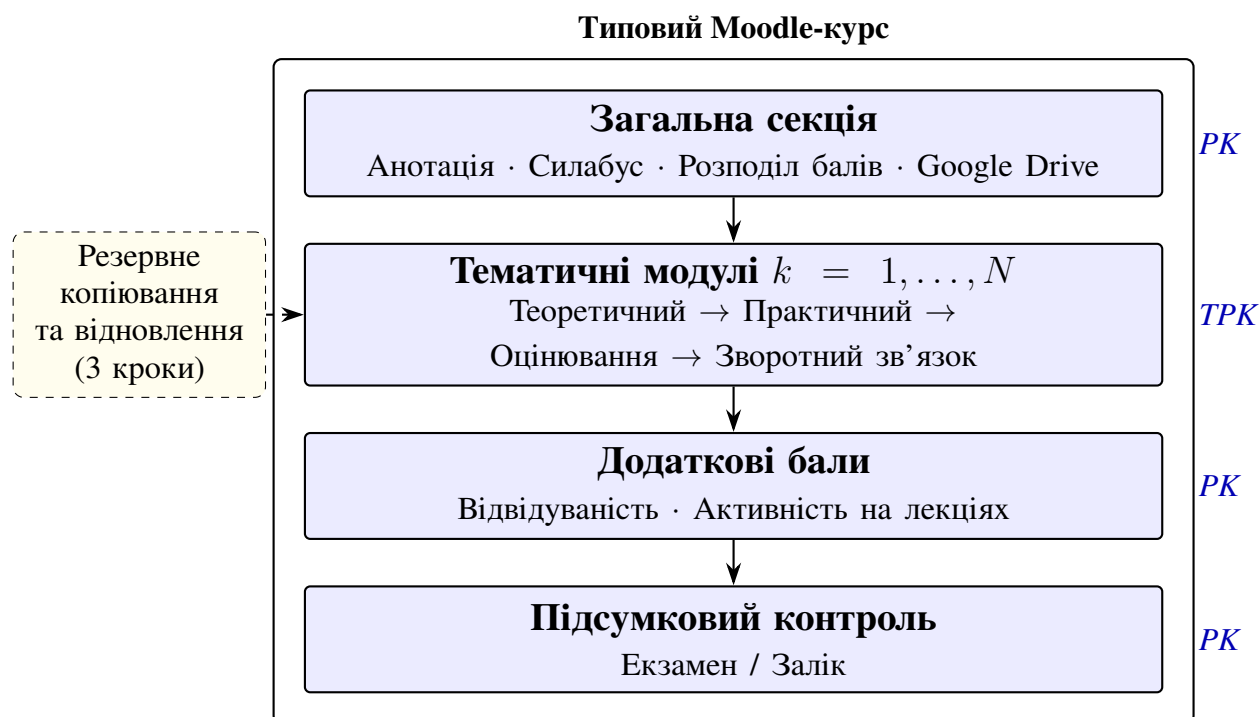


Рис. 5.1 – Архітектура типового Moodle-курсу

Усі ці елементи автоматично потрапляють до журналу оцінок Moodle, де підсумкова сума за 100-бальною шкалою обчислюється без участі викладача. Розгортання нового курсу зведено до трьох кроків: завантаження резервної копії типового курсу, відновлення її в наявний курс (за потреби – з видаленням попереднього вмісту) та редагування структури й наповнення.

Опитування викладачів [402] засвідчило, що 82 % респондентів вважають підхід типового курсу доцільним, а 34 % наголошують на потребі доповнити його

елементами, специфічними для конкретної спеціальності. Типовий курс знімає два головні бар'єри впровадження Moodle: брак часу, на який нарікають 48 % викладачів (готовий шаблон скорочує розробку курсу з тижнів до годин), та невисокий рівень ІКТ-компетентності (29 % викладачів) – достатньо впевнено володіти лише трьома елементами Moodle: URL, Assignment та Quiz.

Внутрішня будова кожного тематичного модуля підпорядкована адаптованій моделі «перевернутого класу» [73]: дисципліна розгортається як послідовність модулів, кожен із яких проходить чотири фази (рис. 5.2):

1. *Передаудиторна фаза* (асинхронна, онлайн): студент самостійно опрацьовує матеріал у форматі Page або Book із вбудованими елементами H5P для самоперевірки (15–20 хвилин). За класифікацією ICAP задіяні пасивний (перегляд матеріалу) та активний (взаємодія з H5P) рівні; у термінах CoI домінує когнітивна присутність на етапі проблематизації. Відстеження виконання в Moodle дає змогу викладачеві своєчасно виявляти студентів із ризиком відставання та коригувати їхню навчальну траєкторію.
2. *Аудиторна фаза* (синхронна, очна або онлайн): коротка розминка на Forum, далі лабораторна чи практична робота та обговорення результатів у парах або малих групах. Цим етапам відповідають конструктивний (генерування власних розв'язань) та інтерактивний (спільне обговорення) рівні ICAP; викладацька присутність CoI тут найвиразніша. Синхронний час повністю звільняється від лекційного викладу матеріалу.
3. *Постаудиторна фаза* (асинхронна, онлайн): студент проходить Quiz для самоперевірки з автоматичним оцінюванням, подає результати роботи через Assignment і завершує модуль рефлексивним повідомленням у Forum; за ICAP поєднуються активний (тест) і конструктивний (рефлексія) рівні, когнітивна присутність CoI переходить до етапу розв'язання.
4. *Фаза зворотного зв'язку* (асинхронна та синхронна): викладач залишає коментарі в журналі оцінок, за потреби проводить індивідуальні консультації та звіряється з панеллю LA; ця фаза замикає цикл і готує перехід до наступного модуля.

Підсистему оцінювання та банку тестових завдань побудовано на трикомпонентній архітектурі, описаній у п. 4.2.3. Автоматизоване оцінювання спирається на елемент Quiz із випадковим добором завдань і миттєвою перевіркою відповідей. Банк питань наповнюється за відпрацьованою методикою імпорту [84], [411] у

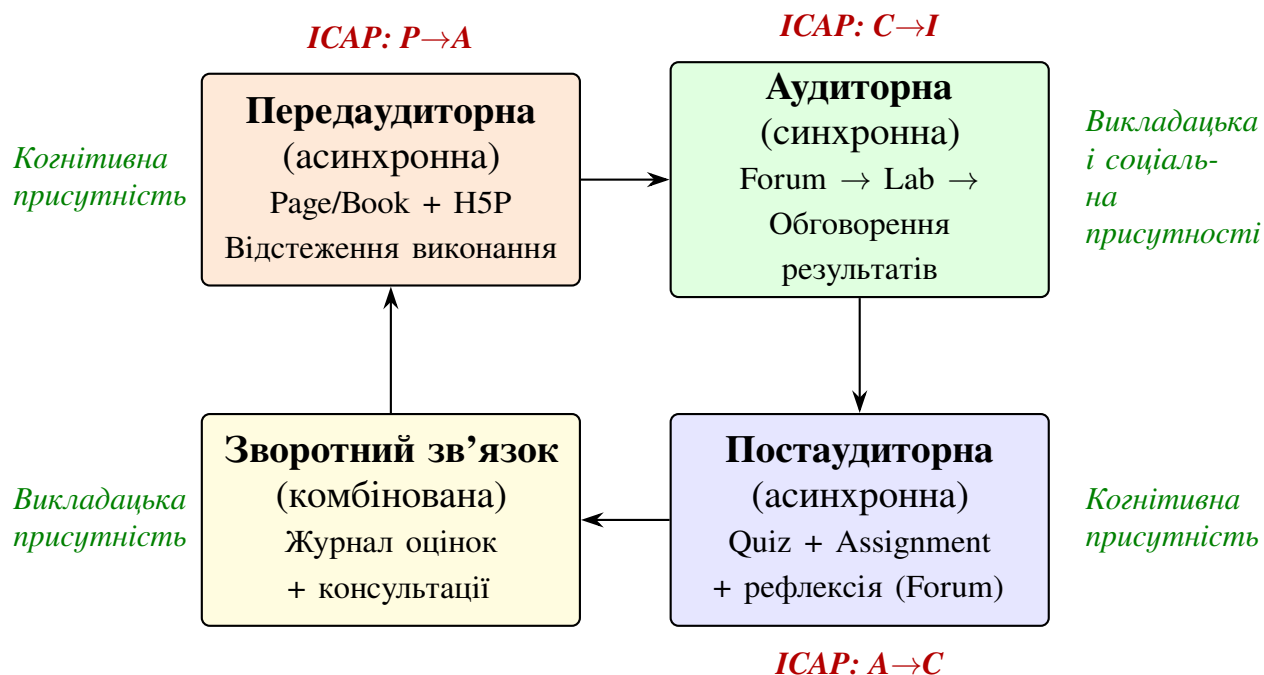


Рис. 5.2 – Цикл тематичного модуля за моделлю «перевернутого класу» з відображенням рівнів ICAP та присутностей SoI

трьох форматах: Aiken – для простих завдань типу True/False та MCQ; GIFT – для завдань на відповідність, числових і коротких відповідей; Moodle XML – для складних завдань із мультимедіа та метаданими. Питання впорядковано за категоріями тематичних модулів, тож кожен тест формується з випадкового набору завдань.

Практичні роботи перевіряються вручну через елемент Assignment з опорою на критеріально-орієнтовані інструменти – рубрики для РСК-орієнтованих завдань та шкали оцінювання для комплексних проєктів. Взаємне оцінювання реалізується елементом Workshop (в проаналізованих курсах формувального етапу цей елемент не використовувався – взаємне оцінювання здійснювалось аудиторно, п. 6.3.4) за трифазним циклом (подання робіт – розподіл та оцінювання – порівняння й калібрування оцінок), покликаним зняти 52-пунктний розрив (п. 4.2.3) між теоретичною вимогою конструктивного узгодження та реальною практикою: за даними систематичного огляду (розділ 2) взаємне оцінювання зафіксовано лише у 9 % досліджень, формувальне – у 1,3 %, а портфоліо – в 11,7 %, і трикомпонентна архітектура (п. 4.2.3) має довести ці показники до 100 % у методичній системі КДПУ. Відповідно до тих самих критеріїв (п. 4.2.3) налаштовано й журнал оцінок Moodle: когнітивний складник становить 30 %, операційно-діяльнісний – 35 %, а

мотиваційно-ціннісний – 15 %, рефлексивно-оцінювальний – 20 %.

Водночас уніфіковане проектування всіх курсів за одним зразком недоцільне: різні категорії студентів по-різному реагують на ті самі компоненти Moodle. Це показав аналіз 3684 курсів КДПУ (9 факультетів, 2020–2022 рр.) [502] методом моделювання структурними рівняннями (Structural Equation Modeling – Partial Least Squares, SEM-PLS) окремо для чотирьох категорій студентів – очних і заочних бакалаврів та магістрів: відмінності у впливі компонентів Moodle на результати навчання статистично значущі (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Коефіцієнти шляхів між конструктами моделі використання Moodle за підгрупами студентів (за даними [502])

Зв'язок	Очна, бакалавр	Очна, магістр	Заочна, бакалавр	Заочна, магістр
Інформація → Оцінювання	0,437***	0,512***	0,378***	0,495***
Ресурси → Активності	0,483***	0,517***	0,542***	0,573***
Активності → Комунікація	0,793***	0,752***	0,846***	0,823***
Активності → Оцінювання	–0,021	–0,054	0,127**	0,083*
Комунікація → Оцінювання	0,063*	0,057*	0,125**	0,104**

Примітка. β – стандартизований коефіцієнт шляху, що відображає силу й напрям зв'язку між конструктами моделі; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

За цими відмінностями простежуються три закономірності. Вплив активностей (Assignment, Quiz, SCORM) на оцінювання є статистично значущим і додатним лише для заочної форми ($\beta = 0,127$ для бакалаврів, $\beta = 0,083$ для магістрів): студентам, позбавленим регулярного очного контакту з викладачем, інтерактивні елементи стають ключовою опорою навчання. Комунікація (Forum, Chat) також помітніше позначається на результатах заочників ($\beta = 0,125$ та $\beta = 0,104$ проти $\beta = 0,063$ та $\beta = 0,057$ в очній формі) – форуми й чати компенсують їм фізичну соціальну присутність. Структурована інформація (метадані курсу, організація ресурсів) сильніше впливає на магістрів ($\beta = 0,512$ та $\beta = 0,495$ проти $\beta = 0,437$ та $\beta = 0,378$ у бакалаврів), що вказує на більшу самостійність магістрів у користуванні структурованими ресурсами.

На рівні окремих компонентів [502] картина уточнюється: найбільше студентам заочної форми допомагають Forums ($\beta = 0,289$) та SCORM-пакети ($\beta = 0,331$), бакалаврам очної форми – Quizzes ($\beta = 0,285$), а магістрам – URL-ресурси ($\beta = 0,287$). Звідси ідея двотрекового проектування курсу: синхронно-орієнтований варіант для очної форми (Quizzes, аудиторні заняття), асинхронно-

орієнтований для заочної (самодостатні SCORM-пакети, розгорнуті Forums, структуровані Assignments).

Наступний крок – розрізнити самі курси: багатовимірний аналіз 985 курсів [503], що поєднав множинну регресію, канонічний кореляційний та кластерний (k-means) аналіз, виявив чотири стійкі архетипи їх проектування (рис. 5.3).

Регресійні моделі показали: для різних рівнів успішності LMS-підтримка спрацьовує якісно по-різному. Відмінні результати (A %, $R^2 = 0,324$) найсильніше передбачають кількість викладачів ($\beta = 0,41$), URL-ресурси ($\beta = 0,14$), Quiz ($\beta = 0,12$) та Page ($\beta = 0,10$). Задовільна успішність (C-D %, $R^2 = 0,295$) тримається на Assignment ($\beta = 0,25$), Forum ($\beta = 0,22$), Choice ($\beta = 0,18$), SCORM ($\beta = 0,15$) та поєднанні Assignment і Forum ($\beta = 0,14$). А від неуспішності (F %, $R^2 = 0,247$) найкраще убезпечують Assignment ($\beta = -0,20$), різноманітність ресурсів ($\beta = -0,18$), Chat ($\beta = -0,15$) та Glossary ($\beta = -0,12$).

Кластерний аналіз виявив чотири архетипи:

1. *Контентно-насичений* (31 % курсів): високе використання ресурсів Moodle (URL, Page), помірне – активностей, зокрема тестів (Quiz); низька комунікація. Результат: A % = 38,2 %, F % = 8,3 %.
2. *Інтерактивно-орієнтований* профіль (25 %): помірне використання ресурсів Moodle, активне – навчальних активностей (Assignment, Choice) та комунікаційних засобів (Forum). Результат: C-D % = 41,8 %, F % = 7,9 %.
3. *Мінімальний* (29 %): низький рівень усіх компонентів. Результат: A % = 15,3 %, F % = 21,4 % – антипатерн, що потребує усунення.
4. *Збалансований* (15 %): помірний рівень усіх категорій. Результат: B-C % = 42,5 %, F % = 9,8 %.

Ці висновки підтверджуються на власному матеріалі кафедри. Перевірка резервних копій 6 навчальних курсів Moodle КДПУ виявила 122 елементи «Assignment» та 18 «Quiz» (банк тестових питань – 1258 питань); за структурним архетипом: 3 курси типу «Контентно-інтерактивний», 2 – «Мінімальний», 1 – «Завдання-орієнтований». Виокремлені проміжні профілі щодо чотириархетипної сітки: «контентно-інтерактивний» поєднує ознаки контентно-насиченого та інтерактивно-орієнтованого архетипів, а «завдання-орієнтований» – виражений Assignment-профіль інтерактивно-орієнтованого типу за слабкої комунікаційної складової. Зведену характеристику подано в табл. 5.3.

Розподіл балів типового курсу (на прикладі МНІ (Частина І), 6 семестр)

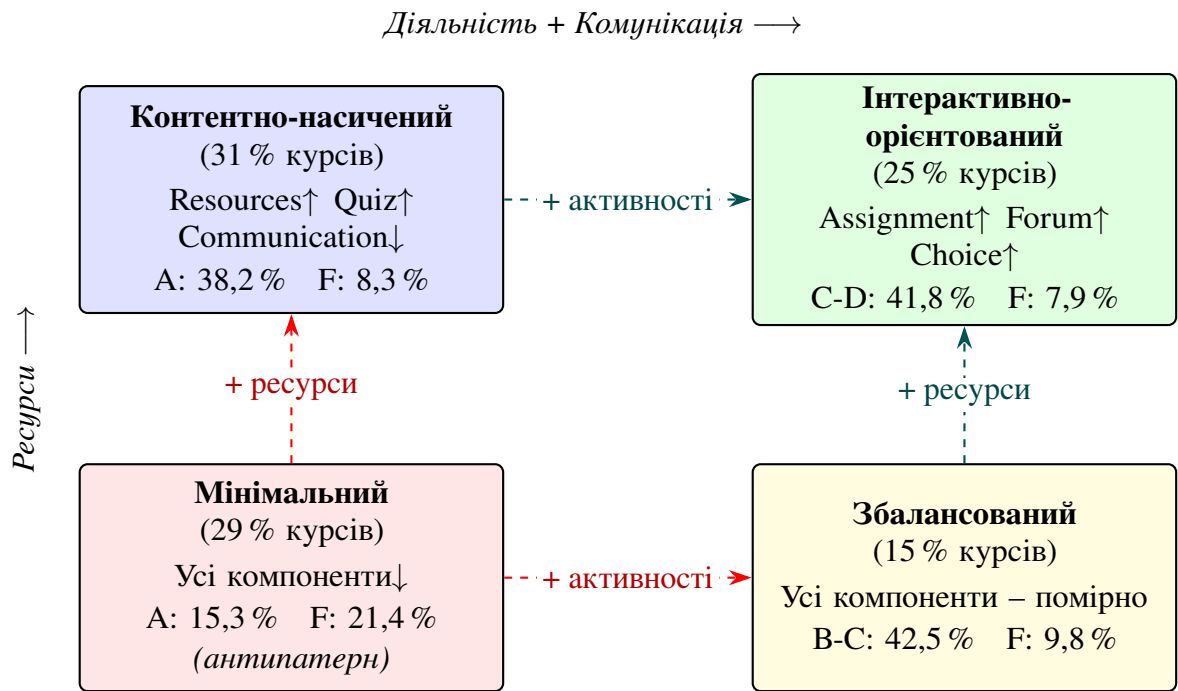


Рис. 5.3 – Чотири архетипи проектування Moodle-курсів за результатами кластерного аналізу 985 курсів [503]

Таблиця 5.3 – Характеристика навчальних курсів Moodle (КДПУ, 2020–2024)

Курс	Семестр	Завдання	Тести	Посилання	Банк питань	Архетип	Макс. балів
МНІ (Частина I)	VI	24	3	16	386	Контентно-інтерактивний	76
МНІ (Частина II)	VII	17	4	14	381	Контентно-інтерактивний	190
МНІ (Частина III)	VIII	12	3	19	124	Мінімальний	79
ЦТВО	I	22	0	8	5	Завдання-орієнтований	100
ШКІ (Частина I)	I	34	6	24	124	Контентно-інтерактивний	2800
ШКІ (Частина II)	II	13	2	5	238	Мінімальний	757

Примітка. «Макс. балів» – сумарний бал журналу оцінок курсу до нормування (приведення до 100-бальної шкали); саме тому для наскрізних курсів ШКІ він сягає 2800 та 757, а для МНІ (Частина I) 76 балів журналу нормуються до 70 балів поточної роботи, які доповнює екзамен (30 балів).

добре ілюструє схему поточної роботи 70/30: лабораторні дають 30 б., практичні – 14 б., самостійна робота – 5 б., відвідуваність – 8 б., тести – 13 б., що разом і складає 70 б. з 70.

Для КДПУ ці результати дають підставу свідомо добирати архетип під тип дисципліни: контентно-насичений – для дисциплін із домінуванням СК (теоретичні курси з програмування, архітектури комп'ютера), інтерактивно-орієнтований – там, де переважає РСК із практичною діяльністю та обговоренням, збалансова-

ний – для загальнопедагогічного циклу (РК). Натомість мінімальний архетип, на який припадає 29 % курсів і найвищий показник неуспішності 21,4 %, підлягає системному усуненню: типовий Moodle-курс запроваджується як обов’язковий мінімум.

Підготовка вчителів інформатики накладає на цю методику свій відбиток – через виразно практичний характер більшості дисциплін і подвійну роль LMS у межах ТРАСК. Лабораторні роботи з програмування студенти виконують у локальних середовищах розробки IDE (PyCharm, VS Code) або в онлайн-середовищах, а результати подають через Assignment у Moodle; де код можна перевірити автоматично (CodeRunner), перевірку доповнюють ручним переглядом і коментарями викладача.

Найповніше ця подвійність розкривається в дисципліні «МНІ»: студент водночас вивчає Moodle як слухач (ТРК з позиції учня) і вчиться проєктувати Moodle-курси як майбутній учитель (ТРК з позиції вчителя). Тому в кожному СК-курсі з’являються невеликі вбудовані педагогічні завдання (наприклад, «розробити Quiz з теми рекурсії для 10 класу») – горизонтальна РСК-ін’єкція (п. 4.2.1). Підґрунтя закладає дисципліна «ЦТвО», яка ще до початку МНІ формує пропедевтичний рівень LMS-компетентності.

Аналіз архітектури середовища КН (рис. 4.10) та інтеграційної матриці (табл. 4.9) виявив розрив: на старших курсах (V–VIII семестри) низка фахових дисциплін – Комп’ютерні мережі, Комп’ютерна графіка, Операційні системи, Вебтехнології, Кібербезпека – досі викладається переважно без системної інтеграції з LMS; саме його покликано подолати запровадження типового Moodle-курсу для всіх без винятку дисциплін навчального плану.

Життєздатність університетської методики засвідчує її перенесення студентами у власну шкільну практику в кваліфікаційних дослідженнях, виконаних під керівництвом автора. Так, у [71] розроблено 8 цифрових тестів для КН інформатики в гімназії, перенісши методику типового Moodle-курсу та банку тестових завдань на шкільний рівень (РСК і ТРК). У роботі [38] порівняно дві LMS – Moodle та Human Школа – за функціональністю, зручністю та педагогічною ефективністю; бакалаврська [37] та магістерська [38] роботи демонструють поступ від аналізу предметного змісту (СК, розробка тестових завдань) до технологічної інтеграції (ТРК, оцінювання LMS-платформ). Нарешті, у [109] створено інтерактивні онлайн-тренажери з подачею через Moodle [108], [109] – приклад повної ТРАСК-інтеграції.

Експериментальний контекст. Описана методика безпосередньо пов'язана з результатами формувального етапу експерименту (п. 6.3.3): аудит 6 базових курсів Moodle (122 завдання, 18 тестів, банк із 1258 питань; табл. 5.3) зафіксував середній коефіцієнт асинхронності $k_a = 0,63$ за рекомендованого коридору 0,5–0,8 (табл. 6.10), а розподіл курсів за структурними архетипами підтвердив на власному матеріалі закономірності аналізу 985 курсів [503]. Водночас структурний моніторинг зафіксував середню узгодженість структури курсів із вимогами типової архітектури лише 2,7 із 4 (п. 6.3.8), що окреслює резерв удосконалення методики.

На цій основі сформулюємо рекомендації щодо використання LMS у підготовці майбутніх учителів інформатики:

1. Запровадити типовий Moodle-курс як обов'язковий мінімум для всіх дисциплін навчального плану – це системно усуває «мінімальний» архетип із найвищою неуспішністю (21,4 %).
2. Застосовувати двотрекове проєктування курсів: синхронно-орієнтований трек для очної форми (Quiz, аудиторні заняття) та асинхронно-орієнтований для заочної (SCORM-пакети, розгорнуті форуми, структуровані Assignment).
3. Повністю заповнювати загальну секцію курсу (відомості про викладача, силабус, розподіл балів) – її неповнота виявилася одним із розривів структурного моніторингу (п. 6.3.8).
4. Довести структурну узгодженість курсів із типовою архітектурою від фактичних 2,7 до цільових $\geq 3,5$ із 4, передусім за рахунок упровадження елемента «Відвідуваність».
5. Утримувати коефіцієнт асинхронності на рівні $k_a \geq 0,6$ як орієнтир кризового проєктування курсу (п. 6.3.3).

Отже, доказова логіка LMS-методики вибудовується в єдиний ланцюг: від глобальних тенденцій систематичного огляду через емпіричну базу 3684 та 985 курсів КДПУ до впровадження (типовий курс, диференціація) та перенесення напрацювань студентами у шкільну практику; методика тяжіє до ТРАСК-домену ТРК і націлена на усунення виявлених розривів [408]. Комунікаційний вимір цієї методики – форуми, чати, семінари – розглянуто в п. 5.2.

5.2. Методика використання засобів синхронної та асинхронної взаємодії у комбінованому навчанні

Синхронна та асинхронна взаємодія утворює комунікаційний шар КН, що доповнює інфраструктуру LMS, описану в п. 5.1: якщо LMS забезпечує організаційну та змістову основу, то методика взаємодії визначає, як учасники освітнього процесу спілкуються в синхронному (реальний час) та асинхронному (із затримкою) режимах. У моделі ТРАСК ця методика належить до доменів ТРК та РК.

Ключовим теоретичним орієнтиром слугує модель CoI. Авторська систематика КН [407], побудована на аналізі 27 джерел Scopus, пропонує тривимірну таксономію форм взаємодії у середовищі КН [406], [408] (рис. 5.4):

1. *За способом поєднання* розрізняють заплановане поєднання (КН) очних, синхронних та асинхронних компонентів, екстрений перехід від очного навчання до дистанційного, поєднання очної та заочної форм, а також інтеграцію навчання на базі університету з дистанційним. Цей вимір задає структуру викладацької присутності CoI – від цілком керованої до адаптивної.
2. *За ІКТ-засобами* вирізняють LMS (Moodle, Blackboard, Google Classroom), засоби синхронної взаємодії (вебінари, відеоконференції), асинхронні медіа (відеолекції, презентації, подкасти), інструменти спільної роботи (месенджери, форуми, електронна пошта, спільні документи), засоби оцінювання, а також симулятори та VR/AR [406]. Інструменти створюють технологічне підґрунтя конструювання знань, підтримуючи когнітивну присутність.
3. *За педагогічними технологіями* виокремлюють комунікацію та співпрацю, рефлексію під керівництвом викладача, роботу в малих групах, проєктний підхід, мобільне навчання та гейміфікацію [407]. Педагогічні технології – головний механізм формування соціальної присутності, від індивідуальної роботи до інтерактивної співпраці за рівнями ICAR.

Тривимірна таксономія дає змогу системно проектувати взаємодію: до кожного способу поєднання добирають відповідні ІКТ-засоби та педагогічні технології, які разом забезпечують баланс трьох присутностей CoI; у КДПУ реалізується переважно заплановане КН з елементами екстреного переходу в умовах воєнного часу.

Стратегії синхронної взаємодії. Спілкування в реальному часі розвиває

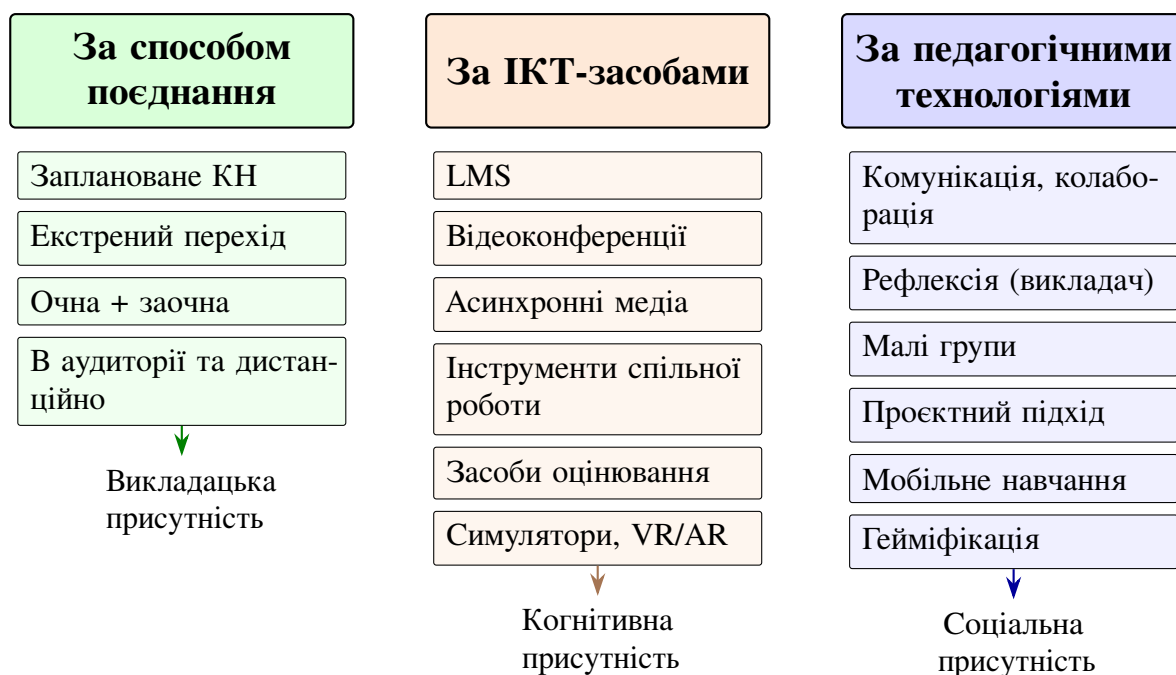


Рис. 5.4 – Тривимірна таксономія взаємодії у КН (за [406], [407]) та її зв'язок із присутностями СоІ

насамперед викладацьку та соціальну присутність. У КДПУ синхронний компонент представлений трьома основними форматами.

Онлайн-лекції та семінари (Zoom, Google Meet) застосовують для занять, що потребують живої взаємодії: обговорення складних тем, захист проєктів, аналіз педагогічних ситуацій; курс МНІ – для семінарів із дискусійних тем (зокрема, тема 1.5 «Дистанційна підтримка навчання інформатики»), курс ЦТвО – для семінарів зі створення мультимедіа та відео. Результативність синхронних сесій підвищують принципи FIRST [305]: гнучкість (урахування технічних проблем студентів), інноваційність (програмування наживо, інтерактивні демонстрації), оперативний відгук (щоденні формувальні опитування), підтримка (додаткові години консультацій) та командна робота (спільне викладання). Гібридна модель [596], у якій три очні сесії по 6 годин доповнюються щотижневими Zoom-сесіями, засвідчила статистично значуще зростання самоефективності – впевненості майбутніх учителів у спроможності застосовувати СК і РСК.

Колаборативне програмування спирається на спільне розв'язування алгоритмічних задач із демонстрацією екрана та парне програмування в онлайн-середовищах (наприклад, replit.com, передбачений силабусом МНІ). Його ефективність зростає завдяки моделі «учитель – учень – спостерігач» [596], коли студенти по черзі змінюють ролі під час мікровикладання, формуючи навички РСК. Колабо-

ративні сесії програмування тривалістю 1 год. щотижня в малих групах [558] – у середовищі Scratch, 1,5 год. синхронно та 2–3 год. асинхронно на тиждень упродовж 8 тижнів – підтвердили дієвість поєднання режимів. Формування колаборативних навичок засвідчили 61,3 % досліджень систематичного огляду (розділ 2).

Онлайн-консультації проводяться індивідуально (за запитом студента) та групово (за розкладом); на одного організатора має припадати не більше 20 студентів [298]. Українська модель КН для підготовки вчителів інформатики [132] розглядає індивідуальні онлайн-консультації як обов'язковий елемент ротаційних моделей («ротація за станціями», «перевернутий клас») з використанням вебінарів, форумів і хмарних середовищ.

Стратегії асинхронної взаємодії. Робота з відкладеним зворотним зв'язком розвиває насамперед когнітивну присутність, даючи час на глибше осмислення й рефлексію; цей режим особливо цінний для студентів заочної форми та в кризових умовах з обмеженою синхронною участю.

Форуми Moodle є центральним інструментом асинхронної навчальної взаємодії. Розмір групи у форумі істотно впливає на динаміку обговорення: за даними дослідження [450], у групах по п'ять осіб активність одного учасника була вищою, ніж у групах по сім осіб – 42,95 проти 32,41 повідомлення на учасника. Утім, кількість повідомлень на одного учасника характеризує передусім його індивідуальну комунікативну активність, аніж змістову глибину колективного обговорення: зі збільшенням групи зростає ймовірність вагомого фахового внеску, проте водночас послаблюється особиста відповідальність кожного учасника за спільний результат і знижується його індивідуальна залученість. Зважаючи на цей компроміс, оптимальною є форумна група з 5–7 осіб: для відкритих дискусій і генерування ідей доцільніші більші групи (до 7 осіб), для сфокусованого взаємного оцінювання з персональною відповідальністю кожного – менші (5 осіб). Методикою передбачено три типи форумів – запитань і відповідей (Q&A), тематичне обговорення та рефлексивний журнал (постаудиторна рефлексія за моделлю «перевернутого класу», рис. 5.2). Форуми сприяють розвитку критичного мислення (45,3 % досліджень) та комунікативних навичок (43,3 %); до того ж SWOT-аналіз [76] виявив, що залученість студентів в онлайн-чатах може перевищувати їхню аудиторну активність (можливість O4).

Відеоорієнтоване навчання реалізується у двох форматах. По-перше, усі синхронні заняття записують і розміщують у Moodle (принцип безперервності).

По-друге, студенти курсу ЦТВО створюють власні навчальні відео засобами YouTube Studio, і тут спрацьовує вже згадана у п. 5.1 ТРАСК-подвійність: студент одночасно опановує технологію (ТК) і набуває педагогічної компетентності (РК) щодо використання відео в навчанні. Асинхронне відео виконує роль передавача тематичного модуля в моделі «перевернутого класу» (рис. 5.2).

Взаємне оцінювання реалізується через елемент Workshop у Moodle за трьома фазами (подання роботи – взаємне оцінювання за рубриками – зіставлення з експертною оцінкою викладача); воно розвиває рефлексивну практику (44,7 % досліджень) та операційно-діяльнісні вміння і безпосередньо пов'язане із системою трьох інтервенцій оцінювання, описаною в п. 4.2.3.

Спільні документи та інструменти. Google Docs застосовують для групових проєктів в асинхронному режимі, а спільні репозиторії коду – для програмістських дисциплін. Типологія телеконференцій (відкриті чи закриті, керовані чи некеровані, синхронні чи асинхронні) дає змогу добирати формат комунікації відповідно до навчальних цілей.

Використання МООС як самостійного асинхронного ресурсу дає студентам змогу набути додаткових ІТ-навичок. Модель СоР, орієнтована на рівність освітніх можливостей [298], поєднувала п'ятиденний інтенсив із щоквартальними онлайн-сесіями й засвідчила дієвість комбінування короткого синхронного навчання з тривалим асинхронним супроводом.

Рисунок 5.5 відображає розподіл форм взаємодії за зонами перетину трьох присутностей СоІ; форми з найповнішим їх поєднанням – обговорення в сесійних кімнатах, спільне кодування, мікрОВикладання – розташовані в зоні спільного перетину.

Розбіжність між фактичною реалізацією та уподобаннями студентів. Емпіричним підґрунтям для проєктування балансу режимів слугують результати опитування [511] 331 студента з 13 українських ЗВО в умовах повномасштабного вторгнення (181 жінка і 150 чоловіків; 86 % – бакалаври, 13 % – магістри).

Технічна інфраструктура. Пристрої для навчання мають 78 % респондентів; необмежений доступ до інтернету – 52 %, обмежений – 34 %, частковий – 14 %. Під час повітряних тривог продовжувати навчання можуть 63 % студентів (26 % – «так», 37 % – «скоріше так»), а 37 % – ні.

Ключова розбіжність, відображена на рис. 5.6, полягає в істотній невідповідності між фактичною організацією навчання та освітніми уподобаннями



Напівжирний – синхронні; *Курсив* – асинхронні форми

Рис. 5.5 – Модель СоІ-взаємодії у КН: розподіл синхронних та асинхронних форм за зонами присутностей

студентів: частка синхронного режиму – розбіжність утричі (48 % та 16 %), частка асинхронного – у п'ять разів (10 % та 52 %), а комбінований режим – відмінності помірні (42 % та 32 %). Регіональні відмінності статистично значущі: синхронний режим переважає в північних областях, тоді як студенти зі східних (прифронтових) областей надають перевагу асинхронному, що є раціональною відповіддю на нестабільну інфраструктуру.

За характером участі виокремлено три групи студентів: 107 осіб відвідують заняття регулярно, 135 – відвідують, але подають роботи несвоєчасно, а 89 – працюють повністю асинхронно. Основні перешкоди для синхронної участі – працевлаштування, нестабільний інтернет, обстріли, волонтерська діяльність та військова служба [511].

Методичний висновок. Для кожного синхронного заняття має бути перед-

бачена повноцінна асинхронна альтернатива – не просто запис, а самодостатній навчальний модуль із завданнями в Moodle; окремі навчальні траєкторії (регулярна, асинхронна чи гнучка участь) є необхідною умовою освітньої рівності в умовах кризи.

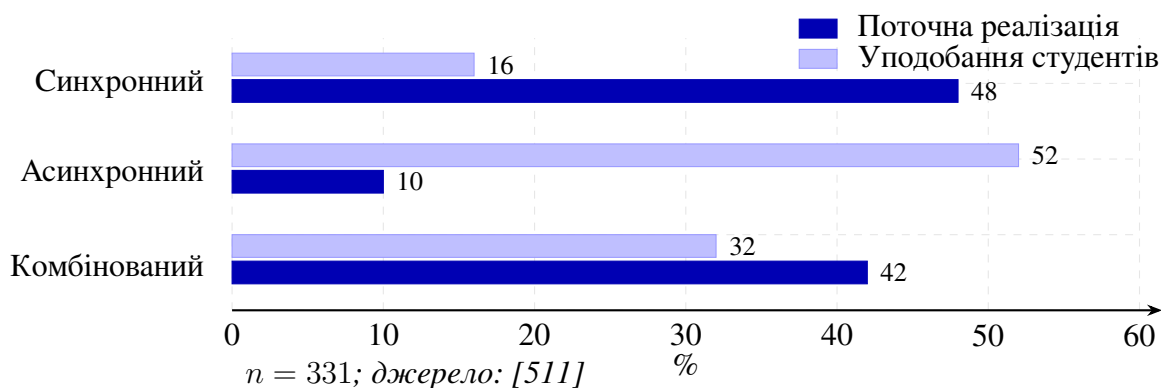


Рис. 5.6 – Розбіжність між поточною реалізацією та уподобаннями студентів щодо режимів взаємодії (синхронний режим – розбіжність втричі, асинхронний – у п'ять разів)

SWOT-аналіз взаємодії у КН. На основі систематичного аналізу 19 джерел Scopus [76] та 27 джерел [406] узагальнено ключові чинники, що визначають ефективність синхронної та асинхронної взаємодії (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – SWOT-аналіз взаємодії у КН (за [76], [406])

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
S1. Гнучкість та персоналізація темпу навчання S2. Ефективність малих груп (5–7 осіб) S3. Можливість навчатися з будь-якого місця S4. КН-практикум ефективніший за традиційний	W1. Час на опанування КН-інструментів W2. Бар'єр низької ЦК W3. Вимоги до самоорганізації студентів W4. Потреба в організаційних навичках викладачів W5. Роз'єднаність, недостатня взаємодія W6. Низькоякісні онлайн-курси знижують ефективність
Можливості (O)	Загрози (T)
O1. Інтелектуалізація навчання (великі дані) O2. Висока ефективність КН для ІТ-студентів O3. Підтримка викладачів формує позитивне ставлення O4. Вища залученість в онлайн-чатах O5. Об'єктивніше оцінювання O6. Зниження професійної тривожності після практики O7. Більше міжособистісних зв'язків, командна робота	T1. Зведення КН до дистанційного навчання за неможливості очних занять T2. Нестабільний інтернет для синхронних сесій T3. Екстрений перехід до КН T4. Ускладнена онлайн-комунікація T5. Ізоляція та самотність

Аудит 6 курсів Moodle засвідчив переважання асинхронної взаємодії: середній коефіцієнт асинхронності складає 0,63 (за шкалою від 0 до 1).

Перехресний аналіз SWOT-чинників (табл. 5.4) виявляє характерну суперечність взаємодії у КН: слабку сторону W5 (роз'єднаність) компенсують можливості O4 (вища залученість в онлайн-чатах) та O7 (командна робота) за належно спроектованої асинхронної взаємодії – з обґрунтованим розміром груп (5–7 осіб [450]), структурованими форумами та обов'язковим взаємним оцінюванням. Загроза T2 (нестабільний інтернет) узгоджується з даними опитування: студенти зі східних областей найчастіше надають перевагу асинхронному режиму. Загрози T4–T5 (ізоляція та ускладнена комунікація) долаються цілеспрямованим формуванням соціальної присутності – через неформальні форуми, групові проекти та сесійні кімнати [76].

PLC. Системною відповіддю на загрози T4–T5 є PLC, спроектована в межах умови психолого-педагогічного супроводу (п. 4.1.5). У методиці взаємодії PLC реалізується трьома механізмами на базі Moodle: міжгрупові форуми емоційної підтримки та обміну досвідом; постійні навчальні групи по 4–5 осіб зі сталим складом упродовж семестру (персональна відповідальність у взаємному оцінюванні); регулярні синхронні зустрічі раз на два тижні зі сценаріями підтримки соціальної присутності викладача – знайомство учасників, емоційне самовираження, відкрита комунікація, групова згуртованість [286]. Якщо тематичні форуми й рефлексивні журнали працюють насамперед на когнітивну присутність, то PLC-форуми цілеспрямовано формують соціальну, перетворюючи колаборацію заради виконання завдань на тривалі професійні зв'язки [213].

Роль студента у PLC змінюється залежно від курсу навчання: на 1–2 курсах він переважно отримувач підтримки, на 3–4 курсах – надавач: долучається до наставництва груп молодших курсів і координує групи взаємної підтримки під час педагогічної практики (п. 4.1.5). Тріада наставників «викладач – шкільний ментор – студентський ментор» залишається спроектованим, але ще не апробованим елементом методики взаємодії і становить перспективу її розвитку.

Освітня стійкість у кризових контекстах. Порівняльний аналіз 301 джерела [499] виявив якісні відмінності між пандемією COVID-19 та воєнним часом (від 2022 року): інфраструктура залишалася функціональною у 94 % випадків під час пандемії проти 22 % під час війни, цифровий доступ – 76 % проти 41 % із перебоями, тяжкий психологічний вплив зафіксовано у 19 % проти 87 %, а відновлення тривало

6–24 місяці проти невизначеного терміну. Водночас інноваційність зросла з 45 % до 89 %: нагальна потреба виживання стимулює педагогічні інновації.

Рамка освітньої стійкості [499] вирізняє три ключові спроможності.

1. *Адаптивна спроможність* – здатність коригувати навчання у відповідь на порушення: асинхронні альтернативи до кожного синхронного заняття, мобільний доступ через Moodle Mobile, гнучкі терміни виконання завдань у періоди інтенсивних обстрілів.
2. *Абсорбційна (поглинальна) спроможність* – здатність підтримувати основні функції: відеозаписи занять зберігають доступ до контенту, МООС слугують резервним ресурсом, а освітня безперервність зберігається на рівні 78 % навіть у найскладніші періоди.
3. *Трансформативна (перетворювальна) спроможність* – здатність вийти на якісно новий рівень: міжінституційні партнерства зросли на 234 %, а гібридні моделі забезпечують 89 % навчальних результатів за 67 % скорочення ресурсів [499].

У КДПУ ці три спроможності втілено в конкретних механізмах: обов'язковий відеозапис усіх онлайн-занять і доступ через Moodle Mobile під час відключень електроенергії (поглинальна спроможність); асинхронна альтернатива до кожного синхронного заняття, подовження термінів виконання у періоди інтенсивних обстрілів і можливість перескладання тестів (адаптивна); залучення МООС як додаткового ресурсу для самоосвіти [414], [511].

Граничний випадок асинхронної взаємодії в умовах кризи – розробка спеціалізованого українсько-польського перекладача для дітей, які навчаються в польських школах, не полишаючи української програми [413]: технологічно опосередкована міжкультурна асинхронна взаємодія як складник освітньої стійкості.

Досвід воєнного часу засвідчив, що КН значно стійкіше до зовнішніх криз, ніж суто очне: розвинений асинхронний компонент забезпечує безперервність навчання навіть тоді, коли очні чи синхронні онлайн-заняття неможливі.

Реалізація у КДПУ. Курс МНІ (семестри VI–VIII) використовує Zoom та Google Meet для семінарів, форуми Moodle для дискусій і replit.com для колаборативного програмування, а тема 1.5 спеціально присвячена дистанційній підтримці навчання інформатики. Авторський курс ЦТВО (семестр I) формує базові вміння створювати мультимедіа та відеоконтент (YouTube Studio) і спільно працювати в хмарних сервісах: студенти опановують інструменти взаємодії, безпосередньо

ними користуючись (ТРАСК-подвійність, п. 5.1).

Цілісну українську рамку таких ротаційних моделей окреслює модель КН [132], що підтверджує системність підходу КДПУ.

Транспонування методики на шкільний рівень підтверджує кваліфікаційне дослідження [71], в якому були адаптовані стратегії синхронної та асинхронної взаємодії для КН інформатики у 5 класі (8 тестів, дистанційна підтримка під час пандемії COVID-19).

Експериментальний контекст. Дієвість методики взаємодії верифіковано в умовах подвійної кризи: якщо під час пандемії освітня інфраструктура залишалася функціональною у 94 % випадків, то під час війни – лише у 22 % [499], і саме розвинений асинхронний компонент (середній коефіцієнт асинхронності 0,63, табл. 6.10) забезпечив безперервність навчання. Синхронний складник зафіксовано у 5 із 6 аудитованих курсів (посилання на Zoom/Meet), натомість перевірка не виявила дискусійних форумів у жодному з них (п. 6.3.8) – частина взаємодії мігрувала в месенджери, поза межі навчального середовища, що обмежує можливості LA-моніторингу та цілеспрямованого формування соціальної присутності.

Сформулюємо рекомендації щодо організації синхронної та асинхронної взаємодії:

1. Проєктувати кожен тематичний модуль за моделлю трьох присутностей CoI, явно передбачаючи механізми викладацької, когнітивної та соціальної присутності (рис. 5.5).
2. Передбачати повноцінну асинхронну альтернативу для кожного синхронного заняття – самодостатній навчальний модуль із завданнями в Moodle, а не лише запис.
3. Повернути навчальну комунікацію з месенджерів у дискусійні форуми курсу (Q&A, тематичні, рефлексивні) з групами 5–7 осіб – це робить взаємодію видимою для LA-моніторингу (п. 4.1.4).
4. Розгорнути PLC-механізми (міжгрупові форуми, постійні групи 4–5 осіб, сценарії соціальної присутності) як інфраструктуру психолого-педагогічного супроводу (п. 4.1.5).
5. Зберігати синхронний компонент у кожному курсі (нині – у 5 із 6) як носій викладацької та соціальної присутності, узгоджуючи його обсяг із орієнтиром коефіцієнта асинхронності $k_a \geq 0,6$.

Отже, методика синхронної та асинхронної взаємодії ґрунтується на триви-

мірній таксономії, перевірена опитуванням 331 студента, випробувана в умовах воєнного часу та реалізована в силабусах КДПУ; розбіжність між інституційною реалізацією (10 % асинхронного режиму) та уподобаннями студентів (52 %) підтверджує потребу в обов'язкових асинхронних альтернативах. Логіка доказу розгортається від систематичного огляду (розділ 2) через авторські емпіричні дослідження до силабусів КДПУ та транспонування методики студентами на шкільний рівень. Ефективне використання засобів взаємодії потребує належного рівня ЦК учасників, що й розглядається в п. 5.3.

5.3. Методика розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики в умовах комбінованого навчання

Методика розвитку ЦК реалізує третю організаційно-педагогічну умову (п. 4.1.3) – цілеспрямований розвиток ЦК на засадах рамки DigCompEdu [467]. Якщо решта методик п. 5.1–5.7 розвиває кожна свій окремий ТРАСК-домен, то методика розвитку ЦК є *наскрізною*: вона охоплює всі роки навчання, всі дисципліни навчального плану й усі домени ТРАСК, відіграючи в методичній системі роль «сполучної тканини» [127].

Теоретичним підґрунтям методики є тріада складових: рамка DigCompEdu із шістьма областями компетентностей [467]; модель ТРАСК [417], у якій для вчителя інформатики змістове й технологічне знання фактично збігаються (подвійність СК і ТК, п. 4.1.1); чотирикритеріальна модель оцінювання ЦК (табл. 3.3) з когнітивним, операційно-діяльним, мотиваційно-ціннісним та рефлексивно-оцінювальним критеріями, побудована на теоретико-методичних засадах комп'ютерно орієнтованої педагогічної діагностики майбутніх учителів [45]. Подвійність СК і ТК породжує ризик хибного ототожнення технічної та педагогічної компетентності [273]: упевнене володіння технологіями здатне приховати слабе педагогічне знання (РСК/ТРК), тому педагогічну складову ЦК доводиться формувати цілеспрямовано – на відміну від учителів інших предметів, для яких ЦК лишається переважно інструментальною.

Наскрізний характер методики виявляється в тому, що вона пов'язана з кожною з інших методик через певну область DigCompEdu і відповідний домен ТРАСК: робота в LMS (п. 5.1) – область 3 (Викладання та навчання) і ТРК; органі-

зація взаємодії (п. 5.2) – область 1 (Професійна залученість) і РК; мікровикладання (п. 5.4) – область 6 (Розвиток ЦК учнів) і повна ТРАСК-інтеграція; проектна діяльність (п. 5.5) – область 2 (Цифрові ресурси) і ТСК; імерсивні технології AR/VR (п. 5.6) – область 5 (Розширення можливостей учнів) і ТСК; програмування (п. 5.7) спирається на спільне ядро СК і ТК й розвиває область 6. Єдиною метрикою прогресії слугує шкала володіння DigCompEdu від A1 (Новачок) до C2 (Піонер), узгоджена зі шкалою табл. 3.3 і візуалізована на рис. 4.3. Оновлена рамка DigComp 2.2 [573] додатково наголошує на компетентностях взаємодії з AI [98], особливо важливих з огляду на впровадження генеративного AI в освітній процес; рамка ключових компетентностей педагогів [221] також підтверджує наскрізність розвитку ЦК у професійній підготовці.

Співвіднесення дисциплін КДПУ з критеріями ЦК. ОПП КДПУ обсягом 240 кредитів ЄКТС забезпечує систематичний розвиток усіх чотирьох критеріїв ЦК, щоразу на іншому рівні ТРАСК-інтеграції. У табл. 5.5 зведено ключові дисципліни за критеріями ЦК; у кожній комірці вказано домен ТРАСК і номер області DigCompEdu, яку дисципліна розвиває насамперед.

Закладена в табл. 5.5 прогресія відповідає принципу конструктивного узгодження [191]: ранні дисципліни (ЦТвО, програмування) формують окремі ТРАСК-домени – СК, ТК, ТРК, а дисципліни старших курсів (МНІ, практика) вимагають зведення всіх доменів у цілісну ТРАСК-модель. Окреме місце посідає педагогічна практика (30 кредитів, семестри III–VIII) – єдиний освітній компонент, що охоплює всі чотири критерії ЦК на всіх рівнях ТРАСК і слугує спільним середовищем інтеграції методик п. 5.1–5.7.

Таблиця 5.5 – Відображення ключових дисциплін КДПУ на критерії ЦК та області DigCompEdu

Дисципліна	Сем.	ЄКТС	Когнітивний	Операційно-діяльнісний	Мотиваційно-ціннісний	Рефлексивно-оцінювальний
ЦТвО	I	6	СК і ТК (обл. 2, 3)	ТРК (обл. 1)	РК (обл. 5)	–
Програмування	I–III	15	СК	СК і ТК	–	взаємна перевірка коду
РЦОР	IV	3	ТСК (обл. 2)	ТРК і ТСК (обл. 2, 3)	–	–
МНІ	VI–VIII	14*	РСК (обл. 2, 3, 6)	ТРК (обл. 1, 3, 4)	ТРАСК (обл. 5)	ТРАСК (обл. 6)
Практика	III–VIII	30	усі	усі	усі	усі

Цю прогресію наочно показує рис. 5.7: від базових компетентностей рівня A1–A2 першого курсу (переважно СК і ТК, дисципліни ЦТвО та програмування) через поступове додавання педагогічних доменів (ТСК, ТРК) до повної ТРАСК-інтеграції рівня B2–C1 на четвертому курсі.

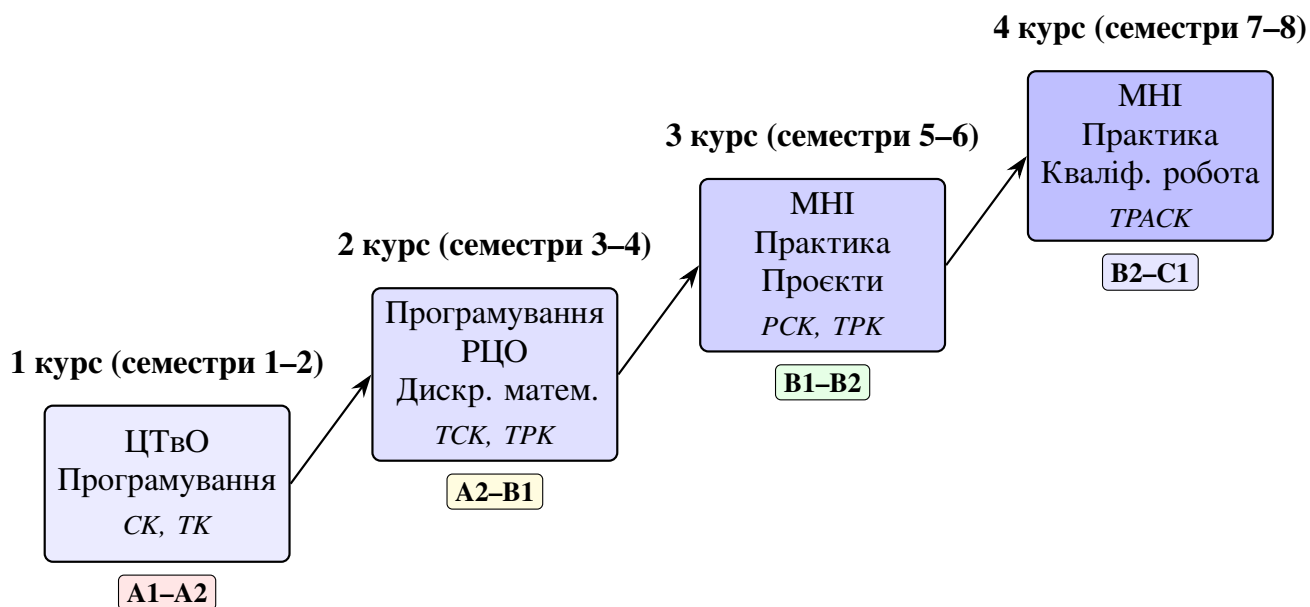


Рис. 5.7 – Прогресія рівнів DigCompEdu за роками навчання та відображення дисциплін КДПУ (МНІ – 14 кр. за чинним силабусом; в ОПП-2024 – 10 кр.)

Конкретні методичні прийоми за критеріями ЦК. Кожен критерій конкретизується через дисципліни, завдання та інструменти, дібрані з урахуванням даних систематичного огляду (розділ 2) та авторського емпіричного дослідження за участю 344 респондентів.

Когнітивний компонент розвивають цифрові модулі, вбудовані безпосередньо в дисципліни навчального плану: модуль «Цифрові інструменти вчителя інформатики» в курсі МНІ (тема 1.5), курс ЦТвО із систематичним ознайомленням з новітніми засобами, самостійне опрацювання наукових джерел про ЦТ в освіті. Систематичний огляд виявив тут помітний дисбаланс: тематика СК переважає (57,7 %), тоді як на інтеграцію РСК припадає лише 23,0 % [62], [65], а отже, навчання має свідомо зміщуватися від знання інструментів до розуміння їхнього педагогічного застосування. Опитування показало високий базовий рівень інструментальної грамотності (MS Word використовують 333 із 344 респондентів, 96,8 %; Google Docs – 288, 83,7 %), що відповідає «ері 2» (цифрова інтеграція, п. 4.1.3); натомість педагогічну складову когнітивного критерію ще потрібно формувати цілеспрямовано.

Операційно-діяльнісний компонент формується у практичній роботі: проекти зі створення електронних освітніх ресурсів – е-курсів у Moodle, інтерактивних вправ H5P, відеоматеріалів (п. 5.1); лабораторні роботи з програмування в хмарних середовищах Overleaf, CoCalc та repl.it.com (п. 5.7); педагогічна практика з обов'язковим використанням цифрових засобів; курсові й дипломні роботи з розробки та апробації цифрових освітніх ресурсів (п. 5.5). Дієвість підходу підтверджує систематичний огляд: найпоширенішими методами виявилися колаборативне (61,3 %), PBL (59,0 %) та проектне (47,3 %) навчання [61], [512]. За даними опитування, Moodle користуються 249 із 344 респондентів (72,4 %), Google Classroom – 203 (59,0 %), хоча 28 (8,1 %) не працюють із жодною LMS; серед MOOC лідирують Prometheus – 261 (75,9 %), Coursera – 179 (52,0 %) та EdEra – 141 (41,0 %).

Мотиваційно-ціннісний компонент реалізується через демонстрування кращих практик використання ЦТ, аналіз конкретних прикладів, залучення студентів до наукових конференцій, конкурсів та хакатонів [65], [66]. За систематичним оглядом, наскрізні навички представлені доволі широко (командна робота – 47,7 %, критичне мислення – 45,3 %, комунікативні навички – 43,3 %), проте цілеспрямовані мотиваційні механізми формування професійної ідентичності та ціннісного ставлення до ЦТ у більшості програм представлені несистемно. У КДПУ цю прогалину закрито наскрізною проектною діяльністю (п. 5.5), мікрОВикладанням (п. 5.4) та імерсивними технологіями (п. 5.6), які створюють емоційне залучення завдяки ефекту присутності.

Рефлексивно-оцінювальний компонент розвивається через регулярний самоаналіз студента: електронне портфоліо цифрових досягнень; чотириразове оцінювання власного рівня ЦК за інструментом DigCompEdu [290] (на вході, в середині, перед виробничою (педагогічною) практикою та на виході); перегляд відеозаписів власних уроків під час практики (п. 5.4); взаємне оцінювання через модуль Workshop у Moodle [127]; рефлексія досвіду комунікації в синхронному та асинхронному форматах (п. 5.2). Саме цього компонента найгостріше бракує в світовій практиці: самооцінювання аналізується лише у 2,7 % досліджень, а формувальне оцінювання – 1,3 %, тобто між проголошеними цілями та реальними практиками оцінювання ЦК існує системний розрив (п. 4.2.3). У КДПУ з цією метою здійснюється чотириточкова діагностика ЦК й нагромаджується обов'язкове електронне портфоліо.

Семестрова прогресія розвитку ЦК вибудована за принципом поступового

ускладнення – від базових навичок до творчого застосування – і узгоджена з рівнями володіння DigCompEdu (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 – Семестрова модель розвитку ЦК

Семестр	Когнітивний	Операційно-діяльнісний	Мотиваційно-ціннісний	Рівень	DigCompEdu
1–2	Знання основ ІКТ, робота в Moodle	Базові навички програмування, робота з офісними додатками	Ознайомлення з роллю ІКТ в освіті	Низький–Середній	A1–A2
3–4	Розуміння дидактичних можливостей ЦТ	Робота з LMS, створення навчального контенту	Усвідомлення потенціалу ЦТ в навчанні	Середній–Достатній	A2–B1
5–6	Аналіз та оцінка ЦТ для навчання інформатики	Проектування електронних курсів, розробка ЕОР, мікро-викладання	Внутрішня мотивація до використання ЦТ	Достатній	B1–B2
7–8	Творче застосування ЦТ, самостійне опанування нових засобів	Самостійне викладання з використанням ЦТ, наукова діяльність	Ціннісне ставлення до цифровізації, саморозвиток	Достатній–Високий	B2–C1

Перевірка курсу ЦТвО (1 семестр) показала, що всі його 8 тематичних розділів співвідносяться з областями рамки DigCompEdu 2.2 [467] (табл. 5.7). Курс містить 22 завдання.

Таблиця 5.7 – Відповідність секцій курсу ЦТвО областям DigCompEdu 2.2

№	Назва секції курсу	Область DigCompEdu	Компетентність
1	Мережні ЕОР (1)	Область 1	Професійна залученість
2	Текстові ЕОР	Область 2	Цифрові ресурси
3	Табличні ЕОР	Область 2	Цифрові ресурси
4	Презентаційні ЕОР	Область 2	Цифрові ресурси
5	Графічні ЕОР	Область 2	Цифрові ресурси
6	Мережні ЕОР (2)	Область 3	Викладання та навчання
7	Аудіо, відео ЕОР	Область 5	Розширення можливостей учнів
8	Самостійна робота	Область 6	ЦК

Емпіричні дані: цифрові інструменти ЦК за результатами опитування. Авторське опитування 344 респондентів – здобувачів вищої освіти та вчителів інформатики [61]–[63], [66] – дало змогу оцінити початковий рівень використання цифрових інструментів як підґрунтя проектування методики (табл. 5.8).

Інтерпретація даних табл. 5.8 крізь призму DigCompEdu: високий рівень базової інструментальної грамотності (офісні засоби понад 95 %) підтверджує перехід від ери цифрової грамотності до ери цифрової інтеграції (п. 4.1.3); показник

Таблиця 5.8 – Інструменти ЦК: дані опитування 344 респондентів

Категорія	Інструмент	<i>n</i>	%
Офісний пакет	MS Word	333	96,8
	Google Docs	288	83,7
LMS	Moodle	249	72,4
	Google Classroom	203	59,0
	Не використовують	28	8,1
МООС	Prometheus	261	75,9
	Coursera	179	52,0
	EdEra	141	41,0
Наукометричні БД	Google Scholar	≈310	≈90

використання Moodle (72,4 %) потребує якісного аналізу за шкалою ICAP [232] – працюють здобувачі з LMS на активному рівні (опрацювання матеріалів) чи вже на інтерактивному (співпраця, спільні завдання), від чого залежить проектування навчальних завдань у п. 5.1; висока поширеність МООС, зокрема Prometheus (75,9 %), засвідчує готовність до самоспрямованого навчання (область 1 DigCompEdu) і створює підґрунтя для переходу до етапу цифрової трансформації.

Наскрізна інтеграція методики розвитку ЦК із методиками п. 5.1–5.7. Роль методики 5.3 як «сполучної тканини» унаочнює рис. 5.8: кожна лабораторна робота з п. 5.1, синхронна сесія з п. 5.2 чи мікроурок із п. 5.4 водночас є кроком у розвитку ЦК через відповідний критерій та область DigCompEdu.

Двосторонні зв'язки на рис. 5.8 підкреслюють взаємність інтеграції: методика розвитку ЦК не лише «обслуговує» інші методики, а й отримує від них зворотний зв'язок. Зокрема, мікрОВикладання (п. 5.4) – єдина методика, що охоплює водночас усі чотири критерії ЦК через область 6 DigCompEdu (Розвиток ЦК учнів) і повну ТРАСК-інтеграцію; звідси його центральна роль у підсумковому оцінюванні.

Кваліфікаційні дослідження як підсумковий показник розвитку ЦК. Виконані під керівництвом автора 10 кваліфікаційних робіт (2014–2024) показують розвиток ЦК на різних етапах експерименту й рівнях ТРАСК-інтеграції.

На *констатувальному етапі* (2015–2020, рівні A1–A2 DigCompEdu) переважала веброзробка. Роботи когорти 2014 р. ([53], [123], [140]), виконані напередодні цього етапу, задали вихідну точку відліку рівня СК і ТК. У роботі [50] створено мобільний додаток для дошкільнят з елементами гейміфікації (рух від СК через ТК до РСК); у [26] опрацьовано питання вебдоступності, поєднавши СК, ТК та UDL; у [37] виконано СК-аналіз навчальної програми з інформатики.

На *формуальному етапі* (2020–2023, рівні B1–B2) у [38] продемонстровано

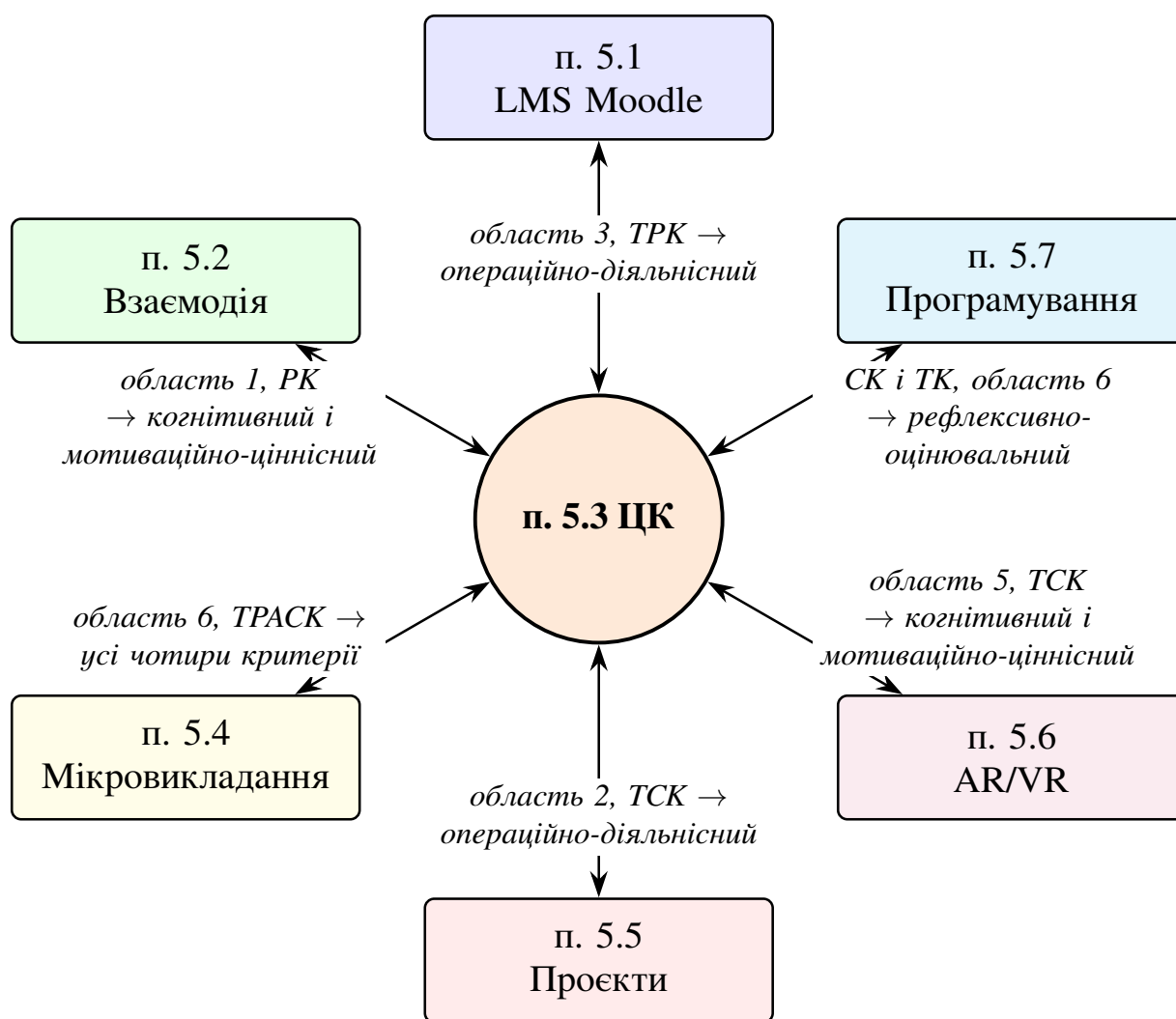


Рис. 5.8 – Наскрізна інтеграція методики розвитку ЦК із методиками п. 5.1–5.7: області DigCompEdu, ТРАСК-домени та цільові критерії

ТРК-прогресію – від аналізу навчальної програми до інтеграції LMS Human Школа, а в [71] поєднано домени РСК і ТРК у КН-методиці, пристосованій до умов пандемії COVID.

На *контрольному етапі* (2024, рівень С1) у роботі [109] досягнуто повної ТРАСК-інтеграції, об'єднавши вебтехнології та мобільну розробку, гейміфікацію й бібліометричний аналіз, у [413] надано РСК-проєкту соціальної значущості (підтримка дітей-біженців). Тематична еволюція – від веброзробки (2014) через КН-методику (2020–2022) до інтегрованих продуктів із повною ТРАСК-інтеграцією та соціальним впливом (2024) – віддзеркалює прогресію рівнів DigCompEdu (рис. 5.7).

Формування інформатичної термінологічної компетентності. Володіння правильною інформатичною термінологією належить водночас до когнітивного критерію ЦК і до домену СК. Аналіз [72] показав, що термінологічний апарат

шкільної інформатики страждає водночас від неповноти й надлишковості й потребує окремої методичної роботи зі студентами – зокрема узгодження термінів з міжнародними стандартами (ACM/IEEE CS Curricula) та рамкою DigCompEdu.

Місце методики КДПУ в контексті світових тенденцій. Зіставлення з результатами систематичного огляду 300 досліджень (розділ 2) виокремлює суттєві переваги методики. Дисбаланс оцінювання (тести – 43,7 %, самооцінювання – лише 2,7 %) компенсується чотириточковою діагностикою за DigCompEdu [290]. Недостатня системність наскрізних навичок (43–48 % в огляді) долається через обов’язкове взаємне оцінювання, спільні проєкти (п. 5.5) та мікровикладання (п. 5.4). За логікою трьох ер розвитку ЦК (п. 4.1.3) методика КДПУ відповідає ері цифрової трансформації, тоді як більшість програм пострадянського освітнього простору залишаються на рівні цифрової грамотності або інтеграції. Недостатня представленість регіональних моделей в областях 4–6 DigCompEdu компенсується методиками п. 5.4 та п. 5.6.

Експериментальний контекст. Оскільки саме ЦК слугує вимірюваним індикатором ефективності методичної системи, результати цієї методики безпосередньо відображені в контрольному зрізі експерименту (п. 6.4): статистично значущі відмінності між ЕГ і КГ зафіксовано за всіма чотирма критеріями ЦК, а частка студентів із високим і достатнім рівнями ЦК в ЕГ зросла з 40 % до 63 % (+23 п. п.) проти +7 п. п. у КГ; інструментальним ядром цієї перевірки є описані тут чотириточкова DigCompEdu-діагностика та електронне портфоліо.

Спираючись на систематичний огляд, авторське емпіричне дослідження та досвід КДПУ, можна сформулювати такі рекомендації щодо розвитку ЦК [115], [405], [512]:

1. Забезпечити систематичну прогресію рівнів DigCompEdu від A1 до C1 через увесь навчальний план, зафіксувавши очікувані рівні для кожного семестру (табл. 5.6).
2. Залучати студентів до розробки ЕОР за проєктною методикою (п. 5.5) з обов’язковою апробацією на цільовій аудиторії.
3. Відстежувати рівень ЦК засобами LA Moodle (п. 5.1), системою чотирьох контрольних точок та перевіреним інструментом DigCompEdu [290].
4. Розвивати навички критичного аналізу цифрової інформації, зокрема вміння розпізнавати дезінформацію та дотримуватися академічної доброчесності (область 6 DigCompEdu).

5. Запровадити DigCompEdu-самооцінювання у чотирьох точках навчального плану – на вході (семестр 1), у середині (семестр 4), перед виробничою (педагогічною) практикою (семестр 5) та на виході (семестр 8).
6. Забезпечити пряме оцінювання доменів РСК/ТРК, щоб запобігти хибному ототожненню технічної та педагогічної компетентності [273].
7. Запровадити цифрове професійне портфоліо для тривалого відстеження розвитку ЦК, пов'язане з контрольними точками та кваліфікаційними дослідженнями.

Методика розвитку ЦК ґрунтується на чотирирівневому ланцюгу доказовості: систематичний огляд 300 досліджень (розділ 2); авторське емпіричне дослідження (344 респонденти, 4 компоненти) [61]–[63], [66]; силабуси КДПУ (28 обстежених силабусів із 31 дисципліни ОПП); кваліфікаційні дослідження здобувачів (10 робіт). Наскрізний характер методики забезпечує єдність методичної системи, а її інструментальне втілення через мікрОВикладання (п. 5.4) дозволяє оцінити інтегрований рівень ЦК у реальній педагогічній діяльності.

5.4. Методика мікрОВикладання та моделювання уроків інформатики

Методика мікрОВикладання реалізує триступеневу прогресію практики «спостереження – мікрОВикладання – самостійне викладання» (п. 4.2.1) у форматі КН. У межах 30-кредитного блоку практики мікрОВикладання посідає проміжне місце: саме тут студент уперше водночас мобілізує СК, РК та ТК й вибудовує повну ТРАСК-інтеграцію (п. 4.1.1) ще до виходу на реальний урок, – тож усі домени ТРАСК стають одночасно видимими та вимірюваними [417].

Актуальність методики посилює виявлений дисбаланс оцінювання: практична демонстрація як форма оцінювання зменшується з 60 % до 2008 року до 30 % у 2017–2024 роках, взаємне оцінювання представлене лише у 9,0 % досліджень, самооцінювання – у 2,7 %; натомість рефлексивна практика зафіксована у 44,7 %, а взаємне навчання – у 23,0 % зі зростанням з 13 % до 29 %, і обидва ці складники цілеспрямовано формуються під час мікрОВикладання. Методика КДПУ компенсує зниження практичної демонстрації структурованим ТРАСК-протоколом спостереження, відеоаналізом і взаємним оцінюванням у елементі Workshop. Показово,

що жодне з 300 досліджень не пропонує цілісної методики мікрОВикладання для підготовки вчителів інформатики, адаптованої до умов КН.

КН-адаптований цикл мікрОВикладання. Методику побудовано як трифазний цикл (рис. 5.9), що поєднує асинхронні та синхронні форми взаємодії (п. 5.2) із ТРАСК-орієнтованою діагностикою.

Перша фаза – асинхронна підготовка в Moodle упродовж одного-двох тижнів. Здобувач розробляє розгорнутий план-конспект уроку одного із шести типів (засвоєння нових знань, формування умінь і навичок, комбінований, застосування знань і вмінь, узагальнення та систематизації, контролю), узгоджений із чинними навчальними програмами з інформатики для 5–9 та 10–11 класів, а також готує навчальну презентацію або відео, інтерактивну вправу Н5Р, тест чи інші матеріали для оцінювання [142]. Матеріали розміщуються в Moodle-курсі МНІ (п. 5.1), консультування – через повідомлення Moodle або онлайн-консультації (п. 5.2). Фактично план-конспект виконує роль мініпроєкту з повним життєвим циклом – від проєктування до обговорення, доопрацювання й використання в мікрОВикладанні (п. 5.5).

Друга фаза – синхронне мікрОВикладання тривалістю 15–20 хвилин, очно або в Zoom, у форматі навчально-методичної гри [142]: однокласники та викладач виконують подвійну роль – «учнів» під час уроку та «методистів» під час його аналізу. Двоє-троє призначених однокласників разом із викладачем заповнюють ТРАСК-орієнтований протокол спостереження. Порівняно зі стандартним 45-хвилинним уроком відбувається приблизно 2,5-кратне ущільнення навчального часу. Урок записується на відео для третьої фази.

Третя фаза – асинхронна рефлексія у Workshop упродовж одного тижня. Здобувач переглядає відеозапис з анотаціями ключових моментів за часовими мітками (вдалі прийоми, помилки, пропущені можливості) та пише рефлексивне есе з прив'язкою до складників ТРАСК; взаємне оцінювання здійснюється через Workshop у Moodle (п. 5.1), викладач надає структурований зворотний зв'язок на основі відеозапису й протоколів. Цикл забезпечує ІСАР-прогресію [232]: від пасивного сприймання (лише в ролі спостерігачів фази 2) до активного анотування відео, конструктивного есе та інтерактивного обговорення у Workshop.

Навчально-методична гра як форма мікрОВикладання. Центральним елементом методики є *навчально-методична гра* – метод моделювання уроку інформатики, розроблений і апробований у КДПУ [142]. Викладач виконує роль

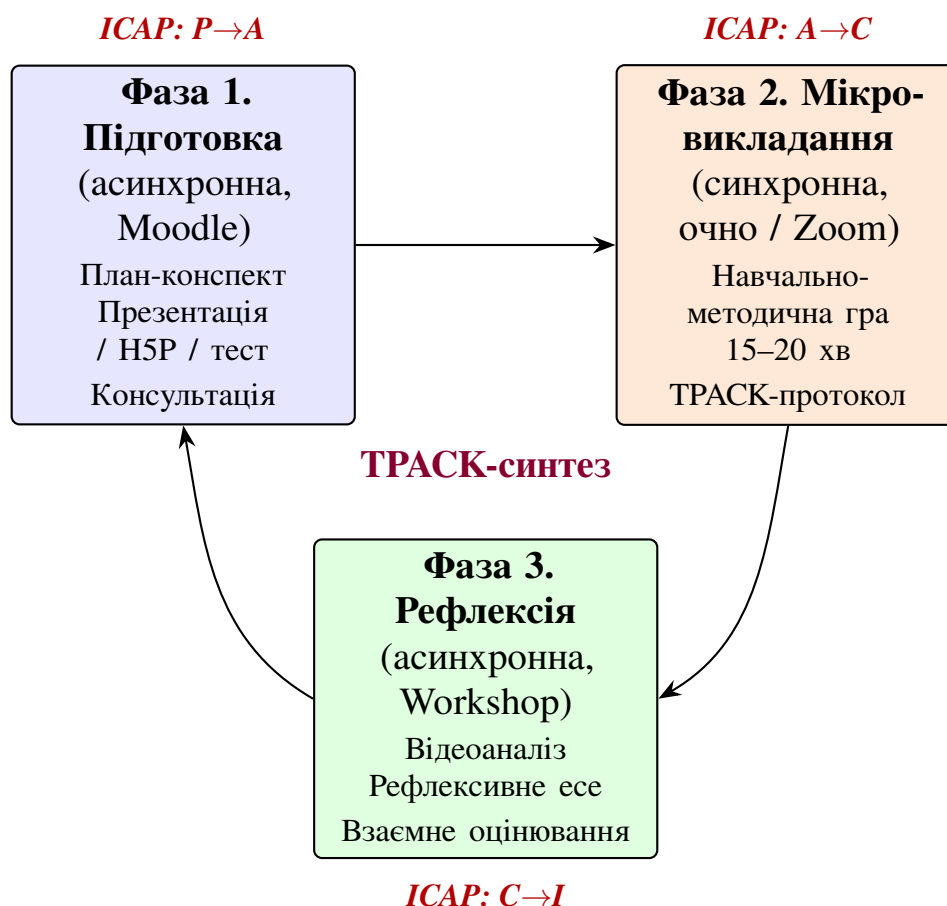


Рис. 5.9 – КН-адаптований цикл мікровикладання

методиста-предметника або завуча-методиста (у логіці педагогіки партнерства – консультанта), студенти переважно виступають у ролі учнів; викладач може й сам виступити «учнем», навмисне створюючи педагогічні ситуації – несподівані запитання, порушення дисципліни, неготовність до уроку. Після завершення уроку всі учасники переходять до ролі «методистів» і проводять колективний аналіз-обговорення за методикою оцінювання проєктів програми Intel «Навчання для майбутнього».

Досвід моделювання виявив п'ять ключових відмінностей навчально-методичної гри від реального уроку [142]:

1. *Вікова та мотиваційна розбіжність.* Реальні учні відрізняються від студентів-«учнів» віком, мотивацією та дисципліною (у грі – майже 100 % уваги, виконані домашні завдання). *Рекомендація:* у реальному уроці планувати додатковий час на дисциплінарні заходи та повторне пояснення.
2. *Розрив між рівнями знань.* Студенти-«учні» знають відповіді на *всі* теми, що створює хибну «ситуацію успіху» (швидкий темп, відсутність запитань)

і позбавляє початківця досвіду несподіваних запитань та диференціації. *Рекомендація*: готувати додаткові та індивідуальні завдання для сильних учнів.

3. *Ущільнення навчального часу*. Реальний урок потребує більше часу через різницю рівнів знань та життєвого досвіду. *Рекомендація*: планувати у 2–2,5 рази більше змісту для реального уроку.
4. *Засоби мотивації*. Студенти-«учні» внутрішньо мотивовані форматом гри; реальних учнів потрібно мотивувати спеціально – проблемні ситуації, зв'язок із практикою, ігрові елементи.
5. *Критерії оцінювання*. Для кожного етапу уроку необхідні критерії оцінювання з урахуванням різниці між обсягом домашньої та класної роботи.

Навчально-методична гра корисна не лише для того, хто проводить урок: колективний аналіз забезпечує двоспрямоване навчання. Подібну модель «репетиції» уроку застосовує програма ECS (Exploring Computer Science) у Північній Америці [297], [298] – взаємне викладання з наступним структурованим обговоренням.

ТРАСК-орієнтований протокол спостереження за мікроуроком. Формалізованість зворотного зв'язку й предметність діагностики ТРАСК-інтеграції забезпечує структурований протокол спостереження (табл. 5.9): шість доменів ТРАСК із деталізованими показниками, що дає змогу оцінювати не лише окремі компоненти, а й якість їх поєднання.

Таблиця 5.9 – ТРАСК-орієнтований протокол спостереження за мікроуроком

Домен	Фокус спостереження	Індикатори	Шкала
СК	Предметний зміст	Коректність, повнота, відповідність програмі, фактична точність	1–5
РК	Дидактична доцільність	Структура уроку, вибір методів, мотивація учнів, диференціація завдань	1–5
ТК	Цифрові інструменти	Доречність обраних технологій, функціональність, технічна інтеграція	1–5
РСК	Адаптація змісту	Відповідність віку учнів, дидактична обробка матеріалу, приклади з досвіду	1–5
ТРК	Технологічно-педагогічна інтеграція	Використання ІКТ для досягнення навчальних цілей, ІСАР-рівень активності	1–5
ТРАСК	Повна інтеграція	Гармонійне поєднання змісту, методу та технології; цілісність уроку	1–5

Протокол заповнюють спостерігачі – двоє-троє призначених однокласників і викладач – під час мікроуроку та одразу після нього; узагальнені результати формують індивідуальний профіль зворотного зв'язку, а зіставлення профілів від VI до

VIII семестру дає змогу простежити поступ ТРАСК-інтеграції. Критерії протоколу узгоджено з програмними результатами навчання за принципом конструктивного узгодження [191] (п. 4.2.3); водночас протокол слугує діагностиці ЦК за областю б рамки DigCompEdu (п. 5.3), адже мікрОВикладання показує, наскільки студент здатний розвивати ЦК учнів [290].

Відеоаналіз як інструмент рефлексивного розвитку. Кожен мікроурок записується (вебкамера із захопленням екрана), що фіксує і педагогічну взаємодію, і роботу з цифровими інструментами. Самоаналіз охоплює три компоненти:

1. *Документ анотацій за часовими мітками:* часова мітка, опис події, складник ТРАСК, оцінка дії (вдало / потребує вдосконалення) та можлива альтернативна дія.
2. *Рефлексивне есе* обсягом близько 1500 слів: зв'язок зафіксованих моментів із теорією ТРАСК, три сильні сторони, три напрями подальшого розвитку та план удосконалення для наступного мікроуроку.
3. *Структурований звіт викладача:* аналіз відеозапису разом із протоколами спостереження студентів групи за всіма шістьма складниками ТРАСК.

Відеозаписи мікроуроків, накопичені впродовж V–VIII семестрів, формують документальне портфоліо розвитку ТРАСК – наочний доказ поступу від спостерігача до самостійного вчителя. Перегляд відео відбувається асинхронно (п. 5.2), обмін коментарями – через форум Moodle; так відеоаналіз безпосередньо розвиває рефлексивно-оцінювальний критерій ЦК (п. 5.3). Відеоорієнтоване навчання в педагогічній освіті ефективно формує рефлексивну практику (її засвідчують 44,7 % досліджень) [589]; саме відеоаналіз долає скорочення практичної демонстрації з 60 % до 30 %, зберігаючи цю форму оцінювання в умовах КН.

Прогресивне ускладнення мікрОВикладання за семестрами. Методика розгортається як чотириступенева прогресія (рис. 5.10), узгоджена з навчальним планом дисципліни МНІ (14 кредитів ЄКТС за чинним силабусом; в ОПП-2024 – 10 кредитів; семестри VI–VIII) та з блоком педагогічної практики (30 кредитів, семестри V–VIII).

Семестр V – спостереження (підготовчий). Студенти аналізують зразкові відеоуроки з репозиторію Moodle за спрощеним протоколом із трьох базових доменів (СК, РК, ТК); підсумок – структурований письмовий аналіз. За ІСАР це перехід від пасивного спостереження до активного аналізу; МНІ ще не розпочато, тож спостереження відбувається в межах підготовки до педагогічної практики.

Семестр VI – мікрОВикладання для одНОгруппників. Перший повний цикл мікрОВикладання, що збігається з початком МНІ (32 год. лекцій, 32 год. лабораторних і 16 год. практичних занять). Лабораторні завдання передбачають розроблення шести розгорнутих планів-конспектів стандартних типів уроків та проведення одного уроку кожним студентом [142]; тематика – загальна методика навчання інформатики та ІКТ у шкільному курсі. Застосовується повний протокол за всіма шістьма доменами ТРАСК; Moodle слугує для розміщення матеріалів і взаємного оцінювання через Workshop. За ІСАР – рух від активного до конструктивного рівня.

Семестр VII – фрагмент уроку в школі. Практико-орієнтоване мікрОВикладання під час педагогічної практики: фрагмент уроку (20–25 хв.) у школі-партнері з реальними учнями. Аналіз спирається на відеозапис, протокол спостереження і звіт викладача; тематично урок поєднує ІКТ з елементами алгоритмізації. За ІСАР – перехід від конструктивного до інтерактивного рівня.

Семестр VIII – повний урок із самостійним проєктуванням. Студент самостійно проєктує та проводить повний 45-хвилинний урок; цим семестром завершується й МНІ (10 год. лекцій, 10 год. лабораторних і 10 год. практичних). Студент сам добирає зміст і цифрові інструменти, готує диференційовані завдання та засоби оцінювання. Урок присвячено лінії «Алгоритмізація та програмування», визначеній на основі авторського досвіду [142] як найскладніша в шкільному курсі (п. 5.7); додатково студент готує нестандартний урок і позакласний захід з інформатики. Це найвищий, інтерактивний рівень ІСАР.

Інструментальне забезпечення МНІ відповідає силабусу дисципліни: Moodle (kdpu.edu.ua), Zoom/Google Meet, Office 365/Google Docs, replit.com, Jupyter/Google Colab, LibreOffice, GIMP, Inkscape, OpenShot, Scratch, Python 3, Thonny, Lazarus. Основу оцінювання [62], [66] становлять чотири складники: розроблення комплексів уроків (план-конспект із презентацією, відео, вправою Н5Р чи тестом) із дотриманням академічної доброчесності, проведення уроку на лабораторних заняттях і самоаналіз; практичні завдання з алгоритмізації та програмування; самостійні завдання; тестування.

Регіональне порівняння практичної підготовки. Зіставлення частоти типів практики за регіональними моделями (табл. 5.10) виразно показує дефіцит мікрОВикладання в пострадянському регіоні.

У пострадянському регіоні мікрОВикладання застосовують майже втричі

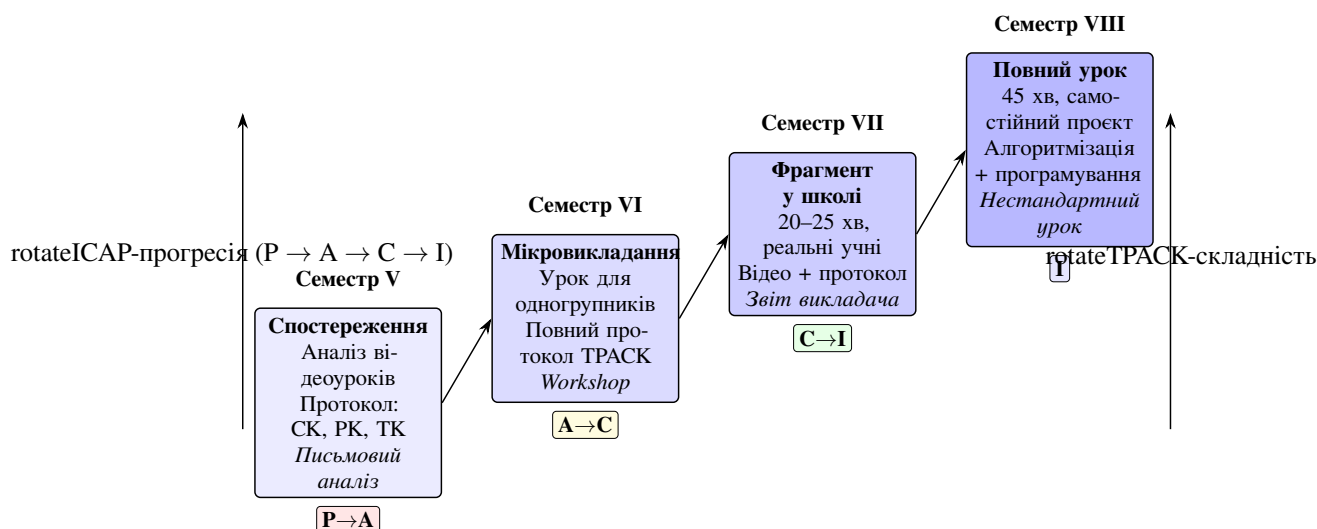


Рис. 5.10 – Прогресивне ускладнення мікрОВикладання за семестрами

Таблиця 5.10 – Типи практичної підготовки за регіональними моделями (% досліджень у регіоні)

Тип практики	Глобально (n=300)	Пострадянські країни (n=107)	Північна Америка (n=90)	Західна Європа (n=79)	Азія / Океанія (n=33)
Самостійне викладання	46,0 %	65 %	40 %	27 %	48 %
Спостереження	21,7 %	24 %	19 %	18 %	36 %
МікрОВикладання	13,3 %	5 %	20 %	11 %	30 %
Безперервна практика	10,7 %	15 %	7 %	8 %	15 %

рідше, ніж загалом у світі (5 % проти 13,3 %), у 4 рази рідше, ніж у Північній Америці, і у 6 разів рідше, ніж в Азії та Океанії; КН-адаптована методика КД-ПУ безпосередньо усуває цей дефіцит, а зростання з 10 % до 15 % підтверджує стратегічну виправданість інвестицій у цей напрям. Північноамериканська модель [298] спирається на підхід «репетицій» із взаємним викладанням – близький до навчально-методичної гри КДПУ, проте без КН-адаптації та систематичної TRASK-діагностики.

Емпіричні свідчення ефективності методики. Кваліфікаційні роботи студентів КДПУ документують прогресію TRASK-інтеграції на трьох етапах педагогічного експерименту:

1. *Констатувальний етап (2015–2020):* ранні роботи (включно з когортою 2014 р. як вихідною точкою) зосереджені на доменах СК і ТК – веброзробка [53], [123] та створення навчальних ресурсів; мікрОВикладання ще не було інтегроване систематично.

2. *Формувальний етап (2020–2023)*: у роботі [71] перенесено методику мікрОВикладання на шкільний рівень із дистанційною підтримкою КН інформатики (РСК і ТРК), у [38] інтегровано LMS Human School з елементами моделювання уроку.
3. *Контрольний етап (2024)*: у роботі [109] реалізовано повну ТРАСК-інтеграцію (веб- та мобільні додатки, гейміфікація) – накопичувальний ефект мікрОВикладання.

Результати контрольного етапу педагогічного експерименту (розділ 6) за чотирикритеріальною моделлю (табл. 3.3) підтверджують ефективність методичної системи, до якої входить мікрОВикладання:

- операційно-діяльнісний критерій зріс з 52,1 % до 78,6 % (+26,5 п. п., $t = 5,21$, $p < 0,001$) – найбільший приріст, зумовлений практико-орієнтованим проєктуванням системи, зокрема проведенням уроків на лабораторних заняттях;
- мотиваційно-ціннісний критерій зріс з 38 % до 71 % (+33 п. п.; $z = 3,23$, $p < 0,01$ – порівняння часток ЕГ і КГ після експерименту) – динаміка методичної системи в цілому, вагомим мотиваційним складником якої є реалістичний контекст мікрОВикладання;
- рефлексивно-оцінювальний критерій: відхилення зменшилося з 1,8 до 0,6 балів ($t = 3,52$, $p < 0,001$) – відеоаналіз із взаємним оцінюванням формує точність самооцінювання;
- у контрольній групі загальний приріст становив лише +7 п. п. проти +23 п. п. в експериментальній, що підтверджує ефективність методичної системи, вагомим складником якої є КН-адаптоване мікрОВикладання.

Рекомендації щодо розвитку методики мікрОВикладання. На основі аналізу 300 досліджень, авторського досвіду [142] та результатів експерименту пропонуємо п'ять рекомендацій:

1. *Раннє впровадження*: поширити елементи мікрОВикладання на I–IV семестри в межах ЦТВО та програмування; мініпрезентації розв'язків задач – пропедевтична форма мікрОВикладання.
2. *Наскрізний відеоаналіз*: інтегрувати відеоаналіз за межами МНІ – кожна лабораторна презентація стає потенційною нагодою для мікрОВикладання.
3. *Диференційовані протоколи*: окремі ТРАСК-протоколи спостереження для кожної змістової лінії (ІКТ, алгоритмізація, моделювання) на доповнення до узагальненого.

4. *Інституційний репозиторій*: база зразкових мікроуроків (за згодою студентів) як опорний матеріал для наступних груп.
5. *Міжгрупове взаємне оцінювання*: спостереження та зворотний зв'язок старшокурсників на мікроуроках молодших курсів, що зміцнює й рефлексивні навички старшокурсників.

Отже, методика мікровикладання вибудовує цілісний ланцюг доказовості: систематичний огляд фіксує дефіцит мікровикладання (13,3 % у світі, 5 % у пост-радянському регіоні); авторське дослідження пропонує методологію навчально-методичної гри [142]; силабус МНІ забезпечує структуровані лабораторні завдання; кваліфікаційні роботи документують поступ від СК і ТК до повної ТРАСК; експериментальна перевірка (розділ 6) підтверджує приріст +26,5 п. п. за операційно-діяльнісним критерієм. Далі, у п. 5.5, розглянуто методику проєктного навчання, що використовує результати мікровикладання для масштабніших навчальних проєктів.

5.5. Методика проєктного навчання у фахових дисциплінах інформатики

Запропонована методика проєктного навчання надає змістовій архітектурі підготовки (п. 4.2.1) та механізмам ТРАСК-інтеграції (п. 4.1.1) діяльнісного втілення. Якщо п. 4.2.1 відповідає на питання, *що* саме опановує майбутній учитель інформатики (чотири блоки: змістово-технологічний (СК і ТК) – 95 ЄКТС, психолого-педагогічний (РК) – 18 ЄКТС, інтеграційний (РСК, ТРК і ТСК) – 21 ЄКТС, практична підготовка – 30 ЄКТС), то ця методика показує, *як* ці блоки перетворюються на проєктну діяльність, у якій інтеграція ТРАСК наростає впродовж I–VIII семестрів.

Доцільність проєктного навчання підтверджує систематичний огляд (розділ 2): воно входить до трійки найпоширеніших методів поряд із колаборативним (61,3 %) та PBL (59,0 %), охоплюючи 47,3 % джерел, і має найбільшу здатність поєднуватися з іншими методами: спільно з колаборативним – у 113 дослідженнях, PBL – у 107, науково-дослідницьким – у 46, інквайрі – у 44, КН – у 36, кейс-методом – у 28 (табл. 2.26). Саме ця інтеграційна спроможність дає підстави розглядати проєкт як центральний вузол методичної системи.

У застосуванні проектного навчання пострадянський регіон випереджає решту світу (64 % досліджень проти 36–42 % в інших регіонах, табл. 2.25) і, на відміну від мікрОВикладання (п. 5.4), це не прогалина, а стійка в часі методична перевага (табл. 2.24). Водночас жодне з 300 досліджень не пропонує таксономії проектів за рівнями ТРАСК, а представленість оцінювання проектної діяльності знижується (табл. 2.32, 2.33). *Саме на цьому тлі методика КДПУ має особливе значення:* вона не лише продовжує сильну регіональну традицію проектності, а й підсилює її слабку ланку – оцінювання проектів, спираючись на структуровані рубрики та взаємооцінювання у Workshop, адаптованому до умов КН.

Таксономія проектів за рівнями ТРАСК. Проекти розподілено на чотири рівні за домінантними складниками ТРАСК і співвіднесено із семестрами ОПП КДПУ (табл. 5.11); кожен наступний рівень інтегрує попередні, тож упродовж чотирьох років студент переходить від предметно орієнтованих СК-проектів через поєднання змісту й технологій до повної інтеграції предметних знань, педагогіки й технологій у моделі ТРАСК [417].

Рівень 1 – СК-проекти (I–IV семестри) – опанування предметного змісту в межах дисциплін «Програмування» (II–III семестри) та «Технології програмування» (IV семестр): алгоритмічні задачі, структури даних, проектування програмних систем з використанням UML. Інструментарій – Python, Thonny та онлайн-середовище Replit; результат – працездатна програма із супровідною документацією, яку студент презентує й захищає. Проектна робота тут є основною формою застосування навичок програмування (п. 5.7).

Рівень 2 – СК і ТК-проекти (III–V семестри) додають технологічний вимір: студенти створюють навчальні цифрові засоби в межах дисциплін «Бази даних» (V семестр), РЦОР (IV семестр) та «STEM-практики в освіті» (V семестр); веб-проекти цього рівня надалі поглиблюються у «Вебпрограмуванні» (VIII семестр). Типові продукти – інтерактивні вправи H5P, тести для Moodle, бази даних для навчальних закладів, вебдодатки (MySQL, dbForge Studio, HTML/CSS/JS, Scratch, Google Colab); завершений проект – функціональний цифровий ресурс із документацією, що проходить взаємне рецензування. Саме на цьому рівні студент уперше обґрунтовує, *чому* для конкретної навчальної задачі обрано ту чи іншу технологію.

Рівень 3 – РСК- і ТРК-проекти (V–VII семестри) – перехід до педагогічної інтеграції на основі дисципліни МНІ (VI–VIII семестри) та курсової роботи з МНІ: комплекси навчально-методичних матеріалів (план-конспект уроку, презентація,

вправи H5P, тест), фрагменти електронних курсів і дидактичні матеріали для шкільної інформатики (Moodle, H5P, Google Classroom, Zoom). Підсумок – повний пакет навчальних ресурсів із захистом після рецензування в Workshop. Рівень тісно пов’язаний із мікрОВикладанням (п. 5.4): створені матеріали апробуються під час мікроуроків.

Рівень 4 – ТРАСК-проекти (VII–VIII семестри) інтегрують зміст, педагогіку й технології в цілісне рішення в межах завершального етапу МНІ та курсової роботи з фахових дисциплін: інноваційний зміст, обґрунтований добір цифрових інструментів, диференційовані завдання, власні засоби оцінювання, соціальна значущість результату. Студент доводить розробку до готового до впровадження продукту, доповнює її дослідницьким складником (бібліометричний аналіз або порівняльне дослідження) і захищає. Приклади – інтерактивний тренажер із гейміфікацією Подолянук В. В. [109] та перекладач термінів з інформатики для дітей-біженців Стецишиної О. Ю. [413].

Таблиця 5.11 – ТРАСК-орієнтована таксономія проектів КДПУ

Рівень ТРАСК	Семестр	Дисципліни	Типи проектів	Вихід	Оцінювання
СК	I–IV	Програмування, Технології програмування	Програмні продукти, алгоритми, UML	Програма + документація	Захист + тестування
СК і ТК	III–V	БД, РЦОР, STEM-практики в освіті	Навчальні цифрові ресурси, H5P, вебдодавки	Функціональний ресурс + огляд	Взаємне рецензування + презентація
РСК і ТРК	V–VII	МНІ, Курсова робота з МНІ	Методичні матеріали, фрагменти е-курсів	Навчальний пакет	Workshop + рубрика
ТРАСК	VII–VIII	МНІ, Курсова робота з фахових дисциплін	Комплексні інноваційні проекти	Готовий продукт + дослідження	Комплексний захист

Життєвий цикл проекту в КН. Незалежно від рівня ТРАСК, кожен проект проходить п’ятиетапний цикл із чергуванням асинхронних і синхронних фаз відповідно до моделі взаємодії п. 5.2 (рис. 5.11).

Етап 1 – Визначення проблеми (асинхронно, форум Moodle, 1 тиждень). Студент формулює проблему, наближену до реального освітнього, технологічного чи соціального контексту, публікує її на форумі курсу (п. 5.1) для обговорення й отримує формувальний зворотний зв’язок від викладача. За ICAP це конструктивний рівень: студент генерує власне формулювання, а не відтворює подану

інформацію.

Етап 2 – Планування та розподіл завдань (синхронно, аудиторія або Zoom, 1 заняття). Команди по 2–4 особи (або індивідуально) розбивають завдання на підзадачі, складають графік виконання й обґрунтовують вибір інструментів; від рівня СК і ТК додаються UML-моделювання та діаграми варіантів використання. За ICAP – активне залучення.

Етап 3 – Реалізація (асинхронно, самостійна та групова робота, 3–6 тижнів). Розроблення ітеративне, зі щотижневим проміжним поданням через Moodle: прототип – бета-версія – фінальний варіант. Від рівня СК і ТК використовується GitHub для контролю версій, у проєктах РСК і ТРК матеріали завантажуються до Moodle. Саме тут ЦК розвивається через цифрові інструменти в наближених до професійної діяльності умовах (п. 5.3); за ICAP – конструктивна фаза.

Етап 4 – Презентація та захист (синхронно, елемент Workshop, 1 заняття). Публічна презентація 10–15 хв. і 5 хв. відповідей на запитання; взаємне оцінювання в модулі Workshop за структурованою рубрикою (табл. 5.12). Тут стають у пригоді презентаційні навички мікрОВикладання (п. 5.4). За ICAP – найвищий, інтерактивний рівень.

Етап 5 – Рефлексія (асинхронно, портфоліо, 1 тиждень). Самооцінювальний звіт (що вдалося, що ні, чого навчився) разом з усіма артефактами проєкту та відгуками одногрупників збирається у портфоліо, формуючи рефлексивно-оцінювальний критерій ЦК (п. 5.3); індивідуальна рефлексія за ICAP конструктивна, інтерактивного рівня сягає у взаємному обговоренні звітів. Загалом цикл розгортається на активному, конструктивному та інтерактивному рівнях ICAP [232] з інтерактивним піком на етапі захисту.

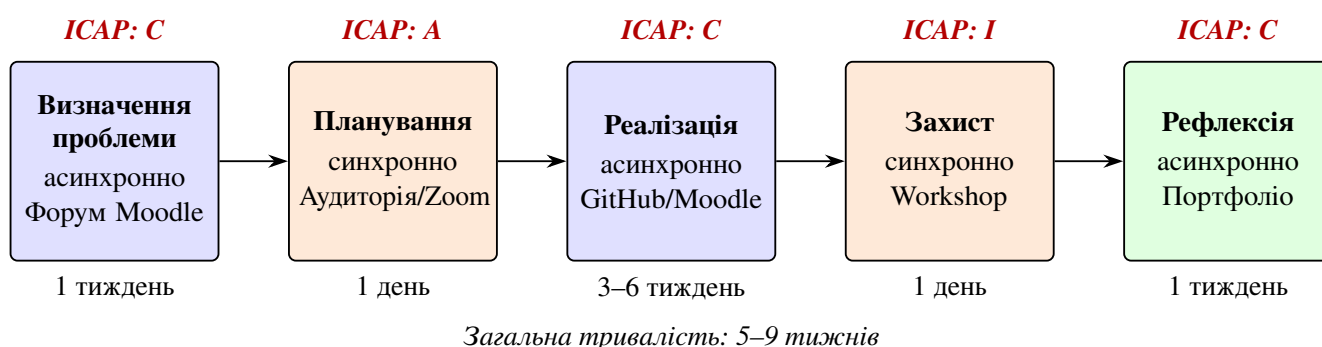


Рис. 5.11 – П’ятиетапний життєвий цикл проєкту в КИ

Оцінювання проєктів. Передбачена в п. 4.2.3 архітектура трьох видів оціню-

вання застосовується до проектної роботи так.

Формувальне оцінювання супроводжує етапи 1–3: контрольні переліки виконання в Moodle Assignment із рубрикою відповідності, зворотний зв'язок щодо проміжних результатів, коментарі на форумі – щоб виявити недоліки й скоригувати роботу ще до захисту.

Взаємне оцінювання здійснюється на етапі 4 у Workshop за рубрикою, диференційованою за рівнем ТРАСК-проекту (табл. 5.12): кожен студент рецензує 2–3 роботи за наперед визначеними критеріями, розвиваючи рефлексивно-оцінювальний критерій ЦК (п. 5.3).

Підсумкове оцінювання завершує цикл на етапі 5 і ґрунтується на портфоліо, яке інтегрує всі складники ТРАСК. За силабусами КДПУ застосовується 100-бальна шкала з порогоми 0/60/74/90/100; захист обов'язковий, несвоєчасне подання знижує оцінку на 50 % за кожний тиждень прострочення.

На тлі світового спадання частки проектного оцінювання (48 % – 31 % – 35 % за трьома періодами) пострадянський регіон утримує 47 % (табл. 2.32); КДПУ підтримує цю традицію, пристосувавши Workshop до КН й доповнивши його диференційованими рубриками, що роблять оцінювання об'єктивним і прозорим [191]. Рубрику узгоджено з рамкою DigCompEdu [290].

Таблиця 5.12 – Рубрика оцінювання проектів за ТРАСК-рівнями (% від загальної оцінки)

Критерій	СК	СК і ТК	РСК і ТРК	ТРАСК
Предметна коректність (СК)	30	20	15	15
Технічна реалізація (ТК)	40	25	15	15
Педагогічна доцільність (РК)	–	15	25	20
Інтеграція змісту та методу (РСК)	–	10	20	20
Технологічно-педагогічна інтеграція (ТРК)	–	10	15	15
ТРАСК-цілісність	–	–	–	10
Оформлення та захист	30	20	10	5

Проектне навчання як інтегративний метод. Найбільший інтеграційний потенціал проектного навчання (табл. 2.26) унаочнює рис. 5.12: центральний вузол сполучено з шістьма іншими методами, товщина ліній відповідає кількості спільних досліджень.

У КДПУ один проєкт одночасно задіює кілька методів: колаборативне навчання (командна робота на етапах 2–3), PBL (наближена до реальної проблема на етапі 1), інквайрі-навчання (дослідницька фаза етапу 3), кейс-метод (аналіз наявних

рішень) і КН (чергування асинхронних та синхронних фаз). Це узгоджується з висновком огляду про дієвість поєднання 3 і більше методів та з триетапною моделлю проєктного навчання О. Г. Глазунової, В. І. Корольчук, Т. В. Волошиної та Т. А. Вакалюк [292] (колективний проєкт – курсова робота – міждисциплінарний проєкт) – логіка, близька до ТРАСК-градуїрованої прогресії КДПУ.

Розвиток соціальних навичок у проєктній діяльності підтверджують дані огляду (табл. 2.35): робота в команді фігурує в 45–54 % досліджень, критичне мислення – у 39–54 %, частка взаємного навчання зростає з 13 % до 29 %.



Етапи КДПУ: 1 PBL · 2 Колаборативне+Кейс ·
3 Колаборативне+Інквайрі+Науково-дослідницьке+КН · 4 Захист · 5 Рефлексія

Рис. 5.12 – Інтеграційна мережа методів навчання на основі проєктного підходу (кількість спільних досліджень із 300)

Прогресія ТРАСК у керованих студентських проєктах (2014–2024). Реальність прогресії видно на 10 кваліфікаційних роботах під керівництвом автора, розставлених за таксономією табл. 5.11.

СК-проєкти (2014) – суто предметний фокус: у роботі [140] створено вебсайт ДЮСШ, у [53] – ветеринарної клініки, а в [123] – весільного салону; усі на HTML/CSS/JS, без педагогічного складника (чистий СК).

СК і ТК-проекти (2016–2020) додають технологічний вибір, підпорядкований освітнім і соціальним цілям: у роботі [50] створено мобільний додаток для розвитку математичних здібностей дошкільнят із продуманим педагогічним дизайном; у [26] розроблено систему адаптації дизайну сайту для людей із порушенням кольоросприйняття, а в [37] – хмаро орієнтований курс шкільної інформатики.

РСК і ТРК-проекти (2021–2023): технологія вже виразно слугує навчанню – у [38] інтегровано LMS Human Школа в освітній процес, а в [71] розроблено дистанційний курс навчання інформатики у 5 класі.

ТРАСК-проекти (2024) поєднують зміст, педагогіку й технології повністю: у роботі [109] створено інтерактивний онлайн-тренажер з математики (вебзастосунок із мобільним додатком, гейміфікацією та методичними рекомендаціями), чому передували дослідження інтерактивних тренажерів [108] та аналіз ролі AI в освітньому процесі [110]; а в [413] розроблено українсько-польський перекладач інформатичних термінів для дітей-біженців.

Соціальна спрямованість. 4 з 10 робіт відгукуються на конкретні суспільні потреби: доступність для людей з інвалідністю [26], освіта дітей-біженців [413], раннє дитинство [50], залучення через гейміфікацію [109]; так формується мотиваційно-ціннісний компонент ЦК (табл. 3.3).

Формувальний експеримент (розділ 6) підтверджує дієвість проектно-орієнтованої методики: за всіма чотирма критеріями сформованості ЦК студенти ЕГ показали статистично значуще зростання, помітно вище за КГ. Це узгоджується з методичною логікою проектної роботи: проект поглиблює предметні знання через їх застосування (когнітивний критерій) і посилює операційно-діяльнісну складову; проекти із соціальним змістом підвищують мотивацію; а взаємооцінювання під час захистів привчає точніше оцінювати власну роботу, зменшуючи розбіжність між само- та експертною оцінкою (рефлексивно-оцінювальний критерій). Кількісні показники та статистичне обґрунтування наведено в розділі 6.

Рекомендації щодо вдосконалення:

1. Запровадити навчальні мініпроекти вже з I семестру – короткі презентації програмних рішень як зародкову форму проектної роботи.
2. Розвивати міждисциплінарну інтеграцію проектів, коли один проект охоплює відразу кілька дисциплін того самого семестру.
3. Створити відкритий репозиторій зразкових студентських проектів (дібраних із кваліфікаційних робіт за згодою авторів), що слугуватиме опорою для

наступних поколінь студентів.

4. Налагодити партнерство з індустрією для ТРАСК-проектів – із місцевими школами та освітніми платформами.
5. Закріпити критерій соціальної значущості в рубриках проектів, передбачивши щонайменше 1 соціально орієнтований проект за період навчання.

Отже, методика проектного навчання спирається на дані систематичного огляду (47,3 % джерел, лідерство пострадянського регіону з 64 %), розгортає 4 рівні ТРАСК-градуєваної таксономії, співвіднесені з дисциплінами КДПУ, реалізує їх через п'ятиетапний цикл КН із піком інтерактивності на етапі захисту, задіює мережу з 6 суміжних методів і дістає емпіричне підтвердження (+26,5 п. п. за операційно-діяльнісним критерієм); 10 кваліфікаційних робіт (2014–2024) наочно показують шлях від СК-проектів до повної інтеграції ТРАСК. Природним продовженням проектного підходу є імерсивні технології доповненої та віртуальної реальності (AR/VR), яким присвячено п. 5.6.

5.6. Методика використання імерсивних технологій (AR/VR) у підготовці вчителів інформатики

Методика використання імерсивних технологій реалізує наскрізний компонент змістової архітектури (п. 4.2.2), визначений як «засоби, що формуються» – інструменти, які студенти опановують не як готові продукти, а як об'єкти проектування та дослідження. Якщо п. 5.5 визначає проектне навчання як інтегративний метод, то ця методика конкретизує один із найперспективніших *предметів* проектної діяльності – імерсивні освітні ресурси (IER), що потребують одночасного володіння предметним змістом (СК: 3D-графіка, WebGL), технологіями (ТК: A-Frame, AR.js) та педагогікою (ПК: дидактична доцільність, ергономічні обмеження).

Авторський дослідницький доробок з імерсивних технологій в освіті [115], [122], [412], [487], [489], [490], [498], [513], [514], [517], [524], [525] є найпотужнішим після LMS Moodle і складає серію міжнародних семінарів AREdu (6 заходів, 2018–2025) [412], [446], [508], публікацію ACM [517], комплексну методологію проектування [487], порівняльний огляд інструментів WebAR [524], [525] та методику інтеграції машинного навчання з WebAR [489], [490]. Бібліометричний аналіз підтверджує зростаючий інтерес: 93 документи у Scopus за запитом «Web-based

augmented reality for education» (2001–2023), з яких 66 – за останні 5 років [489].

Отже, AR/VR – зародкова галузь у глобальному контексті підготовки вчителів інформатики; авторські публікації надають методологію для впровадження імерсивних технологій у КН-систему КДПУ. Як показано у п. 5.5, імерсивні проєкти є спеціалізованим підтипом ТРАСК-проєктів (рівні СК і ТК та ТРАСК у табл. 5.11).

Трирівнева модель інтеграції імерсивних технологій у підготовку вчителів інформатики реалізує механізми ТРАСК-інтеграції (п. 4.1.1) через дисципліни ОПП КДПУ, інструменти, види діяльності та ТРАСК-домени (табл. 5.13).

Рівень 1 – Споживач (I та V семестри). Студенти використовують готові AR/VR-ресурси: віртуальні лабораторії для візуалізації алгоритмів, 3D-моделі комп'ютерних архітектур, AR-маркери до підручників – відтворення процесів, які неможливо або небезпечно демонструвати в реальних умовах. Дисципліни – ЦТВО (I семестр, мультимедіа та комп'ютерна графіка) і STEM-практики в освіті (V семестр, 3D-моделювання та імерсивне навчання); інструменти – CoSpaces Edu, Merge Cube, готові WebAR-сцени; підсумок – рефлексивний звіт щодо педагогічного потенціалу ресурсів. У структурі ТРАСК рівень розвиває СК (розуміння можливостей технології) та ТК (навички користувача); оцінювання формувальне – Moodle-тест із концепцій AR/VR та рефлексивний журнал. За DigCompEdu це прогресія A1–A2 (п. 5.3).

Рівень 2 – Дизайнер (IV та VIII семестри). Студенти створюють власні AR/VR-ресурси: WebAR-маркери [412], 3D-моделі для навчальних цілей [122], інтерактивні постери з AR-елементами, кар'єрні квести з GPS [524]. Дисципліни – РЦОР (IV семестр) і Вебпрограмування (VIII семестр). Інструменти опановуються за наростанням складності: A-Frame з AR.js (HTML-подібний синтаксис, близько 5 рядків коду), Three.js із JSARToolKit (базова сцена – близько 30 рядків JavaScript) [119], Unity для складних симуляцій [122], [418]. Рекомендацію починати з A-Frame обґрунтовано кількісним порівнянням [524]: код WebAR-сцени скорочується у 21 раз порівняно з чистим WebGL – зі 105 до 5 рядків. Підсумок – функціональний WebAR-ресурс із документацією; у структурі ТРАСК розвиваються ТСК та ТРК; оцінювання поєднує взаємне рецензування у форматі Workshop із перевіркою технічної функціональності. WebAR-розробка потребує навичок JavaScript і HTML, набутих на курсах програмування (п. 5.7).

Рівень 3 – Методист (VI–VIII семестри). Студенти проєктують методику використання імерсивних технологій у шкільному курсі інформатики: обирають

доцільний рівень імерсивності, обґрунтовують педагогічну доцільність, враховують ергономічні обмеження (сеанс VR – не довше 20 хв. з обов’язковою перервою) та застосовують методологію проєктування IER [487]. Дисципліни – МНІ (VI–VIII семестри) та курсова робота з фахових дисциплін; повний стек інструментів (WebAR, 3D-моделювання, інтеграція з LMS, засоби оцінювання). Підсумок – методичний пакет: сценарій уроку, AR/VR-ресурс, рубрика оцінювання, ергономічні рекомендації. Тут досягається повна ТРАСК-інтеграція; оцінювання – комплексний захист за рубрикою, що охоплює всі ТРАСК-домени та ергономічну відповідність. Презентаційні навички мікрОВикладання (п. 5.4) переносяться на демонстрацію AR-ресурсів, а критерії якості IER відповідають конструктивному узгодженню (п. 4.2.3).

Таблиця 5.13 – Трирівнева модель інтеграції імерсивних технологій у КДПУ

Рівень	Семестр	Дисципліни	Діяльність	Інструменти	ТРАСК	Вихід
Споживач	I, V	ЦТвО, STEM-практики в освіті	Використання готових AR/VR-ресурсів	CoSpaces, WebAR-сцени	СК, ТК	Рефлексивний звіт
Дизайнер	IV, VIII	РЦОР, Вебпрограмування	Створення WebAR-ресурсів, 3D-моделей	A-Frame+AR.js, Blender	ТСК, ТРК	Функціональний ресурс
Методист	VI–VIII	МНІ, Курсова робота з фахових дисциплін	Проєктування методики з AR/VR	Повний стек + LMS	ТРАСК	Методичний пакет

Стек технологій WebAR для підготовки вчителів інформатики. Порівняльний аналіз 7 бібліотек WebGL за 8 критеріями [524], [525] обґрунтовує прогресивний шлях опанування інструментів (рис. 5.13): від декларативних (A-Frame, 10 балів за функціональність) через програмні (Three.js, 19 балів; Babylon.js, 21 бал – найвищий функціонал) до повнофункціональних ігрових рушіїв (Unity).

Кількісне порівняння складності коду базової 3D-сцени [524] обґрунтовує педагогічну доцільність поступового підходу: чистий WebGL – близько 105 рядків, Three.js – близько 30 (у 3,5 раза менше), Babylon.js – близько 20 (у 5 разів менше), A-Frame – близько 5 (у 21 раз менше). Тож уже на вході до рівня «Дизайнер» (IV семестр, РЦОР) студенти створюють функціональні WebAR-ресурси в A-Frame без глибокого знання JavaScript, поступово переходячи до Three.js на рівні складнішої розробки (Вебпрограмування, VIII семестр).

Технології відстеження AR [515], [524]: найпростіше для початківців – маркер-

не відстеження за квадратними маркерами; складніше – відстеження за природними особливостями зображення (NFT), якість якого визначають 6 чинників (складність зображення, ізоляційна здатність, фізичний розмір, освітленість екрану, відстань камери, освітлення) [524]; окремі типи – відстеження обличчя та локаційне за GPS, придатне для кар’єрних квестів [524]; найскладніше – безмаркерне відстеження простору. Перехід від маркерного до безмаркерного відповідає зростанню технічної складності та семестровій послідовності навчання у КДПУ.

Перспективним напрямом є поєднання WebAR із машинним навчанням – від TensorFlow.js через сервіс Teachable Machine до створення власних моделей [489], [490], – що з’єднує імерсивні технології з освітою, розширеною засобами AI [448], та з комп’ютерним зором [115]. Важлива й платформна сумісність: на Android припадає 79,8 % ринку України [524], тож WebAR-ресурси масово доступні без спеціалізованого обладнання.

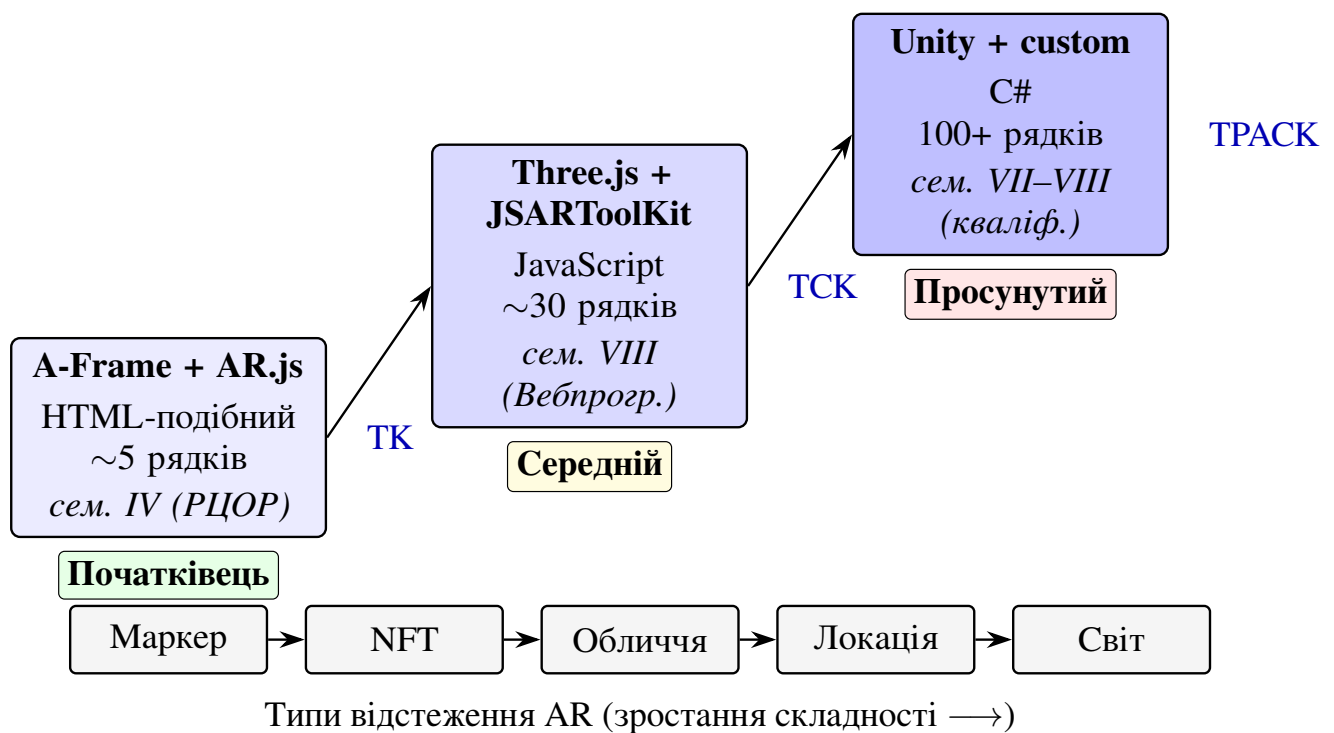


Рис. 5.13 – Стек технологій WebAR для підготовки вчителів інформатики

Методологія проєктування IER. Комплексна методологія [487], [517] визначає 13 типів IER (від імерсивних навчальних посібників і засобів оцінювання до навчально-методичних комплексів та додаткових науково-навчальних матеріалів). Для підготовки вчителів інформатики у КДПУ найрелевантніші: імерсивні навчальні лабораторії (алгоритми, структури даних, мережі), імерсивні моделюючі

середовища (3D-моделювання комп'ютерних архітектур) та імерсивні дидактичні демонстраційні матеріали (AR-візуалізація для шкільного курсу інформатики).

Якість IER визначається за п'ятьма групами параметрів [487]: психолого-педагогічні (дидактична доцільність, проблемність, інтерактивність, адаптивність); дидактико-методичні (науковість, доступність, систематичність, наочність); психологічні (особливості сприйняття, уваги, мислення, пам'яті, зона найближчого розвитку); ергономічні (організація діалогу, зручність сприйняття, привабливість); естетичні та санітарно-гігієнічні (тривалість сеансів, мінімізація негативного впливу на здоров'я). Рамка узгоджується з конструктивним узгодженням (п. 4.2.3): параметри якості IER відображаються на критерії оцінювання навчальних досягнень.

Принципи проектування хмарно-імерсивного КН-середовища (ICBEE) [513], [514] доповнюють параметри якості 10 настановами (відкритість, персоніфікація, інноваційність, інтегративність, цілеспрямованість, послідовність, колаборативність, доступність, безпека, економічна ефективність), які втілюються у трирівневій моделі: відкритість і доступність – через WebAR на рівні «Споживач», інноваційність та інтегративність – через авторську розробку на рівні «Дизайнер», цілеспрямованість і послідовність – через методичне проектування на рівні «Методист».

Критерії добору імерсивних технологій для освітнього процесу адаптуються із загальної рамки [487] до специфіки підготовки вчителів інформатики та підкріплюються кількісними доказами (табл. 5.14).

Таблиця 5.14 – Критерії добору імерсивних технологій з доказовою базою

Критерій	Індикатори	Джерело доказів
Педагогічний	Відповідність освітнім цілям, підтримка активної діяльності (ICAP C/I), реалізація PBL, індивідуалізація	[487]: дидактико-методичні параметри
Технологічний	WebXR підтримка, кросплатформність (Android 79,8 %), інтеграція з Moodle, доступність API	[524]: порівняння WebGL
Ергономічний	Тривалість сеансів VR (≤ 20 хв.), мінімізація кіберхвороби, адаптивний інтерфейс, ЗБР	[487]: ергономічні параметри
Економічний	Ліцензійна чистота (A-Frame – MIT), WebAR без спецобладнання, хмарне збереження	[524]: усі інструменти безкоштовні

Чотирифазний цикл інтеграції імерсивних технологій у КН (рис. 5.14) чергує асинхронні та синхронні фази відповідно до моделі взаємодії (п. 5.2) і забезпечує ICAP-прогресію від пасивного до інтерактивного рівня [232].

Фаза 1 – Теоретична підготовка (асинхронно, у Moodle, 1 тиждень). Опрацювання основ імерсивних технологій (відмінності AR, VR, MR) через ресурси Page та Book, H5P-тест на визначення доцільного рівня імерсивності, обговорення досвіду на форумі. Ресурси розміщуються у структурі типового Moodle-курсу (п. 5.1); сумісні AR-плагіни та конвертація AR-контенту у SCORM [422] вбудовують імерсивні ресурси в наявну LMS-інфраструктуру. За ICAP фаза поєднує пасивний і активний рівні.

Фаза 2 – Створення контенту (асинхронно, самостійна робота, 2–4 тижні). Ітеративна WebAR-розробка зі щотижневими задачами через Moodle: концепт – прототип – протестований ресурс. Інструменти – A-Frame та AR.js у хмарних середовищах Glitch.com або CodePen; на рівні «Дизайнер» і вище додається GitHub для контролю версій. Робота з реальними професійними інструментами розвиває ЦК (п. 5.3); за ICAP – конструктивний рівень.

Фаза 3 – Тестування та демонстрація (синхронно, в аудиторії або через Zoom, 1 заняття). Тестування на власних пристроях (передусім Android – 79,8 % ринку), взаємне тестування 2–3 ресурсів одногрупників, демонстрація екрана через Zoom для дистанційних учасників. Поєднуються синхронна взаємодія (п. 5.2) та презентаційні навички мікрОВикладання (п. 5.4); за ICAP – інтерактивний рівень.

Фаза 4 – Рефлексія та портфоліо (асинхронно, у Moodle, 1 тиждень). Самооцінювання за педагогічною цінністю, технічною якістю та ергономічною відповідністю; портфоліо з AR-ресурсом, документацією, звітом про тестування та відгуками одногрупників (рефлексивно-оцінювальний критерій ЦК, п. 5.3). За ICAP фаза конструктивна; інтерактивного рівня студент сягає раніше – у взаємному тестуванні фази 3.

Доказова база авторських досліджень охоплює шість напрямів: серія міжнародних семінарів AREdu – 6 заходів з доповненої реальності в освіті (2018–2025) за участі автора [412], [446], [508], що формують міжнародну спільноту та забезпечують рецензування розробок; огляд інструментів WebAR – порівняння 7 WebGL-бібліотек за 8 критеріями з кількісними оцінками функціональності та складності коду [524], [525]; методологія проєктування IER – класифікація 13 типів ресурсів, 5 груп параметрів якості, типова п’ятикомпонентна структура [487], [517]; принципи ICБЕЕ – 10 принципів хмарно-імерсивного КН-середовища, верифікованих на прикладі КДПУ, Житомирського університету та MIT [513], [514]; поєднання WebAR із машинним навчанням – триетапна методика (TensorFlow.js –

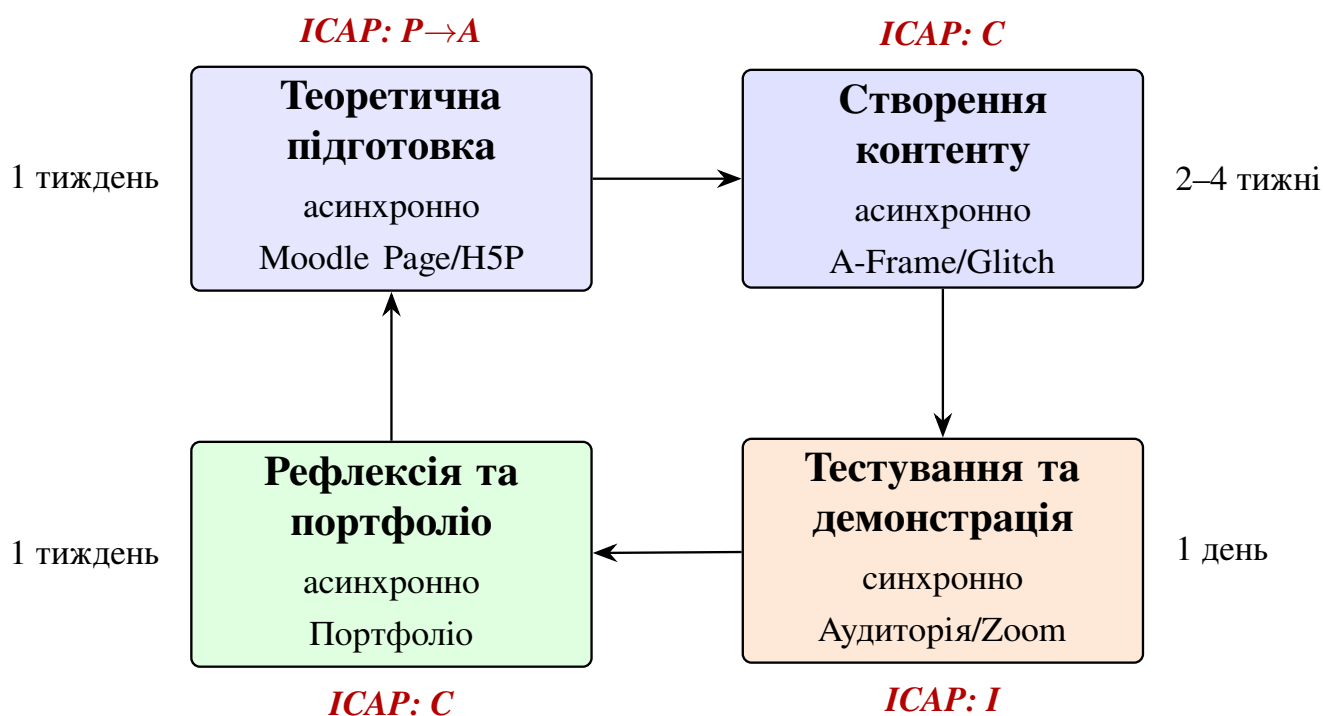


Рис. 5.14 – Чотирифазний цикл інтеграції імерсивних технологій у КН

Teachable Machine – власні моделі) та бібліометричний аналіз 93 документів Scopus [489], [490]; прикладні розробки – прототипи WebAR-квестів для профорієнтації (GPS та NFT) [524], система комп’ютерного зору для освітніх цілей [115], аналіз засобів 3D-моделювання для старшої школи (A-Frame, Unity, Blender) [122], огляд упровадження курсу VR/AR для вчителів STEM [498].

Студентські роботи підтверджують практичну реалізованість методики: у [109] реалізовано імерсивне навчання у контексті інтерактивного тренажера з математики (повна ТРАСК-інтеграція, рівень «Методист»), а в [122] проаналізовано інструменти 3D-моделювання для старшої школи (рівень «Дизайнер»).

Аудит курсів Moodle підтвердив, що на рівні «Споживач» (ЦТВО, семестр I) імерсивні засоби представлені опосередковано через секцію «Аудіо, відео ЕОР» (область 5 DigCompEdu); завдання рівнів «Дизайнер» та «Методист» реалізуються у курсах МНІ та курсових роботах; резервні копії окремих проектних курсів (CoSpaces, WebAR) та STEM-практик до аудиту не включено. Кількісна доказова база для конкретних AR/VR-інструментів формується на рівні кваліфікаційних досліджень та публікацій [498].

Експериментальний контекст. У розділі 6 імерсивні технології визначено як перспективний напрям подальших досліджень; теоретичне підґрунтя створюють методологія IER [487], [517] та принципи ICБЕЕ [513]. Зафіксований приріст

за операційно-діяльнісним критерієм (+26,5 п. п., $t = 5,21$, $p < 0,001$) частково пояснюється проектно-інтенсивним підходом, що *включає* імерсивні технології на рівнях «Дизайнер» та «Методист».

Рекомендації щодо впровадження:

1. Інтегрувати модуль WebAR (A-Frame + AR.js, 4–6 годин) у дисципліну РЦОР (сем. IV) як практичне введення до рівня «Дизайнер».
2. Розробити бібліотеку готових WebAR-ресурсів для шкільного курсу інформатики (алгоритми, структури даних, мережі) як навчальні опори для рівня «Споживач».
3. Впровадити кар'єрні квести з WebAR [524] як інструмент профорієнтації для факультету.
4. Дослідити ефективність поєднання WebAR з машинним навчанням [489] для персоналізації навчання.
5. Формалізувати ергономічний протокол: максимальна тривалість VR-сеансу (≤ 20 хв.), обов'язкова перерва, перевірка самопочуття.
6. Формувати психологічну готовність студентів і викладачів до використання імерсивних технологій, розвивати культуру освітньої взаємодії у віртуальному середовищі [379].

Отже, методика використання імерсивних технологій поєднує дані систематичного огляду (AR – лише 1,7 % праць, VR не представлена зовсім) з авторським доробком – серією семінарів AREdu, методологією проектування IER та порівняльним аналізом WebAR-інструментів. Трирівнева модель «Споживач – Дизайнер – Методист» послідовно співвідноситься з дисциплінами КДПУ (ЦТвО – РЦОР – МНІ) та поступовим нарощуванням ТРАСК-складових до повної інтеграції; стек WebAR-технологій (A-Frame – Three.js – Unity) спирається на кількісне обґрунтування (скорочення коду у 21 раз); методологія IER із критеріями добору (педагогічним, технологічним, ергономічним, економічним) формалізує ухвалення рішень, а чотирифазний КН-цикл забезпечує когнітивну прогресію від теоретичного опанування до осмислення власної розробки. Подальший розвиток методики пов'язаний із навчанням програмування (п. 5.7), що формує JS/HTML-фундамент для WebAR-розробки на рівні «Дизайнер».

5.7. Методика підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання програмування на основі конвеєра від блочного через текстове до фізичного обчислення

Навчання програмування посідає особливе місце серед методик системи: відповідні дисципліни охоплюють найбільший змістовий блок ОПП – 95 кредитів ЄКТС, або 39,6 % її обсягу (п. 4.2.1), а у джерелах систематичного огляду (розділ 2) програмування згадується у 50,3 % із 300 досліджень – найчастіше досліджуваний аспект підготовки вчителів інформатики у світі. Тому конвеєр навчання програмування від блочного через текстове до фізичного обчислення є центральним стрижнем методичної системи: він структурує перший шар середовища КН (п. 4.2.2), проєктне навчання (п. 5.5) реалізується у формі програмних продуктів, мікрОВикладання (п. 5.4) формує РСК для навчання програмування, а імерсивні технології (п. 5.6) потребують володіння основами JS та HTML.

Перед детальнішим обговоренням конвеєра уточнимо його статус у методиці. Конвеєр від блочного через текстове до фізичного обчислення описує не послідовність опанування програмування самим студентом, а траєкторію шкільної інформатичної освіти, до супроводу якої готується майбутній учитель. На рівні учня ця прогресія відповідає віковому ускладненню: блочне (Scratch) знижує синтаксичний бар'єр входу в початковій і базовій школі, текстове (Python) вводить формальний синтаксис у базовій та профільній ланці, а фізичне обчислення (робототехніка, Arduino, micro:bit) інтегрує код із матеріальним об'єктом у STEM-контексті профільного рівня. На рівні підготовки вчителя порядок зумовлений не абстракцією коду, а зростанням методичної (РСК) складності: якщо блочне й текстове програмування потребують передусім предметно-методичних знань, то навчання фізичного обчислення додає керування апаратним забезпеченням, міжпредметну STEM-інтеграцію та організацію проєктної діяльності – тому в професійній підготовці воно завершує конвеєр. Водночас за конструкціоністською логікою [449] матеріальний досвід може передувати абстрактному для учня; методична система свідомо розводить ці рівні: порядок опанування методики вчителем не тотожний оптимальному порядку навчання учня, і майбутній учитель має володіти обома.

Картина мов програмування за даними систематичного огляду неоднорідна

(табл. 2.28, 2.29): найшвидше зростають Scratch (найчастіше згадуваний засіб) і Python, що дедалі більше утверджується як універсальна перша мова, тоді як успадковані навчальні мови (Pascal/Delphi) виходять з ужитку, а фізичне обчислення (Arduino, LEGO) лишається на периферії.

Виразним є дисбаланс предметного програмування: воно домінує у змісті підготовки (найбільший змістовий блок, табл. 2.17) за дефіциту методичної складової (СК:РСК = 2,5:1), а в пострадянському регіоні мовна екосистема застаріла – Pascal/Delphi тут фігурують значно частіше за світовий рівень, тоді як Scratch представлений мінімально (проти 20–22 % у західних регіонах). Науково обгрунтована послідовність (починати зі Scratch і Python) розходиться з усталеною практикою (першою мовою лишається С або Pascal); цей виклик розв’язуємо не відмовою від С, а *переосмисленням* його місця: у КДПУ С вивчається у II семестрі *після* Python (I семестр) і доповнюється Scratch крізь педагогічну призму (V семестр).

Запропонована послідовність має ґрунтовне теоретичне підґрунтя: конструкціонізм [449] обґрунтовує фізичний сегмент конвеєра (Arduino, LEGO) – навчання через конструювання артефактів у реальному світі; теорія когнітивного навантаження [546] пояснює рух від повністю опрацьованих прикладів через приклади з поступово вилученими кроками до самостійного розв’язання задач; мета-аналіз [581] підтверджує, що ті, хто починає з блоків, згодом опановують текстове програмування успішніше; систематичний огляд застосування Scratch у школі [595] засвідчує, що блочне програмування розвиває обчислювальне мислення.

Систематичний огляд виявляє й тривожну диспропорцію: дослідницька увага до написання коду (СК, 57,7 % досліджень) у 2,5 раза перевищує увагу до методики його навчання (РСК, 23,0 %). КДПУ долає її двома засобами – цілеспрямованим включенням педагогічних задач (не менше ніж 10 % завдань у кожному модулі предметного блоку, п. 4.2.2) та нелінійною побудовою конвеєра.

Конвеєр професійної підготовки конкретизує змістову архітектуру (п. 4.2.2) у п’ять етапів, відображених на конкретні дисципліни ОПП (табл. 5.15). Він реалізує описану вище учнівську послідовність *нелінійно*: майбутні вчителі опановують Python раніше за Scratch і повертаються до блочного програмування у V семестрі вже як аналітики-методисти – тож стадія блочного програмування у їхній підготовці не перша, а четверта.

Перший етап – «Вступ до програмування» (I семестр), де першою мовою постає Python. Вибір спирається на дані систематичного огляду (шестиразове

зростання частки, рекомендація ACM CS2013) та педагогічні переваги мови – мінімальний синтаксичний шум, мультипарадигмальність, інтерактивний інтерпретатор. Інструментарій ускладнюється поступово: Thonny – VS Code – хмарне середовище replit.com, зручне для КН; опора на вільне програмне забезпечення узгоджується з обґрунтуванням його доцільності у фаховій підготовці [23]. Змістове ядро – змінні, типи даних, конструкції керування, функції, вступ до ООП. У ТРАСК акцент на СК, до якого через різноманітність середовищ додається ТК; у форматі КН етап реалізується тестами самоперевірки в Moodle та хмарною практикою на replit.com (п. 5.1).

Другий етап – «Програмування. Частина 1» (II семестр) – системна мова С. Мову, успадковану від регіональної традиції системного програмування, зберігаємо, проте переосмислюємо: вивчення С *після* Python дає змогу зрозуміти низькорівневі механізми (вказівники, динамічна пам'ять, робота з файлами), спираючись на сформоване алгоритмічне мислення, а розуміння С робить студентів кращими *вчителями* Python і Scratch, адже вміння пояснити внутрішні механізми виконання програми – потужний педагогічний інструмент. У фокусі – поглиблення СК.

Третій етап об'єднує «Програмування. Частина 2» та «Технології програмування» (III–IV семестри) і вводить ООП на матеріалі С#, узгодженого із середовищем Unity для AR/VR (п. 5.6): принципи ООП, структури даних, алгоритми сортування, UML, CASE-інструменти, основи програмної інженерії. Тут уперше поєднуються СК і ТК (С# – водночас предмет і інструмент); не менше ніж 10 % завдань вимагають спроектувати навчальні сценарії для пояснення концепцій ООП – цілеспрямоване включення педагогічних задач (п. 4.2.2).

Четвертий етап – «STEM-практики в освіті» (V семестр) – блочне програмування й фізичне обчислення. Ключова особливість – *нелінійне повернення*: Scratch вивчається *після* Python і С, тож студент аналізує блочне програмування не як початківець, а крізь педагогічну призму [571] – як майбутній учитель, здатний оцінити його дидактичний потенціал для учнів 1–8 класів (К-8). Фізичне обчислення представлено наборами LEGO WeDo 2.0/EV3 та платформою Arduino у дусі конструкціонізму [449]. У фокусі – РСК разом із ТРК; саме цей етап перетворює предметні знання на здатність навчати.

П'ятий, завершальний етап – прикладне програмування (V–VIII семестри): «Бази даних» (V семестр, SQL, MySQL, PHP – СК з ТК), далі «Вебпрограмування» (VIII семестр, PHP, JS, HTML, Laravel) як кульмінація конвеєра. Етап тісно

пов'язаний із проектним навчанням (п. 5.5), де вебпроекти виступають ТРАСК-артефактами, та з імерсивними технологіями (п. 5.6), адже WebAR потребує JS і HTML. Тут усі складники ТРАСК інтегруються повністю: студенти створюють освітні вебресурси – інтерактивні тренажери, перекладачі, навчальні платформи.

Показово, що кожна мова програмування у підготовці вчителів інформатики має подвійну природу [156], [571]: вона є водночас і СК (мова як предмет вивчення), і ТК (мова як майбутній інструмент викладання). Ця подвійність унікальна саме для вчителів інформатики – на відміну від математики чи фізики, де предмет і інструмент не збігаються [417], – і саме через неї реалізуються механізми ТРАСК-інтеграції (п. 4.1.1): кожен етап конвеєра формує одночасно і СК, і ТК.

Конкретні прояви подвійності за етапами показано на рис. 5.15: у предметному вимірі (СК) Python охоплює змінні, функції та ООП, С – вказівники та керування пам'яттю, Scratch – концепції блочного програмування, Arduino – вбудовані системи; у технологічному (ТК) Python слугує основою Jupyter-зошитів та оцінювання через CodeRunner, С дає розуміння компіляції, Scratch стає основним інструментом навчання програмування, Arduino – інструментом STEM-навчання у школі.

Цілеспрямоване включення педагогічних задач (п. 4.2.2) – механізм, що систематично перетворює СК на РСК: не менше ніж 10 % завдань у кожному предметному модулі мають педагогічний характер («Спроектуйте урок про цикли у Scratch», «Створіть діагностичний тест на хибні уявлення щодо змінних у Python»,

Таблиця 5.15 – П'ятиетапний конвеєр програмування професійної підготовки майбутніх учителів інформатики в КДПУ

Етап	Се- местр	Дисципліна	Мова/ платформа	Парадигма	ТРАСК	Тренд система- тичного огляду
1	I	Вступ до програму- вання	Python	Мультипара- дигмальна	СК	Зростання в 6 разів
2	II	Програмування. Ча- стина 1	C	Процедурна	СК	5,7 % (спадна, 8→4 %)
3	III– IV	Програмування. Ча- стина 2 + Технології програмування	C# + UML	ООП + інжене- рія	СК і ТК	Стабільна
4	V	STEM-практики в освіті	Scratch + Ardui- no/LEGO	Блочна + фізи- чне обчислення	РСК і ТРК	Зростання в 10 разів
5	V– VIII	Бази даних + Вебпро- грамування	SQL/PHP/JS/ Laravel	Web + дані	ТРАСК	Висхідна

«Поясніть вказівникову арифметику учню 10 класу») – кожне активує одночасно і СК, і РК.

Уздовж конвеєра вибудовується послідовне когнітивне залучення за моделлю ICAP [232]: на першому етапі (Python) пасивний перегляд відеолекцій поступаєтьс активним вправам кодування; на другому (С) активна лабораторна робота переростає у конструктивне проектування алгоритмів; на третьому (С#) переважає конструктивне розроблення ООП-проектів; на четвертому (Scratch, Arduino) додається інтерактивне взаємне навчання; на п'ятому («Вебпрограмування», «Бази даних») панують інтерактивні колаборативні ТРАСК-проекти.

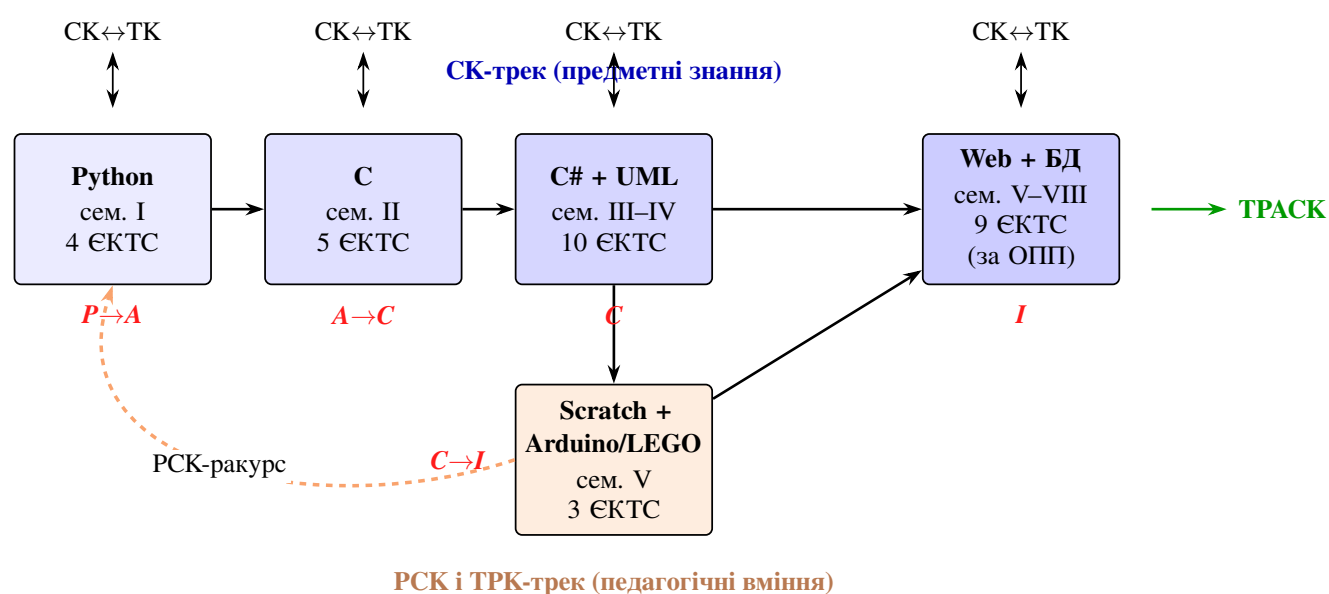


Рис. 5.15 – П'ятиетапний конвеєр програмування з подвійним ТРАСК-треком

Методологія цілеспрямованого включення педагогічних задач відповідає на виявлену оглядом диспропорцію СК:РСК: педагогічні завдання інтегруються безпосередньо у предметні дисципліни програмування, а не виносяться в окремий курс. Підхід розгортається у п'ять стратегій, унаочнених конкретними завданнями дисциплін КДПУ (табл. 5.16).

Перша – діагностика хибних уявлень: студенти вчаться розпізнавати типові помилки учнів і проектувати діагностичні активності; майбутній учитель навчається *діагностувати* помилки (РСК), а не лише уникати їх самому (СК). Друга – мікроурок: у кожній дисципліні програмування принаймні одне завдання вимагає спроектувати 15-хвилинний навчальний фрагмент (наприклад, «Продемонструйте динамічне виділення пам'яті у С»), що прямо пов'язує курс із мікрОВикладанням (п. 5.4). Третя – пояснення задля навчання: пояснення концепцій програмування

для різних вікових груп (5, 9, 11 клас) розвиває чутливість до аудиторії як складник РСК. Четверта – оцінювання інструментів: порівняння середовищ розробки для конкретних навчальних контекстів розвиває ТРК. П'ята – зіставлення з навчальною програмою: співвіднесення програмістських тем зі шкільною програмою Нової української школи формує ТРАСК і пов'язує курс із МНІ.

Частка педагогічних завдань зростає від семестру до семестру за поступового згортання навчальних опор: у I–II семестрах – 10 % (переважно діагностика хибних уявлень), у III–IV – 15 % (додано проєктування мікроуроків), у V–VI – 20 % (оцінювання інструментів, пояснення задля навчання), у VII–VIII – понад 30 % (зіставлення з навчальною програмою та планування уроків). Динаміка узгоджена з триступеневою прогресією практики (п. 5.4).

Таблиця 5.16 – Стратегії цілеспрямованого включення педагогічних задач у дисципліни програмування

Стратегія	Опис	Приклад (дисципліна КДПУ)	ТРАСК
Хибні уявлення	Діагностика типових помилок учнів	«Знайдіть помилку в учнівському коді на Python» (Вступ до програмування)	РСК
Мікроурок	Проєктування 15-хвилинного навчального фрагмента	«Поясніть рекурсію у Scratch» (STEM-практики в освіті)	РСК і ТРК
Пояснення задля навчання	Пояснення для різних вікових груп	«Опишіть ООП для 5, 9, 11 класу» (Програмування. Частина 2)	РСК
Оцінювання інструментів	Порівняння IDE/платформ для навчання	«Thonny проти VS Code для початківців» (Вступ до програмування)	ТРК
Зіставлення з програмою	Відображення на шкільну програму Нової української школи	«Яким темам НУШ відповідає цей модуль?» (МНІ)	ТРАСК

Практична організація навчання програмування у КН спирається на чотирифазний цикл (рис. 5.16), що чергує асинхронні та синхронні фази відповідно до моделі взаємодії (п. 5.2) і забезпечує описане вище сходження за ICAP [232].

Перша фаза – теоретична підготовка – асинхронно у Moodle до заняття: теоретичний матеріал у ресурсах Page та Book, відеолекція (10–15 хв) із демонстрацією програмування наживо, інтерактивне відео H5P із питаннями для самоперевірки. Окрему роль відіграють повністю опрацьовані приклади [546] – розв'язані до кінця задачі, на яких студент засвоює типові шаблони. Ресурси вписано у структуру типового курсу Moodle (п. 5.1); за ICAP – перехід від пасивного перегляду до активної самоперевірки.

Друга фаза – синхронна практика (аудиторія або Zoom, 2 академічні години):

викладач демонструє розв’язання типових задач у режимі програмування наживо, студенти працюють у парах із ротацією ролей кожні 15 хв; використовуються опрацьовані приклади з поступовим зменшенням підтримки – частково заповнені шаблони, у яких обсяг наданого коду скорочується з 80 % до 50 % і далі до 20 %; помилки діагностуються наживо. Синхронна взаємодія узгоджується з п. 5.2; за ICAP – перехід від активної участі до конструктивного розв’язання задач.

Третя фаза – самостійна робота (тиждень, асинхронно в Moodle): задачі без навчальних опор, подання через Moodle Assignment з автоматичною перевіркою CodeRunner і негайним зворотним зв’язком; з III семестру для версіонування коду залучається GitHub, і робота з професійними інструментами розвиває ЦК (п. 5.3). За ICAP – конструктивна самостійна робота.

Четверта фаза – взаємне рецензування коду та рефлексія (синхронно + асинхронно): через модуль Workshop кожен студент рецензує 2–3 роботи однокурсників за рубрикою з 5 критеріїв (коректність, читабельність, ефективність, документація, стиль), група синхронно розбирає найкращі та найтипівіші рішення, кожен веде рефлексивний журнал (що вивчено, яких помилок припущено, як їх виправити). Фаза розвиває рефлексивно-оцінювальний компонент (п. 5.3); за ICAP – інтерактивне взаємне оцінювання та обговорення.

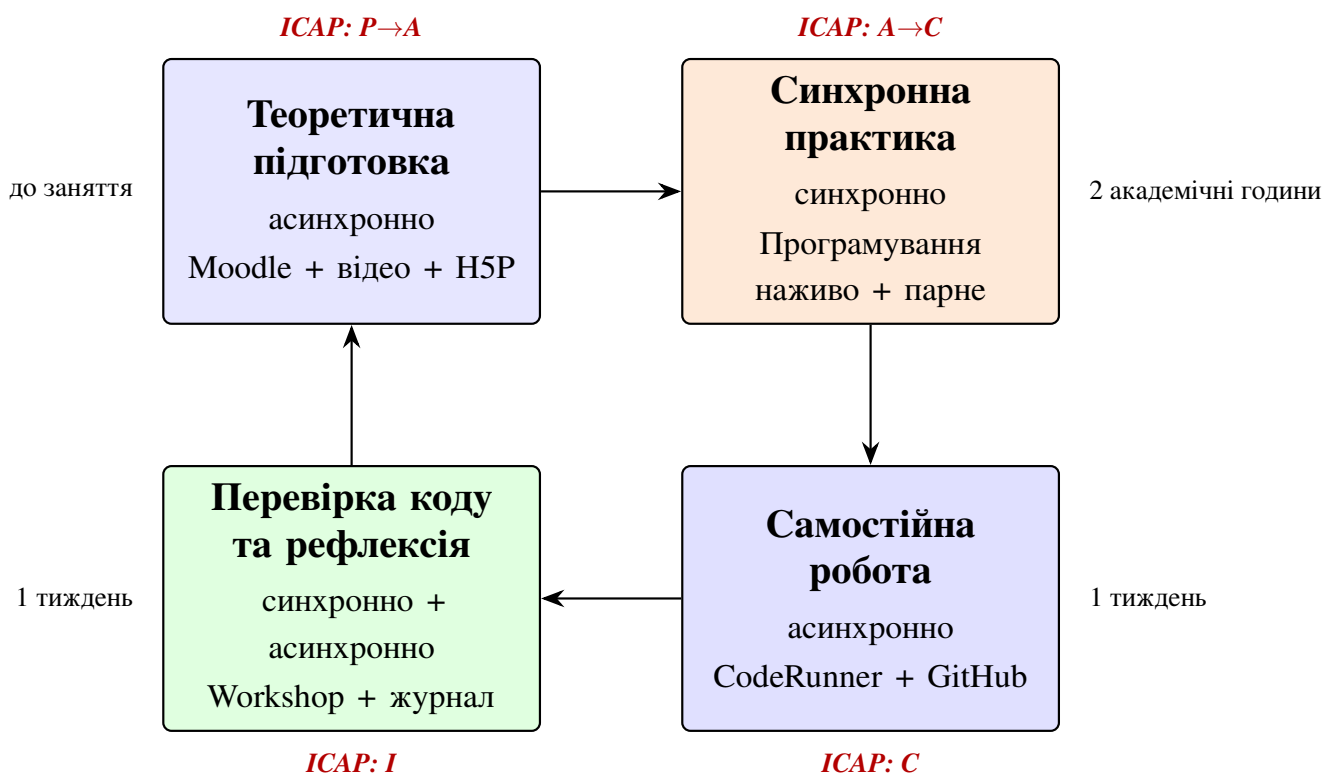


Рис. 5.16 – Чотирифазний цикл КН для дисциплін програмування

Окрім самого циклу, на даних систематичного огляду та теорії когнітивного навантаження ґрунтуються чотири педагогічні стратегії навчання програмування.

Перша – навчальні опори, побудовані навколо хибних уявлень: сприйняття змінної як контейнера, а не посилання (Python, коли студенти вважають, що $a = b$ копіює значення); помилки на одиницю в циклах (усі мови); змінювані значення аргументів за замовчуванням (Python); плутанина з вказівниками та витоки пам'яті (C); змішування успадкування та композиції (C#). Робота з кожним уявленням розгортається як ланцюжок від діагностичного тест-елемента через цільову вправу до рефлексії, тож студенти навчаються *діагностувати* ці помилки в учнів, а не лише уникати їх самі.

Друга – послідовний перехід від повністю опрацьованих прикладів через приклади з поступовим зменшенням підтримки (80 % – 50 % – 20 % наданого розв'язку) до цілком самостійного розв'язання з оцінюванням за рубрикою [546]: структуровані приклади зменшують зайве когнітивне навантаження для початківців.

Третя – взаємне рецензування коду (інтерактивний рівень ICAP) через модуль Workshop: кожен студент рецензує 2–3 роботи, отримує 2–3 рецензії на власну й пише відповідь-рефлексію, розвиваючи комунікативні навички, усвідомлення якості коду та рефлексивне оцінювання (п. 5.3).

Четверта – парне програмування із ротацією ролей кожні 15 хв (синхронно в аудиторії, дистанційно – з демонструванням екрана в Zoom). Систематичний огляд засвідчує ефективність прийому (7 досліджень) за низького поширення (2,3 %), тому КДПУ робить його обов'язковим елементом другої фази циклу КН.

Архітектура оцінювання узгоджена з трикомпонентною моделлю (п. 4.2.3): автоматизоване оцінювання (система онлайн-перевірки коду CodeRunner) – формувальне з негайним зворотним зв'язком; рубричне (якість коду, документація, алгоритмічна ефективність) – підсумкове; взаємне через Workshop – водночас формувальне й розвиває РСК; портфоліо накопичує проекти за семестрами, а кваліфікаційна робота стає кульмінаційним ТРАСК-артефактом. CodeRunner інтегровано в Moodle на всіх п'яти етапах конвеєра.

Запропонований конвеєр описано у низці авторських публікацій. Методику навчання Scratch у підготовці вчителів [412], [477] покладено в основу блочного сегмента; методику розроблення мобільних додатків [50] – в основу СК і ТК-етапу; питання ТРАСК-інтеграції у курсах програмування [156], [571] становлять

теоретичну рамку подвійності, а розвиток СТ [306] осмислюється як наскрізна компетентність конвеєра.

Експериментальний контекст. Приріст за операційно-діяльнісним критерієм (+26,5 п. п., $t = 5,21$, $p < 0,001$, розділ 6) частково пов'язуємо саме з конвеєром програмування як найбільшим блоком навчального плану (95 ЄКТС): дисципліни програмування є основним засобом розвитку СК і ТК, а програмні проекти виявилися домінантним типом проєктного навчання (п. 5.5).

Окремої уваги потребує інтеграція СТ: систематичний огляд засвідчує зростання інтересу (7,0 % досліджень) [306], проте в більшості програм наскрізна інтеграція лишається неповною. КДПУ інтегрує СТ наскрізно: декомпозиція та алгоритмічне мислення – на всіх етапах, розпізнавання патернів – на етапах 2–3, абстракція (ООП, інтерфейси, узагальнення) – на етапах 3–4. СТ слугує містком між СК та РК: від навичок програмування через обчислювальне мислення до методики навчання інформатики.

Узагальнюючи викладене, сформулюємо авторські рекомендації щодо впровадження методики.

1. Зберегти Python як першу мову програмування в I семестрі (шестиразове зростання частки за оглядом, підтримка переходу $P \rightarrow A$ за ICAP, мінімальний когнітивний бар'єр).
2. Упровадити цілеспрямоване включення педагогічних задач (не менше ніж 10 % завдань) у кожен дисципліну програмування для подолання диспропорції $СК:РСК = 2,5:1$.
3. Розширити модуль STEM-практик фізичним обчисленням, нарощуючи лінійку від Arduino через micro:bit до Raspberry Pi (в огляді їхня присутність незначна: 5,7 % для Arduino, 4,0 % для LEGO).
4. Інтегрувати CodeRunner у всі курси програмування для автоматизованого формувального оцінювання з негайним зворотним зв'язком.
5. Посилити взаємне рецензування коду через Workshop як обов'язковий елемент кожного модуля програмування – розвиває рефлексивно-оцінювальний компонент ЦК (п. 5.3).
6. Розвивати СТ як наскрізну компетентність конвеєра – від Scratch (декомпозиція) до Web (системне проєктування).

Отже, методика навчання програмування поєднує результати систематичного огляду (програмування – 50,3 % праць, найбільший змістовий блок) із послідовною

п'ятиетапною траєкторією КДПУ від Python через C, C#, Scratch та Arduino до веброзробки упродовж восьми семестрів. Дисбаланс предметного програмування розв'язується переосмисленням ролі C як системної мови *всередині* науково обґрунтованого конвеєра; подвійна природа кожної мови (водночас СК і ТК) та педагогічні задачі, частка яких зростає з 10 до понад 30 %, долають диспропорцію СК:РСК; чотирифазний цикл КН забезпечує когнітивну прогресію за ICAP від теоретичної підготовки до взаємного рецензування коду. Подальший розвиток пов'язуємо з розширенням фізичного сегмента (Arduino – micro:bit – Raspberry Pi) та систематичною інтеграцією СТ як наскрізної компетентності.

5.8. Висновки до 5 розділу

У п'ятому розділі конкретизовано методичні особливості реалізації методичної системи КН майбутніх учителів інформатики. Визначено сім методик, кожна з яких реалізує відповідні компоненти спроектованої системи та ґрунтується на даних систематичного огляду:

1. *Методика використання LMS Moodle* забезпечує організацію КН за логікою «перевернутого класу» з ICAP-прогресією та узгодженням із моделлю CoI. Вона передбачає уніфіковану структуру Moodle-курсу, диференційоване проектування навчальної діяльності для різних груп студентів і тришарову систему оцінювання: автоматизований Quiz + рубрикований Assignment + взаємне оцінювання Workshop. Провідним доменом ТРАСК у цій методиці є ТРК.
2. *Методика синхронної та асинхронної взаємодії* визначає педагогічно доцільний баланс між синхронними й асинхронними форматами КН з урахуванням моделі CoI, таксономії КН-взаємодії, рамки освітньої стійкості та емпіричних даних про потреби студентів. Вона передбачає структуровану організацію форумної взаємодії, сценарії синхронних занять і асинхронні альтернативи для кожної синхронної діяльності. Провідними доменами ТРАСК є ТРК і РК.
3. *Методика розвитку ЦК* є наскрізною і реалізує рамку DigCompEdu через посеместрову прогресію рівнів ЦК за чотирма критеріями: когнітивним, операційно-діяльним, мотиваційно-ціннісним і рефлексивно-оцінювальним. Вона забезпечує перехід від інструментального володіння

цифровими технологіями до їх педагогічно доцільної інтеграції в навчання інформатики та виконує роль інтеграційного ядра, що поєднує всі інші методики цього розділу. Методика охоплює всі домени ТРАСК.

4. *Методика мікрОВикладання та моделювання уроків інформатики* реалізує триступеневу прогресію практики (спостереження – мікрОВикладання – самостійне викладання) в умовах КН. Її основу становить трифазний цикл: асинхронна підготовка в Moodle, синхронне мікрОВикладання та асинхронна рефлексія із взаємним оцінюванням у Workshop. Методика поєднує навчально-методичну гру з подвійними ролями студента, ТРАСК-орієнтований протокол спостереження, відеоаналіз і поступове ускладнення практичних завдань упродовж V–VIII семестрів. Вона забезпечує перехід від спостереження й моделювання фрагментів уроку до проведення повноцінного уроку інформатики та розвиток професійної рефлексії. Провідними доменами ТРАСК у цій методиці є РСК і ТРК.
5. *Методика проєктного навчання* реалізує змістову архітектуру підготовки через таксономію проєктів, упорядковану за рівнями ТРАСК: від предметно орієнтованих СК-проєктів через поєднання СК і ТК та педагогічно орієнтовані проєкти до повної ТРАСК-інтеграції. Вона передбачає п'ятиетапний цикл проєктної діяльності в умовах КН: визначення проблеми, планування, реалізацію, захист із взаємним оцінюванням у Workshop і рефлексію. Методика забезпечує поступове ускладнення проєктних завдань упродовж I–VIII семестрів, розвиток співпраці й рефлексивного оцінювання та створення навчальних продуктів, наближених до реальної професійної діяльності. Провідними доменами ТРАСК є РСК і ТРАСК; методика спрямована на повну ТРАСК-інтеграцію.
6. *Методика використання імерсивних технологій AR/VR* спрямована на подолання недостатньої представленості цих технологій у підготовці майбутніх учителів інформатики. Вона передбачає трирівневу прогресію ролей студента: від користувача імерсивних ресурсів через їх проєктувальника до методиста, здатного педагогічно обґрунтовано інтегрувати AR/VR у навчання інформатики. Методика реалізується через дисципліни ЦТВО, РЦОР і МНІ та поєднує добір імерсивних ресурсів, їх проєктування, методичне осмислення й використання в умовах КН. За доменами ТРАСК вона забезпечує поступовий перехід від СК і ТК через ТСК та ТРК до повної ТРАСК-інтеграції.

7. *Методика навчання програмування* реалізує змістово-технологічний блок підготовки майбутніх учителів інформатики через п'ятиетапний конвеєр КДПУ – послідовну траєкторію опанування мов і середовищ програмування: від Python через C, C#, Scratch та Arduino до веброзробки. Вона поєднує розвиток СК і ТК з поступовим включенням педагогічно орієнтованих завдань, що дає змогу подолати розрив між предметною та методичною підготовкою. Методика передбачає чотирифазний цикл КН, використання навчальних опор, парного програмування, автоматизованого оцінювання коду й взаємної перевірки програмних рішень. За доменами ТРАСК вона забезпечує перехід від СК і ТК до їх педагогічно доцільної інтеграції в навчання інформатики.

Усі сім методик інтегровані в єдину систему через спільне КН-середовище на основі Moodle, узгоджену ІСАР-прогресію, тришарову архітектуру оцінювання та наскрізну методику розвитку ЦК. Об'єднувальною теоретичною рамкою виступає ТРАСК, що забезпечує опис компетентнісної прогресії від окремих доменів СК, ТК і РК до їх повної інтеграції, тоді як модель СоІ конкретизує проєктування взаємодії в КН-середовищі. Методики обґрунтовано результатами міжнародного систематичного огляду, конкретизовано в умовах української педагогічної освіти та апробовано на базі КДПУ у 2015–2024 рр. Водночас варто наголосити: інтегральна схема педагогічного експерименту перевіряла ефективність методичної системи в цілому, тому внесок окремих методик у зафіксовані прирости простежується опосередковано – через ланцюги доказовості кожної методики та з урахуванням відповідних обмежень. Отримані результати створюють підґрунтя для експериментальної перевірки методичної системи в наступному розділі.

Основні наукові результати п'ятого розділу викладено в публікаціях автора [37], [38], [61]–[63], [65], [66], [71], [73], [76], [84], [98], [115], [122], [127], [128], [142], [402], [403], [405]–[408], [412]–[414], [446], [487], [489], [490], [498], [499], [502], [503], [511]–[515], [517], [524], [525].

РОЗДІЛ 6

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Перевірка ефективності розробленої методичної системи здійснювалася шляхом педагогічного експерименту, що охоплював констатувальний (2015–2020, діагностика стану підготовки та суперечностей), формувальний (2020–2023, впровадження авторської методичної системи та перевірка гіпотези) і контрольний (2024, підсумковий зріз рівня ЦК та статистичне опрацювання результатів) етапи.

Дослідно-експериментальна робота мала ітеративний, дизайн-орієнтований характер: компоненти методичної системи розвивалися й уточнювалися безпосередньо у практиці підготовки майбутніх учителів інформатики КДПУ починаючи з 2015 р. Систематичний огляд, виконаний у 2024 р. (розділ 2), систематизував доказову базу цієї практики та дав змогу перевірити й скоригувати ухвалені проєктні рішення (розділи 3–5). Контрольний зріз 2024 р. здійснено після завершення огляду, що забезпечило узгодженість підсумкового оцінювання з перевіреною доказовою базою. Така циклічність «практика – систематизація доказів – перевірка проєктних рішень – підсумкове оцінювання» є характерною ознакою DBR в освіті.

6.1. Організація та дизайн педагогічного експерименту

Педагогічний експеримент здійснювався у три етапи (табл. 6.1). *ЕГ* – студенти спеціальності А4 «Середня освіта (Інформатика)» бакалаврського рівня КДПУ, які навчалися за авторською методичною системою КН. Обґрунтування вибору КДПУ як інституційної бази подано у вступі до п. 4.2: заклад є типовим представником національної мережі підготовки вчителів інформатики (18 педагогічних ЗВО на 2016/2017 навчальний рік [112]) і водночас забезпечує повний доступ до інституційних масивів даних LA. *КГ* – порівнянні групи з паралельних навчальних років, що проходили підготовку за традиційною методикою без систематичної КН-інтеграції. Наскрізне вимірювання упродовж усіх трьох етапів забезпечувала система критеріїв та показників оцінювання ЦК (п. 6.4).

Статистична обробка результатів здійснювалася за допомогою критерію

Таблиця 6.1 – Дизайн педагогічного експерименту

Етап	Період	n	Інструмент
Констатувальний	2015–2020	75	опитування викладачів, аналіз ОПП і кваліфікаційних робіт
Формувальний	2020–2023	$\approx 120/\text{рік}$	критерії ЦК
Контрольний	2024	≈ 140	контрольний зріз; t -, χ^2 - та z -критерії

Стьюдента (t) для порівняння середніх балів, критерію узгодження Пірсона (χ^2) для порівняння частотних розподілів рівнів ЦК та z -критерію для порівняння часток (зокрема частки студентів достатнього й високого рівнів ЦК) між ЕГ та КГ. Рівень значущості прийнято $\alpha = 0,05$.

6.2. Констатувальний етап педагогічного експерименту

6.2.1. Мета, завдання та зміст констатувального етапу

Констатувальний етап був спрямований на визначення наявного стану проблеми, виявлення суперечностей та розроблення програми подальшого експерименту. Завдання етапу:

- 1) аналіз ОПП та навчальних планів підготовки вчителів інформатики у КДПУ (спеціальність А4 «Середня освіта (Інформатика)»);
- 2) дослідження стану використання LMS Moodle в освітньому процесі КДПУ;
- 3) аналіз досвіду застосування МООС як засобу підвищення ЦК педагогічних працівників;
- 4) вивчення досвіду моделювання уроків інформатики майбутніми вчителями;
- 5) опитування науково-педагогічних працівників КДПУ ($n = 75$) щодо стану використання LMS Moodle та потреб у методичній підтримці [403];
- 6) аналіз динаміки дипломних робіт під керівництвом автора за 2014–2020 рр. у контексті ТРАСК-формування;
- 7) визначення суперечностей та обґрунтування гіпотези дослідження.

6.2.2. Характеристика бази дослідження

Експериментальною базою дослідження обрано КДПУ. Кафедра інформатики та прикладної математики (заснована 1992 р.) станом на початок констатувального

етапу налічувала серед штатних викладачів трьох докторів наук, а також кандидатів педагогічних і фізико-математичних наук; понад 80 % штату – випускники кафедри [87]. Кафедра забезпечує підготовку за спеціальністю А4 – Середня освіта (Інформатика) з додатковою спеціалізацією «Програмування». Випускники отримують подвійну кваліфікацію: *вчитель-бакалавр (Середня освіта (Інформатика))* та *фахівець з розроблення комп'ютерних програм та програмного забезпечення* (професійні коди ДК 003:2010 – 2320 та 3121). Спеціальність акредитована (сертифікат УД № 04008559). Освітня програма передбачає 3 навчальні та 4 виробничі практики загальним обсягом 30 кредитів, зокрема виробничу практику в закладах освіти (12 кредитів) – найбільший за обсягом компонент практичної підготовки.

Окрім того, кафедра викладає дисципліни інформатичного циклу (ЦТВО, STEM-практики в освіті, Основи кібербезпеки та ін.) для здобувачів суміжних предметних спеціальностей, що розширює коло впливу авторської методичної системи за межі однієї спеціальності.

Матеріально-технічна база кафедри включає 5 комп'ютерних лабораторій з доступом до мережі Інтернет; перші курси підвищення кваліфікації «ІКТ в очно-дистанційному навчанні» для зовнішніх слухачів розпочато у 2014 р. [87], що стало передумовою розгортання системи підвищення ЦК всередині університету.

Розвиток ЕОС КДПУ відбувався поетапно відповідно до «Концепції розвитку ЕОС КДПУ» (2017) і включав три етапи (табл. 6.2). Найінтенсивніший розвиток зафіксовано після переходу на дистанційну форму навчання у березні 2020 р.: за перші тижні університет створив 40 відеоінструкцій, організував групи підтримки для викладачів, запровадив типовий шаблон Moodle-курсу [403].

Таблиця 6.2 – Етапи розвитку ЕОС КДПУ

Етап	Роки	Завдання	Ключовий результат
1	2017–2018	Інфраструктура та умови	Первинний фонд ЦОР в LMS
2	2018–2019	Впровадження елементів ЕОС	Апробація ЦОР, облік успішності
3	2019–2020+	Повномасштабне розгортання	593 курси (березень 2020)

Станом на березень 2020 р. на платформі Moodle КДПУ функціонувало 593 курси, до яких були залучені 135 викладачів (42 % від загальної кількості) та 3476 студентів. До вересня 2020 р. кількість курсів зросла до понад 2000, що свідчить про експоненційне зростання, спричинене COVID-кризою [403]. Ці дані засвідчують, що на момент початку формувального етапу (2020) інфраструктура LMS була вже створена, проте потребувала якісного методичного наповнення.

6.2.3. Аналіз освітньо-професійних програм та силабусів

Оскільки навчальні плани періоду 2015–2020 рр. зберігали спадкоємність із наступними редакціями, як опорний документ для аналізу змісту підготовки використано чинну ОПП «Інформатика. Програмування», затверджену Вченою радою КДПУ у 2022 р. та оновлену у 2023 р.; зіставлення послідовних версій ОПП та попередніх навчальних планів наведено у п. 6.5.1. Аналіз засвідчив, що підготовка бакалавра середньої освіти за спеціальністю А4 Середня освіта (Інформатика) здійснюється в обсязі 240 кредитів ЄКТС із терміном навчання 3 роки 10 місяців. Загальний обсяг нормативних компонентів складає 179 кредитів, вибіркових – 61 кредит. Цикл загальної підготовки охоплює 35 кредитів, цикл професійної підготовки – 205 кредитів, зокрема 30 кредитів практичної підготовки (3 навчальні та 4 виробничі практики).

З позицій ТРАСК-аналізу ключові нормативні дисципліни професійної підготовки розподіляються за компонентами, як показано в табл. 6.3. Як видно з таблиці, усі сім компонентів ТРАСК формує виробнича практика в закладах освіти; опорна методична дисципліна МНІ покриває п'ять із семи компонентів (без СК і ТСК). Це засвідчує, що інтеграція всіх компонентів у цілісну ТРАСК-систему відбувається лише у фінальній частині навчання (семестри VI–VIII), де центральну роль відіграють МНІ та виробнича практика.

Таблиця 6.3 – Відображення ключових дисциплін ОПП на компоненти ТРАСК

Дисципліна	СК	ТК	РК	ТСК	ТРК	РСК	ТРАСК	ЄКТС
МНІ	–	+	+	–	+	+	+	10
ЦТвО	–	+	–	–	+	–	–	6
Програмування	+	+	–	+	–	–	–	11
Вебпрограмування	+	+	–	+	–	–	–	5
Педагогіка	–	–	+	–	–	–	–	6
Психологія	–	–	+	–	–	–	–	6
РЦОР	–	+	–	–	+	–	–	3
STEM-практики в освіті	+	+	–	–	+	+	–	3
Практика в закладах освіти	+	+	+	+	+	+	+	12

Примітка. Кредити наведено за ОПП-2024; за силабусами наборів 2021–2023: МНІ – 14 кредитів, Вебпрограмування – 4 кредити.

Силабус МНІ передбачає 14 кредитів ЄКТС впродовж трьох семестрів (VI – екзамен, VII – залік, VIII – екзамен). Тематичний план охоплює три блоки: 1) загальна методика навчання інформатики (історія, підготовка до уроку, диференціація,

дистанційна підтримка); 2) зміст та методика навчання ІКТ у шкільному курсі інформатики; 3) зміст та методика навчання алгоритмізації та програмування. Інструментарій навчання включає LMS Moodle, Google Meet/Zoom, офісні пакети (Office 365, Google Документи), середовища програмування (Python, Pascal, Scratch, Jupyter Notebook), засоби комп'ютерної графіки (GIMP, Inkscape). Основу поточного контролю складають поурочні комплекси (розгорнутий план-конспект і навчальна презентація (або відео) і тест), проведення уроків та самоаналіз, розв'язання практичних задач.

Силабус ЦТВО передбачає 6 кредитів ЄКТС у I семестрі. Дисципліна є нормативною для суміжних предметних спеціальностей, що забезпечує формування базових ТК і ТРК для широкого кола майбутніх педагогів. Тематичний план ЦТВО охоплює п'ять блоків: мережні цифрові ресурси, текстові ЦР, табличні ЦР, графічні ЦР та мультимедійні ЦР. Система оцінювання: лабораторні роботи – 59 %, активна участь в аудиторній роботі – 17 %, самостійна робота – 24 %.

Аналіз семестрового розподілу ключових дисциплін (за структурно-логічною схемою ОПП) виявив, що СК-блок (Вступ до програмування, Програмування) зосереджений у семестрах I–IV, РК-блок (Педагогіка, Психологія) охоплює семестри I–II, а ТРАСК-інтеграційний блок (МНІ, виробнича практика в закладах освіти) припадає на семестри VI–VIII. Відстань між завершенням СК-блоку (IV семестр) та початком МНІ (VI семестр) складає один семестр, упродовж якого студенти не мають можливості практикувати інтеграцію ТК і РК. Дисципліна ЦТВО (I семестр) забезпечує ранній ТК-фундамент, проте її зміст не повертається в навчальний план на вищих курсах для поглиблення ТРК.

Аналіз ОПП та силабусів виявив такі структурні суперечності: *по-перше*, ТРАСК-інтеграція зосереджена в одній дисципліні (МНІ), що створює надмірне навчальне навантаження на семестри VI–VIII; *по-друге*, дисципліни СК-блоку (Програмування, Базы даних, Комп'ютерні мережі) та РК-блоку (Педагогіка, Психологія) вивчаються ізольовано без міждисциплінарних проєктів; *по-третє*, виробнича практика в закладах освіти є єдиним масштабним контекстом для реальної ТРАСК-інтеграції, проте передую їй недостатня практико-орієнтована підготовка в попередніх семестрах.

6.2.4. Аналіз використання LMS Moodle та стану цифрової компетентності у КДПУ

Перший напрям аналізу стану підготовки – використання LMS Moodle в освітньому процесі КДПУ [403]. За результатами опитування 75 науково-педагогічних працівників, здійсненого 12–18 березня 2020 р., виявлено: 75 % респондентів використовують Moodle, проте понад 20 % з них не мають досвіду проєктування курсів і використовують LMS лише для завантаження файлів. Викладачі віком до 30 років (зі стажем до 3 років) або старші 60 років потребують методичної допомоги значно частіше.

Кількісний аналіз контенту виявив структурні диспропорції: 80 % курсів містять переважно текстові ЦОР, тоді як аудіо- та відеоматеріали використовуються недостатньо. За формами навчання LMS застосовується нерівномірно (наведено частки основних форм; решту 19 % розподілено між іншими видами діяльності): самостійна робота – 46 %, іспити та заліки – 5 %, практичні заняття – 14 %, лабораторні – 11 %, лекції – лише 5 %. Отже, LMS Moodle використовувалася переважно для підтримки самостійної роботи та подання й перевірки робіт, значно рідше – для проведення занять. Основними бар'єрами викладачі назвали: брак часу (найчастіше), низький рівень ЦК, невідповідність технічного забезпечення.

За результатами аналізу прийнято рішення про впровадження типового Moodle-курсу [73], [402], що містить уніфіковану структуру: анотацію, силабус, розподіл балів, тематичні модулі з теоретичними матеріалами та практичними завданнями, підсумковий контроль.

По-друге, досліджено можливості використання МООС як засобу підвищення ЦК педагогічних працівників [90]. Виявлено, що платформи Prometheus, Coursera, EdEra забезпечують додатковий ресурс розвитку ЦК студентів і викладачів, проте їх використання має переважно стихійний характер: відсутні механізми інтеграції результатів МООС у систему оцінювання навчальних досягнень, що знижує мотивацію до систематичного використання.

По-третє, проаналізовано досвід моделювання уроків інформатики майбутніми вчителями [85]: студенти спроможні використовувати Google Forms та інші цифрові інструменти, проте відчують труднощі з комплексним проєктуванням уроку, що поєднує змістовий, технологічний та методичний компоненти, – це стало одним із ключових аргументів на користь цілеспрямованого формування ТРАСК

через практичну діяльність в авторській методичній системі.

Ширший національний контекст підтвердив системність виявлених суперечностей [414]: у 2020 р. перехід на дистанційне навчання ускладнювали дезорієнтація ЗВО у виборі платформ, нестабільне інтернет-з'єднання (особливо у сільській місцевості), низька самодисципліна здобувачів та слабка цифрова грамотність значної частини викладачів і студентів. До 2020–2021 н. р. ситуація покращилась: ЗВО перейшли на структуровані Moodle-курси, централізували навчання на єдиній платформі, підвищили рівень ЦК викладачів. КДПУ, що вже пройшов два етапи розгортання ЕОС (табл. 6.2), виявився відносно готовим до цього переходу, хоча якісне наповнення курсів потребувало суттєвого вдосконалення.

Систематизація виявлених проблем та відповідних заходів реагування наведена в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Систематизація проблем та заходів реагування на констатувальному етапі

Проблема	Показник	Відповідь системи
Низький рівень ЦК викладачів	Понад 20 % користувачів Moodle без досвіду проєктування курсів	Курси ІКТ (з 2014), відеоінструкції (40 відео)
Домінування текстових ЕОР LMS майже не використовується для проведення занять	80 % курсів – текстові 5 % на лекціях	Типовий курс з відеоблоками Стандартизація тематичних модулів
Низька готовність до дистанційного навчання	Дезорієнтація у виборі платформ	Централізація на Moodle КДПУ

Ширшим контекстом для проєктування методичної системи слугує всеукраїнське опитування за чотирма складниками ЦК на вибірці 344 респондентів (науково-педагогічних працівників, аспірантів та студентів-магістрантів ЗВО України) – тих учасників академічної спільноти, які визначають якість цифрової складової освітнього процесу. Отримані дані характеризують загальний стан ЦК у вітчизняній вищій освіті й слугують національною вихідною базою для проєктування методичної системи; власне діагностику студентів ЕГ і КГ КДПУ за критеріями та рівнями сформованості ЦК (п. 6.4) здійснено на початку формувального етапу (п. 6.4.1).

Дослідження *навчального складника* [61] виявило: серед LMS домінують Moodle (72 %) та Google Classroom (59 %), проте 8,1 % респондентів не використовують жодної LMS; серед сервісів для тестування – Google Forms (81 %), Classtime

(18 %), Kahoot! (32 %); серед MOOC-платформ – Prometheus (76 %) та Coursera (52 %); картки знань використовують менше третини респондентів. Молодші викладачі (25–35 років) більш схильні експериментувати з різними сервісами, тоді як старші надають перевагу перевіреним інструментам.

Дослідження *методичного складника* [62] (344 респонденти) засвідчило домінування продуктів Microsoft Office: MS Word використовують 333 особи (96,8 %), MS Excel – 330, MS PowerPoint – 332. Водночас значне проникнення мають хмарні сервіси Google: Документи – 288 (83,7 %), Таблиці – 229, Презентації – 217 осіб. Альтернативні інструменти (LaTeX, Prezi, Canva) мають значно меншу популярність.

Дослідницький складник ЦК [63] продемонстрував найнижчий рівень серед чотирьох компонентів: виявлено низьку обізнаність респондентів із наукометричними базами (Scopus, Web of Science) та інструментами аналізу наукової продуктивності, недостатню впевненість у дослідницьких навичках (пошук джерел, систематизація даних, академічне письмо).

Організаційно-виховний складник [66] виявив характерну ціннісну суперечність: респонденти визнають важливість розвитку ЦК для професійної діяльності, проте демонструють низьку мотивацію до цілеспрямованого саморозвитку в цій сфері, що вказує на відсутність системних стимулів і механізмів підтримки розвитку ЦК в освітньому середовищі ЗВО.

Розгорнуті результати компонентної діагностики наведено в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Результати компонентної діагностики ЦК ($n = 344$)

Складник	Інструмент/показник	Результат	Рівень проблеми
Навчальний	Не використовує жодної LMS	8,1 %	Середній
Навчальний	Знайомі з картами знань	<33 %	Високий
Методичний	Домінування MS Office	96,8 % (Word)	Середній
Методичний	Хмарні сервіси (Google Docs)	83,7 %	Низький
Дослідницький	Наукометричні інструменти	низька обізнаність	Високий
Організаційно-виховний	Мотивація до розвитку ЦК	низька	Високий

За результатами цієї контекстної діагностики розподіл рівнів ЦК складав (табл. 6.6, рис. 6.1): низький – 18 %, середній – 42 %, достатній – 31 %, високий – 9 %.

Компонентний аналіз вибірки 344 респондентів засвідчив нерівномірність розвитку складників ЦК [61]–[63], [66]: найрозвиненішим є методичний складник,

Таблиця 6.6 – Розподіл рівнів ЦК за всеукраїнським опитуванням академічної спільноти ($n = 344$)

Рівень	Частка респондентів
Низький	18 %
Середній	42 %
Достатній	31 %
Високий	9 %

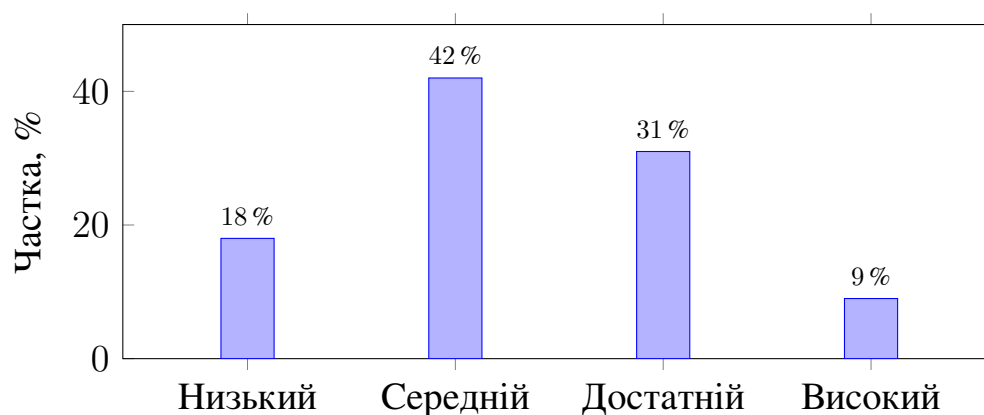


Рис. 6.1 – Розподіл рівнів ЦК за всеукраїнським опитуванням академічної спільноти ($n = 344$)

найслабшими – дослідницький та організаційно-виховний, що свідчить про відсутність системної роботи з формування дослідницької культури та ціннісного ставлення до ЦК. Ці дані визначили пріоритети формувального впливу методичної системи.

6.2.5. Дипломні роботи під керівництвом автора: ТРАСК-еволюція

Аналіз тематики та технологічного спрямування кваліфікаційних робіт, виконаних під науковим керівництвом автора протягом констатувального періоду (2014–2020), дає змогу простежити динаміку ТРАСК-формування студентів (табл. 6.7).

Як видно з табл. 6.7, кваліфікаційні роботи 2014–2018 рр. зосереджені виключно на парі СК і ТК, що зумовлює формування лише ТСК-компонента ТРАСК: усі вони присвячені розробці програмних продуктів (динамічні вебсайти, мобільний додаток для дошкільнят, адаптація вебінтерфейсів для осіб з порушеннями зору та кольоросприйняття) без педагогічної компоненти – відсутні РК, ТРК, РСК та інтегративний ТРАСК. Це відображає традиційну модель підготовки вчителя

Таблиця 6.7 – ТРАСК-характеристика кваліфікаційних робіт під керівництвом автора (2014–2020)

Рік	Тема (скорочено)	СК	ТК	РК	ТСК	ТРК	РСК	ТРАСК
2014	Вебсайт ветеринарної клініки	+	+	–	+	–	–	–
2014	Вебсайт весільного салону	+	+	–	+	–	–	–
2014	Вебсайт дитячої юнацької спортивної школи	+	+	–	+	–	–	–
2016	Мобільний додаток для вивчення математики	+	+	–	+	–	–	–
2018	Адаптація дизайну вебсайтів	+	+	–	+	–	–	–
2020	Хмарний ШКІ	+	+	–	+	+	–	–

інформатики, у якій технологічні вміння розвиваються ізольовано від педагогічного знання.

Перший зсув зафіксовано в роботі 2020 року [37], присвяченій розробці хмаро орієнтованого курсу шкільної інформатики. Ця робота, окрім СК і ТК, вперше включає елемент ТРК – інтеграцію хмарних технологій у процес навчання ШКІ, що свідчить про початок переходу від суто технологічних до технологічно-педагогічних тем.

У формувальний та контрольний періоди (2020–2024) тематика робіт під керівництвом автора зазнала якісних змін: у роботі [71] розроблено методичні засади КН інформатики в гімназії (ТРК і РСК); у [108] – інтерактивний онлайн-тренажер з математики для початкової школи (ТК і РК); повної ТРАСК-інтеграції досягають роботи 2024 року (табл. 6.19, п. 6.4). Ця еволюція – від ізольованого ТСК (2014–2018) через ТРК (2020) і ТРК+РСК (2021–2022) до інтегративного ТРАСК (2024) – ілюструє зміну, яку авторська методична система КН прагне систематизувати та відтворити для кожного випускника.

Отже, констатувальний етап дослідження (2015–2020) виявив низку взаємопов'язаних суперечностей:

- 1) ізольованість СК- та РК-блоків в ОПП при зосередженні ТРАСК-інтеграції в одній дисципліні (МНІ), що унеможливорює поступове формування інтегративних компетентностей упродовж усього терміну навчання;
- 2) використання LMS Moodle переважно для підтримки самостійної роботи та подання й перевірки робіт (46 % самостійної роботи, лише 5 % лекцій), а не як повноцінного навчального середовища КН;
- 3) низька готовність частини викладачів до КН (понад 20 % користувачів Moodle не мали досвіду проектування курсів) та домінування текстових ЦОР (80 % курсів), що узгоджується з даними контекстної діагностики всеукраїнської

академічної спільноти (сумарно 60 % із низьким та середнім рівнями ЦК);

- 4) відсутність педагогічної компоненти (РК, ТРК, РСК) у тематиці кваліфікаційних робіт 2014–2018 рр., що свідчить про ТСК-домінування в моделі підготовки.

Виявлені суперечності обґрунтували потребу в розробленні та впровадженні авторської методичної системи КН майбутніх учителів інформатики, спрямованої на інтеграцію всіх компонентів ТРАСК у єдину систему формування ЦК. Результати формувального етапу висвітлено у наступному підрозділі.

6.3. Формувальний етап педагогічного експерименту

6.3.1. Мета, гіпотеза та завдання формувального етапу

Формувальний етап експерименту (2020–2023 рр.) мав на меті практичну реалізацію авторської методичної системи КН (розділ 5) в освітній процес підготовки майбутніх учителів інформатики та емпіричну перевірку її ефективності.

Гіпотеза. Впровадження авторської методичної системи КН забезпечить статистично значуще підвищення рівня ЦК майбутніх учителів інформатики за чотирма критеріями (когнітивним, операційно-діяльнісним, мотиваційно-ціннісним, рефлексивно-оцінювальним). Передумовою формулювання гіпотези стали суперечності, виявлені на констатувальному етапі (п. 6.1) [408]; емпіричну перевірку гіпотези за чотирма критеріями подано у п. 6.4.

Завдання формувального етапу:

1. Розгорнути LMS-інфраструктуру за типовим курсом (п. 5.1).
2. Забезпечити модель синхронно-асинхронної взаємодії (п. 5.2).
3. Реалізувати наскрізний розвиток ЦК за DigCompEdu (п. 5.3).
4. Впровадити мікровикладання у КН-середовищі (п. 5.4).
5. Реалізувати ТРАСК-градуйоване проєктне навчання (п. 5.5).
6. Інтегрувати імерсивні технології (п. 5.6).
7. Забезпечити конвеєр програмування (п. 5.7).
8. Здійснювати моніторинг та адаптацію методичної системи на основі LA.

Хронологічний контекст. Формувальний етап реалізовувався в умовах двох системних криз – пандемії COVID-19 (з березня 2020) та повномасштабного

вторгнення (з лютого 2022), які не лише не зупинили впровадження, а й підтвердили стійкість КН як освітньої парадигми [409]; заходи адаптації висвітлено у п. 6.3.7.

6.3.2. Розгортання інфраструктури LMS Moodle

Відповідно до методики п. 5.1 LMS-інфраструктуру розгорнуто на основі типового Moodle-курсу [73], [402] у чотири хвили (табл. 6.8).

Таблиця 6.8 – Хронологія розгортання Moodle-курсів формувального етапу

Хвиля	Період	Курси	Тригер	К-ть	Архетипи
1	березень 2020	МНІ (Частина I), МНІ (Частина II)	COVID-19	2	2 КІ
2	жовтень 2020	ШКІ (Частина I), ШКІ (Частина II)	Новий н. р.	2	1 КІ + 1 Мін
3	березень 2021	МНІ (Частина III)	2-й семестр	1	1 Мін
4	вересень 2021	ЦТВО	Міжспец.	1	1 ЗО

Хвиля 1 була аварійною: курс МНІ (Частина I) створено 24 березня 2020 р. – протягом двох тижнів після оголошення карантину, а МНІ (Частина II) долучено 30 березня; хвилі 2–4 поетапно розширили охоплення на дисципліни шкільного курсу інформатики та міжфакультетський курс ЦТВО.

Типологія курсів. За архетипом [408]: 3 контентно-інтерактивних (КІ), 2 мінімальних (Мін), 1 завдання-орієнтований (ЗО). Різноманітність архетипів є свідомим рішенням: мінімальні курси доцільні для дисциплін із значною аудиторною складовою, контентно-інтерактивні – для дисциплін методичного циклу з розгорнутим банком питань.

Структурна узгодженість. Аналіз відповідності 4 канонічним елементам типового курсу (загальна інформація, ≥ 3 тематичні секції, тестування, відвідуваність) показав: 1 курс – 4/4 (повна узгодженість), 2 курси – 3/4, 3 курси – 2/4; середній бал – 2,7/4. За окремими елементами: загальна інформація (section_0) – 1/6 курсів; тематичні секції – 6/6; тестування (quiz) – 5/6; відстеження відвідуваності – 4/6. *Обмеження:* відстеження відвідуваності впроваджено лише в курсах МНІ (Частини I–III) та ЦТВО; для інших курсів облік здійснювався аудиторно.

Шкала оцінювання МНІ (Частина I) (еталонний курс): лабораторні – 30 б., практичні – 14 б., самостійна робота – 5 б., активність на лекціях – 8 б., тестування (quiz) – 13 б. = 70 б. поточного контролю + 30 б. екзамен. Банк питань – 386 завдань у 28 категоріях (найбільша – «Загальна методика», 98 завдань).

Кількісна характеристика. Загалом у 6 курсах: 122 завдання, 18 тестів,

1258 питань, 242 елементи курсів. Аналіз використання Moodle [403] засвідчив, що після впровадження типового курсу суттєво зросла як кількість, так і якість електронних навчальних курсів.

Характеристику 6 курсів Moodle формувального етапу відображає табл. 6.9.

Таблиця 6.9 – Характеристика Moodle-курсів у формувальному етапі експерименту

Курс	Се- местр	Розгорнуто	Архетип	Елемен- тів	Банк питань	Потенційна робота, балів	Узгодже- ність (з 4)
МНІ (Частина I)	VI	березень 2020	Контентно- інтерактивний	46	386	70	4
МНІ (Частина II)	VII	березень 2020	Контентно- інтерактивний	37	381	—	3
МНІ (Части- на III)	VIII	березень 2021	Мінімальний	36	124	—	3
ЦТвО	I	вересень 2021	Завдання- орієнтований	32	5	—	2
ШКІ (Частина I)	I	жовтень 2020	Контентно- інтерактивний	69	124	—	2
ШКІ (Частина II)	II	жовтень 2020	Мінімальний	22	238	—	2

6.3.3. Реалізація моделі синхронно-асинхронної взаємодії

Відповідно до методики п. 5.2 (модель CoI, принципи FIRST, коефіцієнт асинхронності), реалізовано баланс синхронної та асинхронної складових КН [407].

Коефіцієнт асинхронності. Коефіцієнт асинхронності визначається як $k_a = N_{\text{async}}/N_{\text{total}}$ – частка асинхронних елементів у загальній кількості елементів курсу (за кількістю елементів, а не за навчальним часом; пор. п. 5.2). Орієнтовним коридором для КН-середовища прийнято значення 0,5–0,8 (авторський орієнтир, узгоджений зі співвідношенням аудиторної і самостійної роботи навчального плану). Табл. 6.10 та рис. 6.2 узагальнюють баланс синхронної/асинхронної взаємодії: від 0,444 (МНІ (Частина III) – нижче коридору через переважання синхронних елементів у завершальній частині курсу) до 0,727 (ШКІ (Частина II) – самостійно-орієнтований курс); середнє значення 0,63 лежить у межах коридору.

Синхронна присутність. 5 із 6 курсів містять посилання на Google Meet або Zoom для синхронних занять. Єдиний курс без синхронних посилань (ШКІ (Частина II)) належить до ранніх розгортань, коли синхронний компонент ще не було

Таблиця 6.10 – Баланс синхронної/асинхронної взаємодії у Moodle-курсах

Курс	Семестр	Коефіцієнт асинхронності	Синхронні посилання	Дискусійні форуми	Архетип
МНІ (Частина I)	VI	0,630	1 (Meet)	0	КІ
МНІ (Частина II)	VII	0,595	2 (Meet)	0	КІ
МНІ (Частина III)	VIII	0,444	2 (Meet+Zoom)	0	Мін
ЦТвО	I	0,719	2 (Zoom)	0	ЗО
ШКІ (Частина I)	I	0,638	3 (Meet)	0	КІ
ШКІ (Частина II)	II	0,727	0	0	Мін
Разом / Середнє		0,626	5 із 6 областей	0/6	

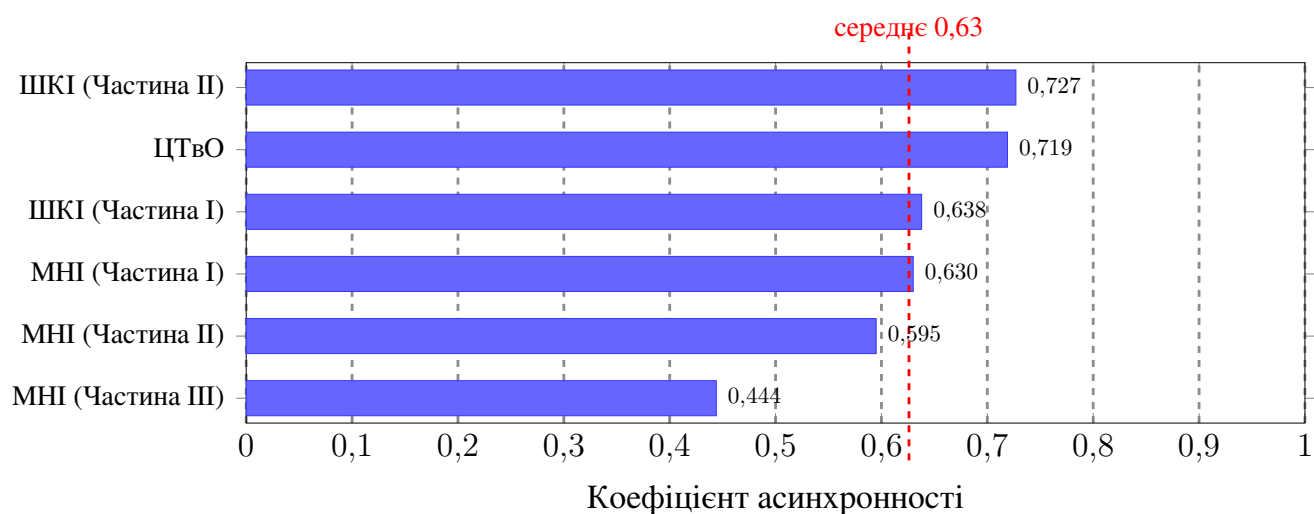


Рис. 6.2 – Розподіл коефіцієнта асинхронності Moodle-курсів

стандартизовано у структурі курсу.

Реалізація КН здійснювалася за моделлю «перевернутого класу» [406], [408]: теоретичний матеріал подавався асинхронно через Moodle (сторінки, URL-посилання на відео), аудиторний час звільнявся для практичної роботи – лабораторних, проектних завдань, мікрОВикладання. Когнітивна присутність (за СоІ) забезпечувалася через завдання та тести, викладацька присутність – через структуру курсу та новинні форуми.

Обмеження: соціальна присутність. Жоден із 6 курсів не містить дискусійних форумів (наявні лише 6 новинних форумів, по одному на курс). Соціальна присутність за моделлю СоІ – найслабша складова в реалізованому КН-середовищі. Компенсація здійснювалася через аудиторну взаємодію та Telegram-канали, що не фіксується в даних LMS. Це визначено як пріоритетний напрям удосконалення.

6.3.4. Впровадження мікрОВикладання у середовищі комбінованого навчання

Відповідно до методики п. 5.4 (3-фазний КН-цикл мікрОВикладання, ТРАСК-протокол спостереження), реалізовано систему мікрОВикладання у 3 курсах [408].

Таблиця 6.11 – Реалізація мікрОВикладання у Moodle-курсах формувального етапу

Завдання	Курс	Семестр	Фаза КН-циклу	Балів
Урок №1	МНІ (Частина I)	VI	підготовка	4
Урок №2	МНІ (Частина I)	VI	проведення	4
Урок №3	МНІ (Частина I)	VI	проведення	4
Аналіз/Самоаналіз уроку	МНІ (Частина I)	VI	рефлексія	2
Лабораторна робота: Проведення та аналіз уроків	МНІ (Частина I)	VI	рефлексія	2
Проведення та ЦОР до уроку	МНІ (Частина II)	VII	інтеграція	8
Проведення та самоаналіз уроку	МНІ (Частина III)	VIII	рефлексія	10

Семестрова прогресія. МікрОВикладання еволюціонує від максимально структурованого (семестр VI: три послідовні уроки з рефлексивним аналізом) через інтеграцію ЦОР у структуру уроку (семестр VII) до самостійного самоаналізу як вищого рівня рефлексії (семестр VIII); загалом – 7 завдань у 3 курсах на суму 34 бали.

МікрОВикладання є єдиним видом діяльності, що одночасно активує всі три компоненти ТРАСК: СК (зміст уроку), РК (методика проведення), ТК (використання цифрових інструментів). Моделювання уроків реалізувалося як навчально-методична гра [142] з використанням Google Forms для збирання зворотного зв'язку [85].

Обмеження: модуль Workshop. Усі 7 завдань мікрОВикладання реалізовано через елемент Assign, а не через Workshop, як передбачено фазою 3 методики п. 5.4. Взаємне оцінювання здійснювалося аудиторно (усна дискусія під час навчально-методичної гри), а не через відповідний механізм Moodle. Це зменшило документальну фіксацію рефлексивного процесу, хоча сам процес відбувався.

6.3.5. Формування цифрової компетентності за DigCompEdu

Методика п. 5.3 передбачає наскрізне формування ЦК за рамкою DigCompEdu (прогресія від рівня A1 до рівня C1). Відповідно до неї реалізовано

покриття 5 із 6 областей DigCompEdu у системі Moodle-курсів [65].

Якірний курс ЦТвО. Курс «Цифрові технології в освіті» (семестр I, 8 секцій, 22 завдання) є точкою входу в систему формування ЦК: його секції безпосередньо відповідають областям DigCompEdu (табл. 6.12); область 4 (оцінювання) не закріплена за окремою секцією, а реалізується наскрізно через тести та завдання в усіх курсах.

Таблиця 6.12 – Покриття областей DigCompEdu курсами формувального етапу

Область DigCompEdu	ЦТвО	МНІ (Частина I)	МНІ (Частина II)	МНІ (Частина III)	ШКІ (Частина I)
1. Професійна залученість	•	•	•	•	
2. Цифрові ресурси	•	•	•		•
3. Навчання і викладання	•	•	•	•	
4. Оцінювання	тест	тест	тест	тест	тест
5. Розширення можливостей	•		•		•
6. Сприяння ЦК учнів	•				•

Інтеграція МООС. Масові відкриті онлайн-курси [90] інтегровано як додатковий ресурс формування ЦК (про їх поширеність в академічній спільноті КДПУ – п. 6.1); сертифікати МООС зараховувалися як елемент портфоліо цифрових досягнень.

Проблеми впровадження. Аналіз проблем використання ІКТ у підготовці вчителів [82] засвідчив: недостатню інтеграцію між ЦТвО (загальна ЦК) та МНІ (предметна ЦК); потребу в системі цифрових ідентифікаторів для формування академічної видимості студентів.

6.3.6. Конвеєр програмування та проєктне навчання

Відповідно до методик п. 5.7 (5-етапний конвеєр програмування) та п. 5.5 (ТРАСК-градуїована таксономія PBL), реалізовано систему послідовного формування програмістської компетентності.

Якірний курс ШКІ (Частина I). Курс «Шкільний курс інформатики (Частина I)» (29 секцій, 34 завдання, 6 тестів, 124 питання) охоплює повний цикл: від загальної ІКТ-грамотності та HTML (1-й семестр, секції 1–10) через алгоритмізацію (секції 12–22: лінійні, розгалужені й циклічні алгоритми, масиви та підпрограми) до ООП, текстових даних, файлів та графіки (секції 24–29).

Обмеження. Повний конвеєр програмування охоплює понад 20 дисциплін протягом 5 років навчання; лише 2 з них (ШКІ (Частини I–II)) входять до аудиту 6 Moodle-курсів формульовального етапу. Етапи 1–3 (Python, C, C#) реалізувалися через спеціалізовані курси, що не були об’єктом резервного копіювання у рамках даного дослідження.

Проектне навчання. Завдання у категоріях «лабораторні» та «самостійна робота» реалізують елементи PBL: студенти виконують проекти наростаючої складності. Кваліфікаційні роботи під керівництвом автора є підсумковими PBL-артефактами: аналіз навчальної програми з інформатики [37], КН-методика для гімназії [71], інтерактивний тренажер [109].

Інтеграція імерсивних технологій (п. 5.6). AR/VR-інтеграція у формульовальному етапі документована через публікації та студентські проекти, а не через контент Moodle-курсів безпосередньо. Водночас структура мікрОВикладацьких завдань МНІ (Частина I) уможлиблює інтеграцію імерсивних елементів у розроблювані студентами уроки.

6.3.7. Адаптація до кризових умов

Формульовальний етап реалізовувався в умовах двох системних криз, що стали одночасно викликом та емпіричною перевіркою стійкості методичної системи [409], [499].

COVID-19 (2020–2021). Перехід на дистанційне навчання у березні 2020 р. став тригером аварійного розгортання Moodle-інфраструктури (табл. 6.13; інституційний контекст – п. 6.1). Асинхронний коефіцієнт 0,63 забезпечив вбудовану стійкість: при переході на дистанційний формат студенти вже мали сформоване асинхронне середовище, що суттєво знизило транзакційні витрати адаптації [414]. Порівняння 2019–2020 та 2020–2021 н. р. засвідчило покращення структури курсів, стандартизацію платформи та підвищення ЦК викладачів. Хронологію розгортання Moodle-курсів формульовального етапу подано на рис. 6.3.

Воєнний стан (після лютого 2022 р.). Опитування 331 студента з 13 ЗВО [511] засвідчило проблеми стабільного інтернет-з’єднання, обмежений доступ до стаціонарних комп’ютерів, регіональну диференціацію умов навчання. Впроваджено додаткові заходи (табл. 6.13): обов’язковий відеозапис усіх онлайн-занять; асинхронні альтернативи для кожного синхронного заняття; гнучкі терміни подання

робіт; забезпечення офлайн-доступу через Moodle Mobile; резервна комунікація через Telegram; адаптація розкладу з урахуванням повітряних тривог.

Таблиця 6.13 – Заходи адаптації методичної системи до кризових умов

Криза	Період	Виклик	Захід	Свідчення
COVID-19	березень 2020	Аварійний перехід	2 курси за два тижні	МНІ (Частина І): 24.03.2020
COVID-19	2020–2021	Компетентність	40 відеоінструкцій	Дані п. 6.1
COVID-19	2020–2021	Масштаб	593→2000+ курсів	табл. 6.2
COVID-19	2020–2021	Безперервність	Коефіцієнт асинхронності 0,63	Аудит Moodle
Воєнний стан	лютий 2022+	Нестабільне з'єднання	Відеозапис занять	331 студент, 13 ЗВО
Воєнний стан	2022+	Обмежений доступ	Асинхронні альтернативи	Гнучкі дедлайни
Воєнний стан	2022+	Психологічний стрес	Офлайн + Telegram	Адаптація розкладу
Воєнний стан	2022+	Повітряні тривоги	Корекція розкладу	[76]

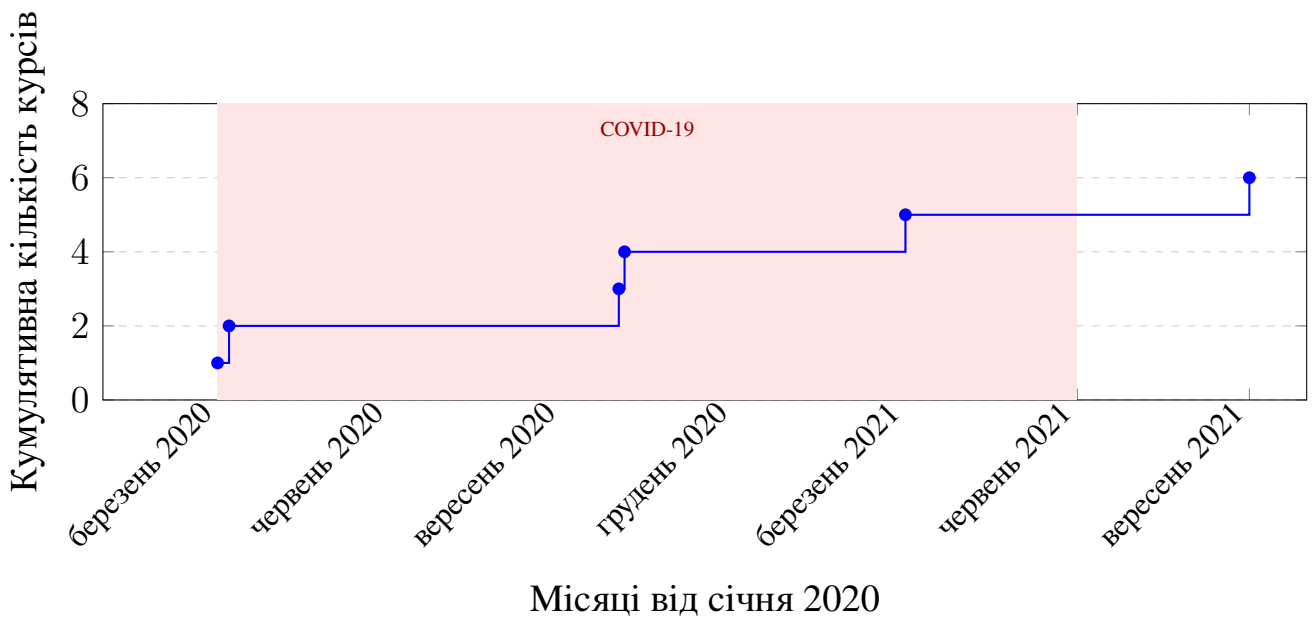


Рис. 6.3 – Хронологія розгортання Moodle-курсів формувального етапу

SWOT-аналіз впровадження. Авторський SWOT-аналіз [75], [76] серед сильних сторін виявив гнучкість, персоналізацію та вбудовану стійкість до криз, а серед слабких – відсутність дискусійних форумів, нерівномірну структурну узгодженість курсів, обмежену документальну фіксацію взаємного оцінювання та недостатнє відстеження відвідуваності, що визначило напрями моніторингу.

6.3.8. Моніторинг, коригування та якісні індикатори

Моніторинг процесу КН здійснювався на основі LA LMS Moodle, результатів проміжних діагностик, зворотного зв'язку від студентів та аналізу кваліфікаційних робіт.

ЛА. Багатовимірний аналіз 985 курсів [503] дав змогу виокремити чотири типи проєктування курсів. Інформаційні компоненти, що відображають викладацьку присутність, виявилися найсильнішим чинником прогнозування відмінної успішності ($\beta = 0,41$; β – стандартизований коефіцієнт шляху), тоді як поєднання навчальної діяльності і засобів спілкування підтримує досягнення задовільних результатів. Аналіз 3684 курсів [502] засвідчив, що різноманітність навчальних ресурсів є значущим чинником зниження рівня неуспішності; для студентів заочної форми навчання ефективнішими виявилися навчальні пакети SCORM, а для студентів очної форми – курси з розвиненими засобами спілкування.

Аналіз вибору вибіркового дисциплін. Дослідження моделей вибору 1089 студентів [488] виявило чотири групи студентів із різними стратегіями. Доступність інформації про курси, відповідність кар'єрним цілям і якість викладання визначено як значущі чинники задоволеності студентів. Отримані результати використано для вдосконалення каталогу вибіркового дисциплін.

Структурний моніторинг Moodle-курсів. Середній рівень узгодженості курсів становив 2,7 із 4, що свідчить про часткову відповідність структури Moodle-курсів заданим вимогам: ключовим розривом є недостатнє використання відстеження відвідуваності (4/6), вторинним – неповнота загальної інформації про курс (1/6). Коригувальним заходом визначено пріоритетне впровадження модуля «Відвідуваність» у наступній ітерації.

У табл. 6.14 систематизовано показники моніторингу та відповідні коригувальні заходи.

Якісні індикатори: еволюція ТРАСК у кваліфікаційних роботах. Тематична еволюція кваліфікаційних робіт під керівництвом автора є якісним свідченням дозрівання методичної системи.

Захищено 5 робіт констатувального етапу (2014–2018) із переважанням СК і ТК (веброзробка [53], [123], [140], мобільний додаток [50], вебдоступність [26], [105]), 3 роботи формуального етапу (2020–2023) з інтеграцією ТРК і РСК (хмарний курс ШКІ [37], LMS-порівняння [38], КН-методика для гімназії [71]) та 2 роботи

Таблиця 6.14 – Індикатори моніторингу та коригувальні дії формувального етапу

Індикатор	Джерело	Значення	Поріг	Коригувальна дія	Результат
Структурна узгодженість	Аудит	2,7/4	3/4	Додати відвідуваність	Пріоритет
Дискусійні форуми	Аудит	0/6	≥ 1	Telegram + аудиторні	Компенсація
Коефіцієнт асинхронності	Аудит	0,63	0,5–0,8	Без корекції	У нормі
Викладацька присутність	985 курсів	$\beta=0,41$	–	Збільшити контент	↑ успішність
Ресурсна різноманітність	3684 курси	значуще	–	Диверсифікація	↓ неуспішність
Вибір дисциплін	1089 студентів	4 сегменти	–	Оптимізація каталогу	↑ задоволеність
ТРАСК кваліфікаційних робіт	10 робіт	СК→ТРАСК	≥ 3	Градуйовані теми	4/4 у 2024
Мікровикладання	3 курси	7 завдань	Workshop	Аудиторне взаємодіювання	Компенсація

контрольного етапу (2024) з повною ТРАСК-інтеграцією та соціальною релевантністю (тренажер із гейміфікацією [109], українсько-польський перекладач [413]). Індивідуальні траєкторії нарощування ТРАСК-складності ([37] – [38]; [108] – [109]) докладно проаналізовано у п. 6.4.5.

Дистанційну підтримку КН інформатики поширено й на рівень шкільної інформатики (методика для 5 класу) [71], що забезпечує наступність між підготовкою вчителя та його подальшою професійною діяльністю.

6.4. Контрольний етап педагогічного експерименту

Контрольний етап експерименту (2024 р.) передбачав підсумкове оцінювання результативності впровадження методичної системи КН (розділ 5) за визначеними критеріями ЦК, статистичне обґрунтування та інтерпретацію отриманих даних.

6.4.1. Характеристика вибірки та інструментарій контрольного етапу

Контрольний зріз здійснювався серед студентів спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика) бакалаврського рівня КДПУ (дизайн – табл. 6.1, принципи формування груп – п. 6.1): ЕГ ($n_e = 68$) навчалася за авторською методичною системою КН протягом формувального етапу (2020–2023), КГ ($n_k = 72$) – за

традиційною методикою без систематичної КН-інтеграції. Загальний обсяг вибірки – 140 осіб.

Базову еквівалентність груп перевірено за результатами вхідної діагностики студентів обох груп за критеріями та рівнями, узгодженими з констатувальним етапом (п. 6.1): розподіли рівнів ЦК не мали статистично значущих відмінностей ($p > 0,05$). Обидві групи сформовано зі студентів однієї спеціальності, одного рівня вищої освіти та схожої демографічної структури (табл. 6.15).

Таблиця 6.15 – Характеристика вибірки контрольного етапу

Параметр	ЕГ	КГ
Кількість учасників	68	72
Курс навчання	I–IV	I–IV
Вхідний рівень ЦК (достатній + високий)	40 %	39 %

Для комплексної оцінки ЦК майбутніх учителів інформатики обґрунтовано систему критеріїв та показників, що охоплюють когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний та рефлексивно-оцінювальний критерії. Виділено чотири рівні сформованості – низький, середній, достатній та високий.

Інструментарій вимірювання за кожним критерієм наведено у табл. 6.16: знаннєвий тест і практичні завдання побудовано на банках питань Moodle-курсів (п. 6.3.2), рефлексивно-оцінювальний критерій вимірює відхилення самооцінки від експертної оцінки (менше – краще) [127].

Таблиця 6.16 – Інструменти вимірювання за критеріями ЦК

Критерій	Інструмент	Шкала	Кількість завдань	Джерело
Когнітивний	Знаннєвий тест	0–100 балів	1258 питань	Moodle quiz
Операційно-діяльнісний	Практичні завдання	0–100 %	122 завдання	Moodle assign
Мотиваційно-ціннісний	Анкетне опитування	% дост. + вис.	20 питань	Авторська анкета
Рефлексивно-оцінювальний	Самооцінка – експертна	бали (0+)	15 завдань	Авторська методика

Психометричні вимоги до діагностичного інструментарію, задекларовані під час проектування системи моніторингу (п. 4.2.3: $\alpha \geq 0,7$ для шкал внутрішньої узгодженості, $\kappa \geq 0,6$ для рубрик, змістова валідність через експертне оцінювання), на контрольному етапі реалізовано частково. Змістову валідність забезпечено конструюванням інструментів на матеріалі, що покриває весь зміст підготовки:

знаннявий тест і практичні завдання побудовано на банках 6 Moodle-курсів (1258 питань, 122 завдання), а показники анкети та експертної оцінки прямо співвіднесено з критеріями й рівнями, точно визначеними до початку вимірювань (п. 6.1, табл. 6.16). Водночас коефіцієнти надійності авторських інструментів (α Кронбаха для анкети, κ для міжекспертної згоди) не обчислювалися: первинні протоколи окремих відповідей не збереглися, доступними є лише агреговані розподіли. Компенсаторами цього обмеження слугують тріангуляція результатів трьома незалежними потоками доказів (п. 6.4.4) та об'єктивні журнали LA, що не залежать від оцінювача; саме обмеження зафіксовано у переліку обмежень дослідження (п. 6.4.6) і визначає напрям подальшої психометричної валідазації інструментарію.

Статистичну обробку здійснено за допомогою t -критерію Стюдента для незалежних вибірок ($df = n_e + n_k - 2 = 138$), критерію χ^2 Пірсона для порівняння частотних розподілів рівнів ЦК, z -критерію для часток (мотиваційно-ціннісний критерій) та розмірів ефекту Коена – d для середніх і h для часток – для оцінки практичної значущості (п. 6.1).

6.4.2. Діагностика рівня цифрової компетентності за критеріями

Ефективність розробленої методичної системи перевіряли, порівнюючи результати вхідної та підсумкової діагностики. Зведені кількісні результати, доповнені приростом (Δ) та розміром ефекту (d), наведено у табл. 6.17.

Розмір ефекту Коена обчислено за формулою $d = t \times \sqrt{1/n_e + 1/n_k}$, де $n_e = 68$, $n_k = 72$. Інтерпретація: $d \geq 0,8$ – великий ефект, $0,5 \leq d < 0,8$ – середній, $d < 0,5$ – малий [19].

За *когнітивним критерієм* різниця між групами на контрольному етапі статистично значуща ($t = 4,87$; $p < 0,001$; $d = 0,82$ – великий ефект); приріст $\Delta_E = +17,8$ балів пов'язуємо з систематичним тестуванням у Moodle-курсах МНІ ($386 + 381 + 124 = 891$ питання у трьох частинах, табл. 6.9) та наскрізною прогресією формування ЦК (п. 5.3).

За *операційно-діяльнісним критерієм* зафіксовано найбільший приріст ($\Delta_E = +26,5$ п. п.; $t = 5,21$; $p < 0,001$; $d = 0,88$ – великий ефект), що пояснюється практико-орієнтованим характером методичної системи: 122 завдання у 6 курсах (п. 6.3.2), 7 завдань мікрОВикладання (п. 6.3.4), ТРАСК-градуйоване проєктне навчання (п. 5.5).

Таблиця 6.17 – Результати педагогічного експерименту за критеріями ЦК

Критерій	ЕГ до	КГ до	ЕГ після	КГ після	Δ_E	Δ_K	t/z	p	d
Когнітивний	58,3	57,9	76,1	62,4	+17,8	+4,5	4,87	<0,001	0,82
Операційно-діяльнісний	52,1 %	51,8 %	78,6 %	59,3 %	+26,5	+7,5	5,21	<0,001	0,88
Мотиваційно-ціннісний	38 %	37 %	71 %	44 %	+33	+7	3,23 [†]	<0,01	0,55 [†]
Рефлексивно-оцінювальний	1,8	1,7	0,6	1,3	-1,2	-0,4	3,52	<0,001	0,60
Інтегральний	40 %	39 %	63 %	46 %	+23	+7	-	-	-

Примітка. Рефлексивно-оцінювальний – відхилення самооцінки від експертної (менше – краще); для t -критеріїв $df = 138$. [†]Для мотиваційно-ціннісного критерію (частки) застосовано z -критерій для часток, розмір ефекту – h Коена; z та h розраховано за округленими частками 71 % і 44 %; за цілими частотами (48 із 68 та 32 із 72) $z = 3,12$, $h = 0,54$ – висновок незмінний.

За мотиваційно-ціннісним критерієм: частка студентів з достатнім та високим рівнями мотивації в ЕГ зросла з 38 % до 71 %, у КГ – з 37 % до 44 % (оскільки показник є часткою, застосовано z -критерій для порівняння часток ЕГ і КГ після експерименту: $z = 3,23$; $p < 0,01$; розмір ефекту h Коена = 0,55 – середній ефект). Зростання на 33 п. п. засвідчує ефективність інтеграції реального контексту – мікрОВкладання (п. 5.4), проєктна діяльність (п. 5.5), соціально значуща тематика кваліфікаційних робіт – у навчальний процес [408].

За рефлексивно-оцінювальним критерієм (зворотна шкала: менше – краще) відхилення самооцінки від експертної зменшилося суттєвіше в ЕГ ($t = 3,52$; $p < 0,001$; $d = 0,60$ – середній ефект), що засвідчує підвищення рефлексивності, пов'язане із систематичним самоаналізом уроків у МНІ (Частини І–ІІІ) (п. 6.3.4).

Інтегральний показник зріс на 23 п. п. в ЕГ (з 40 % до 63 % студентів із високим та достатнім рівнями), тоді як у КГ – на 7 п. п. (з 39 % до 46 %). Порівняння показників ЕГ і КГ до та після експерименту за всіма чотирма критеріями візуалізовано на рис. 6.4.

6.4.3. Аналіз результатів контрольного експерименту за архетипами Moodle-курсів

Для з'ясування зв'язку між проєктуванням курсів та навчальними результатами зіставлено агреговані характеристики трьох архетипів Moodle-курсів форму-

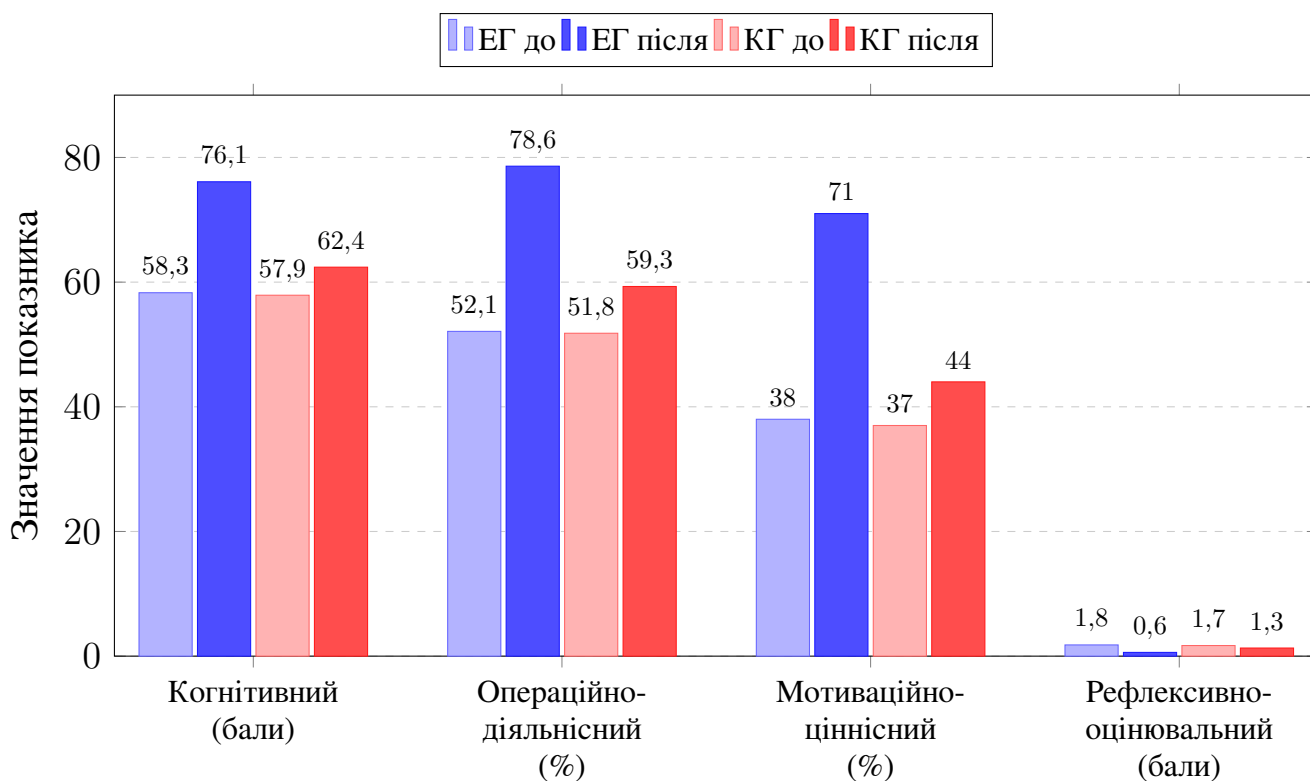


Рис. 6.4 – Порівняння рівнів сформованості ЦК за критеріями (ЕГ і КГ, до і після експерименту)

вального етапу (табл. 6.18; вихідні дані аудиту – табл. 6.9) з отриманими приростами за критеріями ЦК.

Таблиця 6.18 – Агрегована характеристика архетипів Moodle-курсів

Архетип	Курсів	Елементів	Банк питань	Викладацька присутність	Очікуваний ефект
Контентно-інтерактивний	3	152	891	Високий	Найвищий
Мінімальний	2	58	362	Середній	Середній
Завдання-орієнтований	1	32	5	Низький	Базовий
Разом	6	242	1258		

Курси *контентно-інтерактивного* (КІ) архетипу (МНІ (Частини І–ІІ), ШКІ (Частина І)) характеризуються найбільшими банками питань (у середньому 297 питань на курс), найвищою кількістю елементів (у середньому 51 на курс) та систематичною тестовою діагностикою. Саме ці курси забезпечують основну ТРАСК-інтеграцію – мікровикладання (п. 6.3.4), проєктне навчання (п. 5.5), наскрізне формування ЦК (п. 5.3).

За даними навчальної аналітики (п. 6.3.8) «інформаційна присутність викладача» ($\beta = 0,41$) [503] є найсильнішим предиктором відмінної успішності –

саме КІ-архетип демонструє найвищий рівень цього показника, а різноманітність ресурсів [502] значуще знижує неуспішність.

Курси МНІ (семестри VI–VIII) належать переважно до КІ-архетипу; саме з ними пов'язуємо найбільший внесок у приріст за когнітивним (+17,8) та операційно-діяльнісним (+26,5) критеріями (непряме свідчення навчальної аналітики). *Мінімальні* курси (МНІ (Частина III), ШКІ (Частина II)) виконують допоміжну функцію, а *завдання-орієнтований* ЦТвО (семестр I) забезпечує базовий ТК-фундамент для всіх спеціальностей. Семестрова прогресія – від структурованого мікрОВикладання (VI семестр) через інтеграцію ЦОР (VII семестр) до самостійного самоаналізу (VIII семестр) – відповідає моделі СоІ із поступовим збільшенням когнітивної присутності студента [408].

Середній коефіцієнт асинхронності 0,63 (табл. 6.10) забезпечив стабільне навчальне середовище: студенти мали доступ до матеріалів незалежно від обмежень синхронного зв'язку [403].

6.4.4. Тріангуляція результатів

Валідність кількісних результатів підтверджено через тріангуляцію трьох незалежних джерел доказів: LA Moodle, даних систематичного огляду (розділ 2) та аналізу стійкості до кризових умов:

1. *LA Moodle* (п. 6.3.8). Найсильніший предиктор відмінних оцінок – «інформаційна присутність викладача» ($\beta = 0,41$) [503] – узгоджується із зростанням когнітивного (+17,8) та операційно-діяльнісного (+26,5) критеріїв, оскільки контентно-інтерактивні курси МНІ мають найвищий рівень цього показника; значущість різноманітності ресурсів для зниження неуспішності [502] підтверджує доцільність різноманітних типів елементів у 6 курсах; предиктори задоволеності студентів [488] корелюють із зростанням мотиваційно-ціннісного критерію (+33 п. п.).
2. *Тріангуляція через систематичний огляд*. Результати експерименту узгоджуються із тенденціями, виявленими у систематичному огляді (розділ 2): колаборативне навчання (61,3 % досліджень) реалізовано через мікрОВикладання (п. 5.4); рефлексивна практика (44,7 %) відображена у рефлексивно-оцінювальному критерії ($d = 0,60$); проєктне навчання (47,3 %) реалізовано через ТРАСК-градуйовані проєкти (п. 5.5) [406], [407]. КН як самостій-

ний предмет дослідження зафіксовано у 19,3 % досліджень систематичного огляду із зростаючою тенденцією, що підтверджує актуальність обраного підходу [408]. Обмеження: взаємне оцінювання (9 % у систематичному огляді) не реалізовано через модуль Workshop (0 з 6 курсів, п. 6.3.4) – це визнано пріоритетним напрямом удосконалення.

3. *Стійкість до кризових умов.* COVID-19 (2020) та повномасштабне вторгнення (2022+) стали природним експериментом, що підтвердив стійкість КН [409], [499]; вбудовану стійкість забезпечив коефіцієнт асинхронності 0,63 (табл. 6.10; п. 6.3.7). Опитування 331 студента з 13 ЗВО [511] підтвердило системність виявлених проблем та ефективність обраних заходів адаптації (табл. 6.13). Студенти, що пережили обидві кризи, продемонстрували приріст за всіма критеріями – це свідчить про стійкість методичної системи. Конвергенцію трьох незалежних потоків доказів – кількісної діагностики, LA та якісної тріангуляції – узагальнено на рис. 6.5.

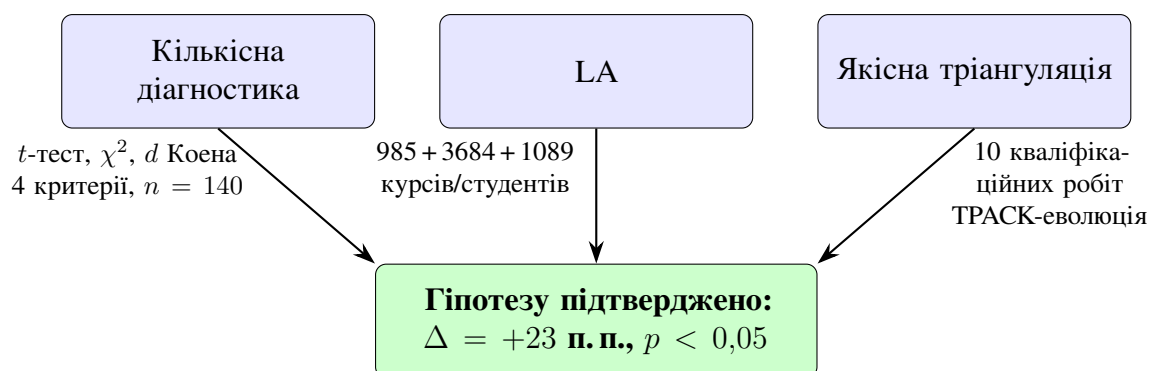


Рис. 6.5 – Конвергенція трьох потоків доказів

6.4.5. Якісна тріангуляція: кваліфікаційні роботи студентів та ТРАСК-еволюція

Кількісні результати t -тесту тріангулюються з якісними портфоліо-даними кваліфікаційних досліджень, виконаних під керівництвом автора. Динаміку тематичної еволюції за ТРАСК-рівнями та ТРАСК-балами наведено у табл. 6.19.

Три фази тематичної еволюції. На констатувальному етапі захищено 5 робіт (2014–2018) із переважанням СК+ТК (ТРАСК-бал 1), суто технологічних, без педагогічного компонента: веброзробка [53], [123], [140], мобільний додаток [50], вебдоступність [26], [27], [105]. На формувальному етапі (2020–2023) – 3 роботи

Таблиця 6.19 – Еволюція кваліфікаційних досліджень під керівництвом автора за ТРАСК-рівнем

Рік	Тема	ТРАСК-рівень	Бал	Методичний внесок
<i>Констатувальний етап (роботи 2014–2018)</i>				
2014	Вебсайт ветеринарної клініки [53]	СК+ТК	1	Практична веброзробка
2014	Вебсайт весільного салону [123]	СК+ТК	1	Практична веброзробка
2014	Вебсайт ДЮСШ №1 [140]	СК+ТК	1	Практична веброзробка
2016	Мобільний додаток для вивчення математики [50]	СК+ТК	1	Мобільні технології
2018	Адаптація дизайну вебсайтів [26], [105]	СК+ТК	1	Інклюзивна вебдоступність
<i>Формувальний етап (2020–2023)</i>				
2020	Хмарний ШКІ [37]	ТРК	2	Хмарні технології в навчанні
2021	LMS Human Школа [38]	ТРК+РСК	3	LMS-порівняння
2022	Методичні засади КН інформатики учнів гімназій [71]	ТРК+РСК	3	КН-методика
<i>Контрольний етап (2024)</i>				
2024	Ігрові технології та мобільні додатки [109]	ТРАСК	4	Гейміфікований тренажер
2024	Українсько-польський перекладач інформатичної термінології [413]	ТРАСК	4	Соціальна значущість

Примітка. Бал ТРАСК: 1 = СК+ТК, 2 = ТРК, 3 = РСК+ТРК, 4 = повна ТРАСК-інтеграція.

з інтеграцією ТРК та РСК (бал 2–3) [37], [38], [71]. На *контрольному етапі* (2024) – 2 роботи з повною ТРАСК-інтеграцією (бал 4), що поєднують технологічну, педагогічну та змістову компоненти із соціальною релевантністю [109], [413].

Лонгитюдні кейси. Прогресії від бакалаврської роботи [37] (хмаро орієнтований курс шкільної інформатики, ТРК; 2020) до магістерської [38] (порівняльний аналіз LMS, ТРК+РСК; 2021) та від курсової [108] (інтерактивний онлайн-тренажер з математики, ТК+РК; 2023) до бакалаврської роботи [109] (гейміфікований тренажер, повна ТРАСК; 2024) – ілюструють поступове нарощування ТРАСК-складності під впливом методичної системи.

Соціальна значущість. Тематика робіт еволюціонувала від комерційної веброзробки (2014) через інклюзивну вебдоступність для осіб із порушенням кольоросприйняття (2018, [26]) до кризової підтримки (КН для гімназій, 2022) та міжкультурної комунікації (українсько-польський перекладач, 2024).

Рис. 6.6 візуалізує ТРАСК-профіль кваліфікаційних робіт за етапами: від профілю, зосередженого на осях СК–ТК–ТСК (констатувальний етап), через

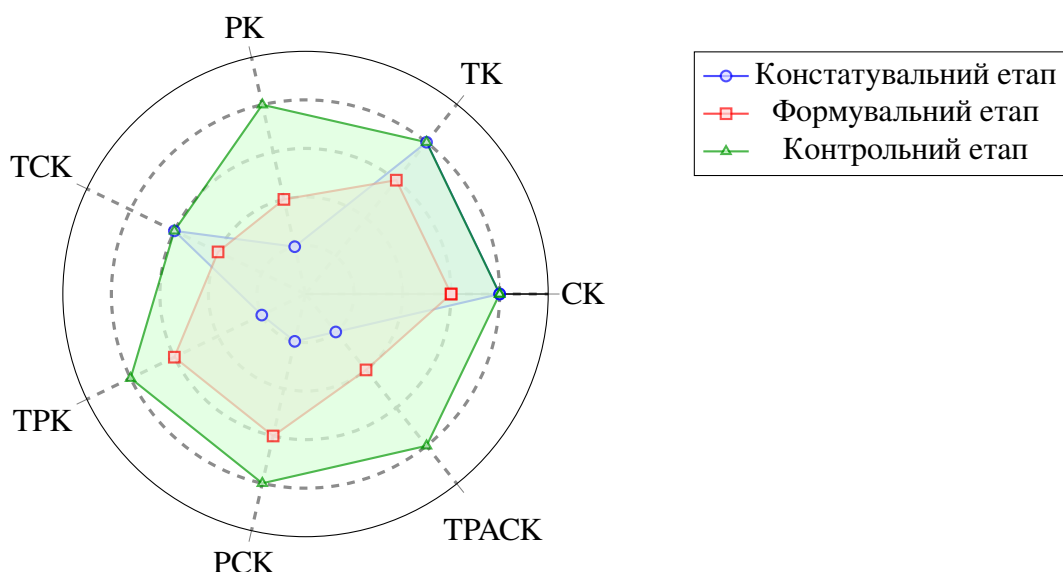


Рис. 6.6 – ТРАСК-профіль кваліфікаційних робіт за етапами експерименту

розширення у бік ТРК та РСК (формульальний) до збалансованого профілю з максимальними значеннями ТРАСК (контрольний) – ця еволюція дзеркально відображає дозрівання методичної системи.

6.4.6. Перевірка гіпотези та обмеження дослідження

Формулювання гіпотези (п. 6.3.1): впровадження авторської методичної системи КН забезпечить статистично значуще підвищення рівня ЦК майбутніх учителів інформатики за чотирма критеріями.

Табл. 6.20 систематизує результати перевірки.

Таблиця 6.20 – Підсумок верифікації гіпотези дослідження

Критерій	H_0	t/z	p	d	Висновок
Когнітивний	$\mu_E = \mu_K$	4,87	$<0,001$	0,82	H_0 відхилено
Операційно-діяльнісний	$\mu_E = \mu_K$	5,21	$<0,001$	0,88	H_0 відхилено
Мотиваційно-ціннісний	$p_E = p_K$	3,23 [†]	$<0,01$	0,55 [†]	H_0 відхилено
Рефлексивно-оцінювальний	$\mu_E = \mu_K$	3,52	$<0,001$	0,60	H_0 відхилено
Інтегральний	–	–	$<0,05^*$	–	Підтверджено

Примітка. *За критерієм χ^2 Пірсона для часток студентів із достатнім і високим рівнями ЦК (ЕГ проти КГ після експерименту, 2×2): $\chi^2 = 4,27$; $df = 1$; $p < 0,05$; без поправки на неперервність (усі очікувані частоти перевищують 30); з поправкою Єйтса $\chi^2 = 3,60$, $p \approx 0,058$. [†]Мотиваційно-ціннісний критерій: z -критерій для часток, h Коена (за округленими частками; див. примітку до табл. 6.17).

Статистично значущі відмінності між ЕГ та КГ за всіма чотирма критеріями ЦК підтверджують гіпотезу дослідження. Когнітивний, операційно-діяльнісний і рефлексивно-оцінювальний критерії мають рівень значущості $p < 0,001$ (t -критерій, $df = 138$), мотиваційно-ціннісний – $p < 0,01$ (z -критерій для часток). Розміри ефекту за когнітивним ($d = 0,82$) та операційно-діялісним ($d = 0,88$) критеріями є великими ($d \geq 0,8$); за мотиваційно-ціннісним ($h = 0,55$) та рефлексивно-оцінювальним ($d = 0,60$) – середніми, що значно перевищує орієнтир 0,4 для стандартизованих розмірів ефекту (d, h), визначений у метааналітичних дослідженнях як показник практично значущого освітнього ефекту.

Інтегральний результат – зростання частки студентів з достатнім та високим рівнями ЦК на 23 п. п. (з 40 % до 63 %) в ЕГ порівняно з 7 п. п. (з 39 % до 46 %) у КГ – підтверджено критерієм χ^2 для часток ($\chi^2 = 4,27$; $df = 1$; $p < 0,05$). Значення критерію обчислено без поправки на неперервність, що правомірно з огляду на великі очікувані частоти (усі перевищують 30); з консервативною поправкою Єйтса воно опиняється на межі значущості ($\chi^2 = 3,60$; $p \approx 0,058$), проте висновок про перевагу ЕГ спирається не лише на інтегральний показник, а й на статистично значущу односпрямовану динаміку всіх чотирьох критеріїв.

Обмеження дослідження.

1. *Контекст подвійної кризи.* Експеримент проводився в умовах пандемії COVID-19 (2020–2021) та воєнного часу, починаючи з 2022 року. Це створювало додаткові зовнішні обмеження, але водночас дало змогу перевірити стійкість методичної системи в кризових умовах [409], [499].
2. *Одноінституційний дизайн.* Кількісну експериментальну перевірку ефективності методичної системи здійснено на базі одного ЗВО – КДПУ. Тому отримані статистичні ефекти слід інтерпретувати з урахуванням інституційного контексту КДПУ. Водночас практичне впровадження результатів дисертації підтверджено довідками низки педагогічних ЗВО України, у яких здійснюється підготовка за спеціальністю А4 Середня освіта (Інформатика), що засвідчує можливість адаптації окремих положень методичної системи до різних ОПП. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на багатоінституційну експериментальну перевірку ефективності системи.
3. *Квазіекспериментальний характер дослідження.* Групи формувалися за наявними навчальними потоками, без рандомізованого розподілу студентів. Водночас базову еквівалентність ЕГ та КГ перевірено за результатами вхідної

діагностики.

4. *Обмежене використання взаємного оцінювання в Moodle.* За результатами структурного моніторингу курсів модуль Workshop не було зафіксовано, що свідчить про недостатню реалізацію процедур взаємного оцінювання в LMS. Частково цей компонент компенсувався аудиторною взаємодією.
5. *Недостатнє відстеження відвідуваності.* Модуль Attendance функціонував лише у 4 проаналізованих курсах, що обмежувало повноту даних LA щодо регулярності участі студентів у навчальному процесі.
6. *Відсутність відстроченого контрольного зрізу.* Дослідження не передбачало повторної діагностики через 6–12 місяців після завершення формувального етапу, тому стійкість набутих змін потребує подальшої перевірки.
7. *Можливий вплив самооцінювання.* Мотиваційно-ціннісний і рефлексивно-оцінювальний критерії частково ґрунтувалися на самозвітах студентів, що могло зумовити вплив соціальної бажаності відповідей.
8. *Обмеження вибірки для підгрупового аналізу.* Загальний обсяг вибірки становив $N = 140$, що є достатнім для основних міжгрупових порівнянь, однак обмежує можливості детального аналізу за окремими підгрупами, зокрема курсом навчання, статтю чи спеціалізацією.
9. *Історична загроза (ефект періоду).* Когорти ЕГ та КГ навчалися в різних макроумовах – на різних фазах пандемії COVID-19 та воєнного стану, тому частина міжгрупової різниці може бути ефектом періоду, а не методичної системи. Компенсатором слугує триангуляція з даними LA, зібраними всередині одного й того самого періоду (п. 6.4.4).
10. *Позиція дослідника.* Автор методичної системи водночас є викладачем ЕГ, розробником діагностичних інструментів та експертом за рефлексивно-оцінювальним критерієм; сліпе оцінювання не застосовувалося. Компенсаторами слугують об'єктивні журнали LA, що не залежать від оцінювача, та зовнішні експертизи впровадження результатів дослідження (довідки ЗВО).
11. *Спорідненість вимірювального інструмента з матеріалами втручання.* Знаннєвий тест і практичні завдання побудовано на банках питань Moodle-курсів, що є компонентами самої методичної системи; крім того, у спільному інституційному середовищі КДПУ існує ризик контамінації КГ через дифузії елементів втручання. Це вимагає обережності в атрибуції частини міжгрупової різниці саме методичній системі.

Кожне обмеження визначає напрям подальших досліджень і враховане при формулюванні рекомендацій (п. 6.4) [76].

6.5. Впровадження результатів дослідження у підготовку майбутніх учителів інформатики

6.5.1. Інституційне впровадження: еволюція освітньо-професійної програми

Інституційним механізмом впровадження результатів дослідження є ОПП «Інформатика. Програмування» спеціальності А4 – Середня освіта (Інформатика) КДПУ (перший (бакалаврський) рівень, НРК – 6; загальну характеристику програми та подвійної кваліфікації подано у п. 6.1).

Аналіз чотирьох послідовних версій ОПП (2022, 2023, 2024, 2025) засвідчує прогресивну інтеграцію компонентів методичної системи КН (табл. 6.21). Версії 2022 та 2023 є ітераціями однієї базової програми (затвердженої 08.09.2022), тоді як ОПП 2024 є принципово новою програмою (затвердженою 30.08.2024), що відображає результати формульовального етапу експерименту (п. 6.3.1). ОПП 2025 є актуальною редакцією ОПП 2024 із 4 внесеними змінами, остання з яких датована 13.11.2025.

Таблиця 6.21 – Еволюція ОПП «Інформатика. Програмування» (2022–2025)

Параметр	ОПП 2022	ОПП 2023	ОПП 2024	ОПП 2025
Дата затвердження	08.09.2022	08.09.2022	30.08.2024	30.08.2024
Термін дії	до 30.06.2026	до 30.06.2026	до 30.06.2028	до 30.06.2028
Кількість внесених змін	3	5	3	4
ЗК (загальні)	5	6	10	10
ФК (фахові)	15	15	8	8
ПК (предметної спеціальності)	–	–	7	7
ДК (додаткової спеціалізації)	2	2	3	3
Усього компетентностей	22	23	28	28
ІКТ у ЗК	–	–	ЗК8	ЗК8
ФК3 (інформаційно-цифрова)	так	так	розширено	розширено
ЦТ у методах навчання	–	–	так	так
Членів робочої групи	9	9	10	10

Ключовою зміною ОПП 2024/2025 є перебудова структури компетентностей (табл. 6.21): додано, зокрема, ЗК8 (здатність використовувати ІКТ з дотриманням

етично-правових норм), уведено новий рівень ПК та ДКЗ (тестування та налагодження ПЗ); загальна кількість компетентностей зросла з 22 до 28, що свідчить про детальнішу конкретизацію очікуваних результатів навчання. Такі зміни – прямий результат реалізації організаційно-педагогічних умов, обґрунтованих у розділі 4: системна інтеграція ЦТ, забезпечення наступності та персоналізації підготовки.

ФКЗ «Інформаційно-цифрова компетентність» присутня в усіх версіях, проте в ОПП 2024 її формулювання розширено: додано створення та використання ЦОР, навчально-методичний інструментарій кабінету інформатики, мультимедійне обладнання. У розділі «Методи навчання» вперше з'являється формулювання «цифрові технології» як окрема категорія. Ці зміни узгоджуються з результатами дослідження щодо системної інтеграції ЦТ у підготовку вчителів інформатики [408].

Методичний блок становить понад 30 кредитів – значну частину обов'язкового компоненту, що підтверджує пріоритетність методичної складової; подвійна кваліфікація (вчитель + програміст) забезпечується блоком програмістських дисциплін (§ 5.7), обґрунтованим у моделі КН (розділ 4) [408].

Автор дослідження впливав на еволюцію ОПП через участь у робочій групі програми (версії 2022 та 2023; С. О. Семеріков – в усіх чотирьох версіях); зовнішні стейкхолдери (вчитель-методист гімназії № 90 Л. В. Легка, А. М. Стрюк (КНУ), представники ІТ-бізнесу) забезпечують перевірку відповідності програми потребам ринку праці та шкільної практики. Активна динаміка змін (15 змін сумарно за 2022–2025 рр.) підтверджує, що ОПП функціонує як «живий документ», який еволюціонує під впливом результатів дослідження та зовнішніх чинників [73]. Хронологію еволюції ОПП з базовими версіями та внесеними змінами подано на рис. 6.7.

6.5.2. Впровадження через силабуси навчальних дисциплін

ОПП «Інформатика. Програмування» включає 28 навчальних дисциплін, з яких 8 є високопріоритетними носіями компонентів методичної системи (розділ 5). Табл. 6.22 систематизує відповідність силабусів дисциплін до розділів методики; повний перелік оприлюднених ОПП та силабусів наведено у додатку Е.

Із 8 високопріоритетних дисциплін 3 мають авторські Moodle-курси, включені до аудиту 6 курсів формувального етапу (п. 6.3.2; табл. 6.22), що забезпечує цифрову інфраструктуру для відповідних розділів методики. Дисципліни без авторських

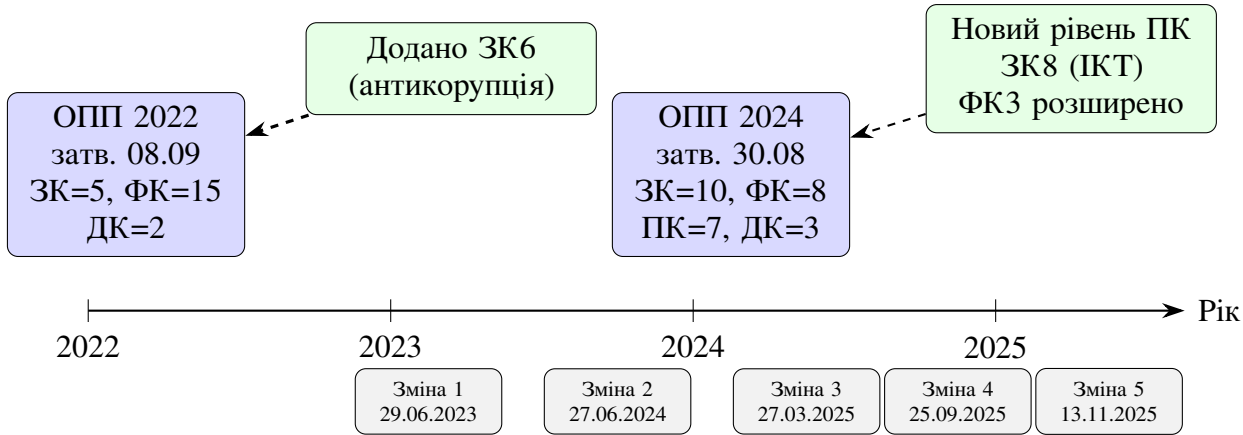


Рис. 6.7 – Хронологія еволюції ОПІ «Інформатика. Програмування» (2022–2025): 2 базові програми, 11 поправок

Таблиця 6.22 – Відповідність силабусів навчальних дисциплін розділам методики

Дисципліна	Аудиторні / самостійні години	Контроль	Пункт розділу 5	Авторський Moodle-курс
ЦТВО	68/112	залік	§ 5.3	так
Вступ до програмування	68/52	екзамен	§ 5.7	—
Програмування	196/134	залік + екзамен	§ 5.7	—
РЦОР	44/46	залік	§ 5.3	—
ШКІ	—	—	§ 5.1, 5.2	так
МНІ (частини 1–3)	158/262	екзамен + залік	§ 5.1–5.5	так
STEM-практики в освіті	48/72	залік	§ 5.6, 5.7	—
Вебпрограмування	40/80	залік	§ 5.7	—

Moodle-курсів (Вступ до програмування, Програмування, РЦОР, STEM-практики в освіті, Вебпрограмування) спираються на інституційні Moodle-курси відповідних дисциплін та/або альтернативні платформи (Google Classroom, GitHub, replit) [90].

Опорна дисципліна методичної системи – МНІ (14 кредитів ЄКТС, семестри VI–VIII; характеристику силабусу подано у п. 6.1); її прогресивна структура за семестрами відображає поступове нарощення ТРАСК-складових (табл. 6.23). Інструментарій: Moodle (kdpu.edu.ua), Zoom, Google Meet, Python, replit, Jupyter, LibreOffice, GIMP, Inkscape, OpenShot, Scratch [402].

Дисципліна ЦТВО (6 кредитів ЄКТС, семестр I; характеристику силабусу подано у п. 6.1) реалізує § 5.3 для 5 предметних спеціальностей А4, що забезпечує максимальне охоплення студентів; п’ять її тематичних блоків відповідають областям DigCompEdu (табл. 6.12). Викладач: І. С. Мінтій, О. Ю. Тарасова.

Програмістський конвеєр (§ 5.7) реалізується через послідовність дисциплін: Вступ до програмування (4 кредити, семестр I, Python), Програмування (11 кредитів,

Таблиця 6.23 – Посеместрова структура дисципліни «Методика навчання інформатики»

Семестр	Лекції	Лабораторні	Практичні	Контроль	Тематичний блок	ТРАСК
VI	32	32	16	Екзамен	Загальна методика	РК+ТРК+РСК
VII	16	16	16	Залік	ІКТ у ШКІ	ТК+ТСК+РСК
VIII	10	10	10	Екзамен	Алгоритмізація	СК+РСК+ТРАСК
Разом аудиторних: 158 год.				Самостійна робота: 262 год.		

семестри II–III, С/С#), Технології програмування (семестр IV) та Вебпрограмування (за чинним силабусом – 4 кредити, семестр VIII, PHP/JS; за ОПП-2024 – 5 кредитів). Загальний обсяг програмістського циклу за ОПП-2024 становить 25 кредитів, що складає понад 10 % від загального обсягу ОПП (240 кредитів ЄКТС) і забезпечує реалізацію додаткової кваліфікації «фахівець з розроблення програмного забезпечення».

РЦОР (3 кредити, семестр IV) доповнює ЦТвО, розвиваючи § 5.3 на старших курсах через інструменти LaTeX/Overleaf, Jupyter Notebook, Google Forms, Classtime, Google Classroom [407]. «STEM-практики в освіті» (за чинною робочою програмою – 4 ЄКТС/120 годин, семестр VI; за ОПП-2024 – V семестр, 3 кредити) забезпечує § 5.6 (AR/VR): освітня робототехніка, мікроконтролери, 3D-моделювання, цифрове моделювальне середовище. Сукупно високопріоритетні дисципліни охоплюють понад 46 кредитів ЄКТС, що разом із педагогічною практикою формує цілісну методичну підготовку вчителя інформатики [73].

Структура силабусів підтримує модель КН (розділ 4) через збалансоване співвідношення аудиторних та самостійних годин. Для високопріоритетних дисциплін із визначеним аудиторним навантаженням це співвідношення складає: ЦТвО – 38 %/62 % (ауд./сам.), Програмування – 59 %/41 %, МНІ – 38 %/62 %, Вебпрограмування – 33 %/67 %. Середнє значення для високопріоритетних дисциплін становить 42 %/58 %, що за порядком величини узгоджується з коефіцієнтом асинхронності 0,63 (табл. 6.10); значна частка самостійної роботи (58 %) забезпечує реалізацію принципу навчальної автономії [406] та створює простір для асинхронної взаємодії через Moodle.

6.5.3. Методичні рекомендації щодо впровадження комбінованого навчання

За результатами експерименту (розділ 6) та з урахуванням виявлених обмежень (п. 6.4.6) сформульовано систему рекомендацій, кожна з яких має емпіричне обґрунтування, поточний стан та цільовий показник (табл. 6.24).

Таблиця 6.24 – Система методичних рекомендацій з емпіричним обґрунтуванням

Рекомендація	Емпіричне обґрунтування	Стан	Ціль
1. Готовність	Контекстна діагностика, $n = 344$	60 % низький і середній	$<10\%$ низький
2. Стандартизація	Аудит 6 курсів	2,7/4	$\geq 3,5/4$
3. Діагностика	Модель 985 курсів	$\beta = 0,41$	Вбудовано
4. Наступність	1089 студентів	4 сегменти	Адаптивно
5. Стійкість	Коефіцієнт асинхронності	0,63	$\geq 0,6$
6. Соціальна присутність	Аудит форумів	0/6	усі курси
7. Моніторинг	Аналіз 3684 курсів	–	ЛА-панель
8. AI-підтримка	Бібліометрія, 150+ статей	Пілот	Системно

1. *Забезпечення готовності учасників.* Контекстна діагностика всеукраїнської академічної спільноти ($n = 344$, табл. 6.6) засвідчила, що 60 % респондентів мають низький або середній рівень ЦК. Рекомендується запровадити системний адаптаційний орієнтаційний модуль у Moodle-курсі I семестру, тренінги для викладачів, методичний супровід протягом першого року. Цільовий показник: частка студентів з низьким рівнем ЦК $<10\%$ після першого навчального року. Досвід КДПУ: дисципліна ЦТвО (6 ЄКТС, сем. I, 5 спеціальностей) виконує функцію пропедевтичного курсу [414].
2. *Стандартизація курсового проектування.* Аудит 6 курсів Moodle (табл. 6.9) виявив структурну узгодженість на рівні 2,7/4: лише 4 з 6 курсів мають модуль Attendance, 5 курсів не мають вступної секції. Рекомендується впровадити типовий Moodle-курс (шаблон) [402] із обов'язковими елементами: вступна секція, ≥ 3 тематичних секції, тестування, відстеження відвідуваності. Цільовий показник: структурна узгодженість $\geq 3,5/4$ для всіх курсів [408].
3. *Діагностика та адаптація на основі ЛА.* Багатовимірна модель 985 курсів [503] визначила викладацьку присутність ($\beta = 0,41$) як найсильніший предиктор успішності. Рекомендується впровадити систему раннього попередження на основі LA Moodle: відстеження активності студентів, ідентифікація «зони ризику» через кластери проектування. Чотири кластери курсів [503]

дозволяють диференціювати стратегії підтримки [502].

4. *Наступність та персоналізація освітніх траєкторій.* Дослідження 1089 студентів [488] виявило 4 сегменти за патернами вибору дисциплін. Рекомендуються: реалізація послідовності від ЦТВО через ШКІ до МНІ як наскрізної траєкторії; використання сегментації для формування рекомендацій щодо вибіркового вибору дисциплін. Семестрова прогресія МНІ (табл. 6.23) забезпечує поступове нарощення ТРАСК від РК+ТРК до повного ТРАСК [407].
5. *Стійкість до кризових ситуацій.* Досвід подвійної кризи (COVID-19, 2020–2021; воєнні дії, 2022+) підтвердив, що коефіцієнт асинхронності 0,63 (табл. 6.10) є захисним фактором: курси з вищим коефіцієнтом зберігали функціональність за відсутності синхронного зв'язку [409], [499]. Рекомендуються: підтримувати коефіцієнт асинхронності $\geq 0,6$; забезпечити офлайн-доступ до критичних матеріалів; розробити протоколи кризової адаптації.
6. *Соціальна присутність та інтерактивність.* Відсутність дискусійних форумів у 6 з 6 курсів (обмеж. 4, п. 6.4.6) є найслабшою складовою моделі СоІ. Рекомендуються: додати модуль Workshop для взаємного оцінювання у курсах архетипу КІ; інтегрувати дискусійні форуми з модерацією; до впровадження – компенсувати через зовнішні канали (Telegram-групи, Google Classroom). Цільовий показник: усі курси мають хоча б один дискусійний форум.
7. *Моніторинг на основі LA.* Диференціальний аналіз 3684 курсів [502] засвідчив, що різноманітність ресурсів та активностей статистично значуще знижує ймовірність невдачі для всіх субпопуляцій студентів. Рекомендуються: впровадити LA-панель для викладачів із візуалізацією ключових метрик (активність, прогрес, ризик відрахування); диференціювати підходи для різних сегментів [502].
8. *AI-підтримка персоналізації навчання.* Бібліометричний аналіз 150+ публікацій [410] та огляд використання AI для розвитку ЦК [98] визначають перспективні напрями: адаптивне тестування на основі генеративного AI, автоматизований зворотний зв'язок на завдання, персоналізація навчальних траєкторій. Рекомендуються: пілотне впровадження AI-інструментів у курсах МНІ з подальшим масштабуванням.

Цілісну систему восьми методичних рекомендацій із цільовими показниками, згрупованих навколо методичної системи КН, візуалізовано на рис. 6.8.

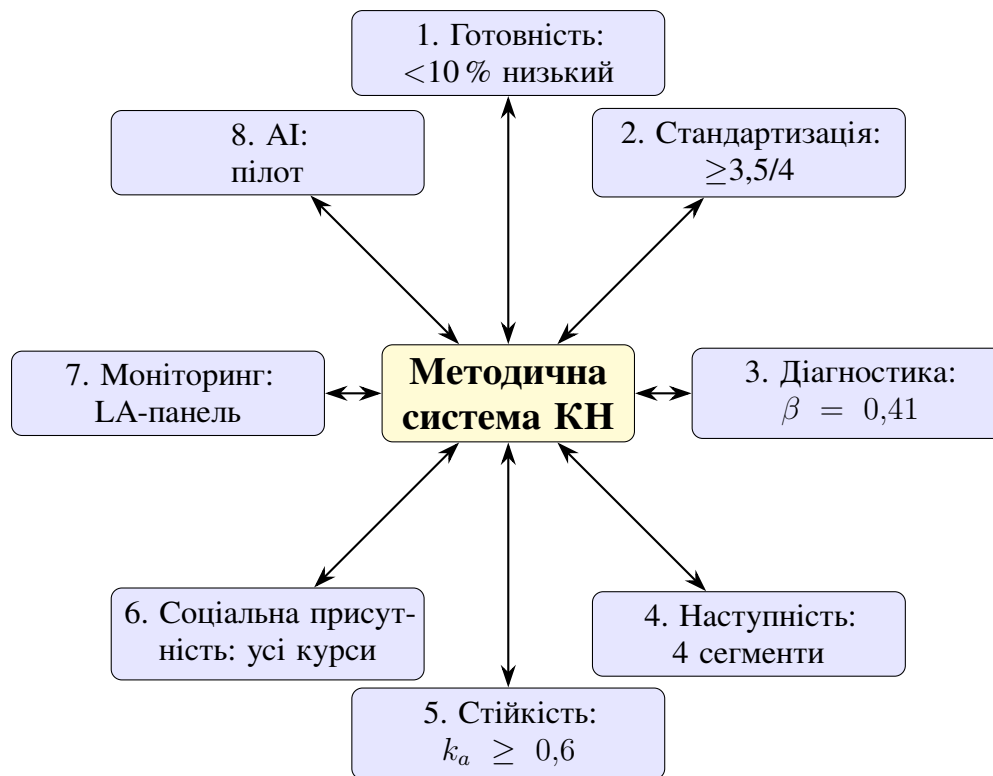


Рис. 6.8 – Система методичних рекомендацій з цільовими показниками

6.5.4. Перспективи подальших досліджень

Проведене дослідження не лише дало відповіді на поставлені запитання, а й окреслило програму подальших досліджень. Відкритими дослідницькими питаннями є такі:

1. Чи відтворюється ефективність методичної системи в різних умовах КН – кризових і стабільних, із різним співвідношенням очної, синхронної онлайн-та асинхронної взаємодії? Передумовою такої перевірки є дані опитування 331 студента з 13 ЗВО [511], що створюють основу для багатоінституційного квазіексперименту.
2. Якою є психометрична якість діагностичного інструментарію ЦК: валідність, надійність, диференційна здатність та інваріантність за підгрупами? Це питання безпосередньо впливає з обмежень щодо можливого впливу самооцінювання та підгрупового аналізу (п. 6.4.6).
3. Як AI-асистоване програмування трансформує ТРАСК майбутнього вчителя інформатики і чи потребує ця рамка виокремлення AI-ТРАСК? Підґрунтям слугують бібліометричний аналіз досліджень на перетині AI та підготовки вчителів [410] й огляд використання генеративного AI для розвитку ЦК [98].

4. Чи переноситься сформований ТРАСК у професійну діяльність випускників протягом перших 2–3 років роботи в школі? Відповідь потребує лонгітюдного дослідження, що водночас компенсує відсутність відстроченого контрольного зрізу (п. 6.4.6).
5. Чи підвищує інтеграція формувального та взаємного оцінювання валідність діагностики й рівень сформованості ЦК за рефлексивно-оцінювальним критерієм? Це питання відповідає на обмеження щодо недостатньої реалізації взаємного оцінювання в LMS (п. 6.4.6).

Додатковими перспективними напрямками, підкріпленими попередніми авторськими даними, залишаються імерсивні технології WebAR [115], [487], персоналізовані освітні траєкторії на основі LA [488], конвергенція GeoAI та підготовки вчителів [509] і навчання логічного програмування [496].

6.6. Висновки до 6 розділу

У шостому розділі описано організацію та результати педагогічного експерименту з перевірки ефективності розробленої методичної системи КН майбутніх учителів інформатики. Педагогічний експеримент здійснювався у три етапи (констатувальний, формувальний, контрольний) на базі КДПУ. Ефективність розробленої методичної системи підтверджено статистично значущими відмінностями на користь експериментальної групи за всіма чотирма критеріями сформованості ЦК, відхиленням усіх чотирьох нульових гіпотез та тріангуляцією результатів трьома незалежними потоками доказів. Отримано такі основні результати:

1. *Констатувальний етап* (2015–2020) засвідчив системні суперечності у підготовці майбутніх учителів інформатики в КДПУ (спеціальність А4 Середня освіта (Інформатика)). Опитування викладачів ($n = 75$) засвідчило: понад 20 % користувачів Moodle не мали досвіду проєктування курсів, 80 % курсів є текстовими, LMS Moodle використовувалося переважно для підтримки самостійної роботи та подання й перевірки робіт, значно рідше – для проведення занять. ТРАСК-аналіз ОПП виявив, що лише виробнича практика формує усі сім компонентів ТРАСК, а опорна МНІ покриває п'ять із них. Аналіз кваліфікаційних робіт 2014–2020 рр. підтвердив домінування СК і ТК-компонентів за повної відсутності РК/РСК. Виявлені суперечності

обґрунтували необхідність формувального впливу.

2. *Формувальний етап* (2020–2023) забезпечив практичне впровадження методичної системи через поетапне розгортання Moodle-курсів у КДПУ. У результаті сформовано цілісне КН-середовище, що поєднувало навчальні матеріали, завдання, тести, банки питань, мікрОВикладання, формувальне оцінювання і засоби підтримки самостійної роботи студентів. Система продемонструвала стійкість в умовах подвійної кризи – пандемії COVID-19 та воєнного часу – завдяки достатньому рівню асинхронності, структурованості курсів і можливості гнучкого коригування навчального процесу. Провідними результатами етапу стали інтеграція мікрОВикладання як ТРАСК-орієнтованої діяльності, наскрізне формування ЦК за DigCompEdu та запровадження моніторингу за визначеними індикаторами. Водночас виявлено напрями подальшого вдосконалення, зокрема ширше використання взаємного оцінювання в Moodle.
3. *Контрольний етап* (2024) підтвердив ефективність методичної системи на вибірці 140 студентів: 68 – в ЕГ, 72 – у КГ; базову еквівалентність груп підтверджено на рівні $p > 0,05$. За всіма чотирма критеріями ЦК зафіксовано статистично значущі переваги ЕГ: за когнітивним критерієм – великий ефект ($d = 0,82$; $p < 0,001$), за операційно-діяльнісним – великий ефект ($d = 0,88$; $p < 0,001$), за мотиваційно-ціннісним – середній ефект ($h = 0,55$; $p < 0,01$), за рефлексивно-оцінювальним – середній ефект ($d = 0,60$; $p < 0,001$). Інтегральний показник також засвідчив перевагу ЕГ: частка студентів із достатнім і високим рівнями ЦК зросла на 23 п. п. – з 40 % до 63 %, тоді як у КГ приріст становив 7 п. п. Різниця часток між групами є статистично значущою ($\chi^2 = 4,27$; $df = 1$; $p < 0,05$). Усі чотири нульові гіпотези H_0 відхилено. Додатковий аналіз засвідчив, що найефективнішим був контентно-інтерактивний архетип курсів, а викладацька присутність виявилася найсильнішим предиктором відмінної успішності студентів ($\beta = 0,41$).
4. Результати тріангульовано трьома незалежними потоками доказів: кількісна діагностика ($n = 140$), LA (загалом 985 і 3684 курсів та 1089 студентів), аналіз 10 кваліфікаційних робіт. Якісним підтвердженням кількісних результатів слугує ТРАСК-еволюція кваліфікаційних досліджень під керівництвом автора – від ізольованих СК і ТК (бал 1, 2014) до повної ТРАСК-інтеграції

(бал 4, 2024): зростання інтегрованості знань у студентських роботах узгоджується з вимірним приростом ЦК. Кризовий контекст пандемії COVID-19 та воєнного часу став додатковою перевіркою стійкості методичної системи, оскільки вона зберегла функціональність в умовах вимушеного переходу до дистанційного й КН-форматів навчання. Водночас експеримент має низку обмежень, які необхідно враховувати під час інтерпретації отриманих результатів і які визначають напрями подальших досліджень.

5. Результати дослідження впроваджено на інституційному рівні через еволюцію ОПП «Інформатика. Програмування» (4 версії, 2022–2025; загальна кількість компетентностей зростає з 22 до 28), 3 силабуси розроблених автором дисциплін (МНІ, ШКІ, ЦТВО), 6 курсів Moodle (242 елементи, 1258 питань) та 10 кваліфікаційних робіт студентів. Сформульовано 8 методичних рекомендацій з емпіричним обґрунтуванням та цільовими показниками: забезпечення готовності (менше 10 % низького рівня ЦК), стандартизація курсового проєктування ($\geq 3,5/4$), діагностика на основі ЛА (викладацька присутність $\beta = 0,41$), наступність та персоналізація (4 сегменти студентів), стійкість до криз ($k_a \geq 0,6$), соціальна присутність (форуми в усіх курсах), моніторинг (ЛА-панель), AI-підтримка.
6. Практичне значення дослідження підтверджено впровадженням його результатів, глибина якого різниться між закладами. У КДПУ – основній експериментальній базі – впроваджено розроблену методичну систему КН майбутніх учителів інформатики цілісно: у єдності п'яти компонентів, комплексу організаційно-педагогічних умов, семи авторських методик, навчально-методичного забезпечення (курси Moodle на основі типового курсу-шаблону) та системи оцінювання цифрової компетентності за чотирма критеріями. В інших закладах упродовж 2024–2026 рр. впроваджено окремі складники системи, причому найбільш затребуваними виявилися підходи до організації КН на основі LMS Moodle та ЕОС, методика навчання програмування з акцентом на методичному значенні навчальних завдань, а також мікровикладання й моделювання фрагментів уроків інформатики у поєднанні з формувальним оцінюванням і зворотним зв'язком; рідше впроваджувалися спеціалізовані складники – синхронна й асинхронна взаємодія, проєктне навчання, імерсивні технології. Діагностичний інструментарій оцінювання ЦК та результати систематичного огляду використано, зокрема, у науково-

методичній роботі Кременчуцького національного університету. Це засвідчує, що технологічний і змістовий компоненти методичної системи придатні до перенесення в освітній процес інших закладів вищої педагогічної освіти без повного відтворення умов базового закладу.

7. Окреслено програму подальших досліджень, що безпосередньо впливає із зафіксованих обмежень педагогічного експерименту: сформульовано п'ять відкритих дослідницьких питань – про відтворюваність ефективності системи за різних співвідношень очної, синхронної онлайн- та асинхронної взаємодії; про валідність, надійність, диференційну здатність та інваріантність діагностичного інструментарію ЦК; про трансформацію ТРАСК в умовах AI-асистованого програмування і доцільність виокремлення AI-ТРАСК; про перенесення сформованого ТРАСК у професійну діяльність випускників протягом перших 2–3 років роботи в школі; про вплив інтеграції формувального та взаємного оцінювання на валідність діагностики й рівень сформованості ЦК за рефлексивно-оцінювальним критерієм.

Основні наукові результати шостого розділу викладено в публікаціях автора [15], [19], [67], [128], [420], [488], [502]–[504].

ВИСНОВКИ

У дисертації здійснено теоретичне узагальнення і практичне розв’язання актуальної наукової проблеми – обґрунтування та розробки теоретико-методичних засад доказового проєктування методичної системи комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики. Ключовою методологічною основою розв’язання проблеми став перший систематичний огляд професійної підготовки вчителів інформатики, який забезпечив доказову базу для моделювання, проєктування та експериментальної перевірки методичної системи.

Відповідно до поставлених завдань дослідження отримано такі основні результати:

1. На основі лінгвістичного аналізу та з урахуванням євроінтеграційних процесів обґрунтовано доцільність поняття «комбіноване навчання» на противагу «змішаному навчанню». Уточнено тлумачення поняття «комбіноване навчання» як спланованого, педагогічно виваженого, адаптивного поєднання, взаємопроникнення та інтеграції очного та дистанційного, формального та неформального, реального та віртуального, індивідуального та колективного навчання з метою оптимального задоволення освітніх потреб суб’єктів освітнього процесу засобами інтелектуальних технологій. Систематизовано концептуальні засади за філософським, психофізіологічним, соціологічним, організаційно-педагогічним, інформаційно-технологічним і синергетичним вимірами; класифіковано підходи до організації комбінованого навчання за трьома критеріями – способом комбінування форм навчання, типом засобів ІКТ та видом педагогічних технологій; за SWOT-аналізом окреслено передумови ефективної реалізації комбінованого навчання (інституційна підтримка, готовність викладачів, мотивація та цифрова компетентність студентів, якість контенту та систем управління навчанням).

Уточнення поняття зумовлене зміною педагогічної реальності: інтелектуальний складник з допоміжного інструменту став невіддільним виміром комбінованого навчання. Саме це відрізняє запропоноване тлумачення від наявних і задає наскрізний вектор подальших проєктних рішень – від використання інтелектуальних технологій у самому процесі дослідження до їх інтеграції у методичну систему.

2. Здійснено найбільший за обсягом систематичний огляд із проблеми професійної підготовки вчителів інформатики: 300 досліджень, 52 роки (1972–

2024), 44 країни, 6 баз даних. Понад 79 % публікацій датовані після 2009 року, пік активності – 2017–2024 рр. (160 досліджень, 53,3 %). Виявлено три центри досліджень: пострадянський простір (35,7 %), Північна Америка (30,0 %), Західна Європа (26,3 %). Визначено тріаду «предметна підготовка (57,7 %) – педагогічна підготовка (36,7 %) – педагогічна практика (44,3 %)» як структурну основу програм; зафіксовано парадигмальний зсув (частка лекцій знизилась з 40 % до 8 %, зросли колаборативне (61,3 %), проблемно-орієнтоване (59,0 %) та проєктне (47,3 %) навчання).

Результати систематичного огляду надають доказові узагальнення: на відміну від наративних оглядів, результати є відтворюваними, дані відповідають принципам FAIR, а їх видобування верифіковано із залученням інтелектуальних технологій, що узгоджується з методологічною вимогою незалежної перевірки.

Огляд забезпечив доказову основу проєктування методичної системи: встановлені закономірності визначають чинники якості підготовки – збалансованість тріади «предметна підготовка – педагогічна підготовка – педагогічна практика», перевагу активних методів навчання та узгодженість оцінювання з ними. На цій основі сформульовано чотири практичні рекомендації для розробників програм підготовки вчителів інформатики: 1) збереження збалансованої тріади предметної підготовки, методичних дисциплін і педагогічної практики; 2) розширення дуальної освіти через партнерство закладів вищої освіти із закладами загальної середньої освіти; 3) упровадження активних методів навчання (колаборативного, проблемно-орієнтованого, проєктного) згідно з рамкою ICAP; 4) систематичне оновлення змісту навчальних планів відповідно до технологічного розвитку (AI, робототехніки).

3. Розроблено інтегровану п'ятикомпонентну модель методичної системи (цільовий, змістовий, технологічний, організаційний, діагностично-результативний компоненти) на основі сформульованих принципів проєктування – науковості та інноваційності; системності та цілісності; адаптивності, гнучкості та універсального дизайну; студентоцентрованості; інтегративності; технологічності; діагностичності та рефлексивності, – кожен із яких має подвійне обґрунтування (теоретичне та емпіричне). Наскрізну узгодженість забезпечує потрібна теоретична рамка: ТРАСК як рамка цілепокладання та інтеграції змісту, CoI як рамка проєктування взаємодії, ICAP як рамка класифікації методів навчання. Здійснено ICAP-класифікацію методів навчання та розроблено багатoshарову ТРАСК-таксономію засобів навчання.

Модель побудовано виключно на даних: кожен зв'язок і напрям обґрунтовано на даних (принцип простежуваності «від доказів до рішень») – як високорівнева специфікація, модель закріплює засадничі рішення й задає основу для їх практичної реалізації у проектуванні методичної системи.

4. Обґрунтовано комплекс організаційно-педагогічних умов, кожна з яких спирається на специфічну теоретичну рамку: 1) інтеграція підготовки на засадах ТРАСК; 2) комбінування форм, методів і засобів на основі поєднання CoI та ICAR; 3) розвиток цифрової компетентності за DigCompEdu; 4) моніторинг на основі навчальної аналітики; 5) психолого-педагогічний супровід на засадах теорії самодетермінації. Розроблено ТРАСК-орієнтовану карту навчального плану; архітектуру середовища комбінованого навчання валідовано (344 респонденти, багатовимірний аналіз 985 курсів); визначено кількісні цілі подолання дисбалансу оцінювання.

Проектування є реалізацією моделі-специфікації у конкретних проектних рішеннях; усі рішення ґрунтуються на даних, що переводить теоретичні результати у практичні рекомендації. Саме розмежування «модель (загальний задум) – проект (конкретне втілення)» забезпечує простежуваність від доказів огляду до конкретних умов реалізації.

5. Розроблено окремі методики реалізації методичної системи: використання системи управління навчанням Moodle; синхронної та асинхронної взаємодії; розвитку цифрової компетентності за прогресією DigCompEdu; мікрОВикладання та моделювання уроків; проектного навчання; використання імерсивних технологій AR/VR; навчання програмування. Кожна методика має емпіричне обґрунтування даними опитувань, навчальної аналітики та систематичного огляду.

Окремі методики є різними проєкціями складної методичної системи на конкретні прояви освітньої реальності: замість множини моделей одного явища подано множину доказово реалізованих методик однієї системи, інтегрованих спільним середовищем комбінованого навчання, узгодженою ICAR-прогресією та об'єднувальною рамкою ТРАСК.

6. Розроблено критеріально-діагностичний апарат оцінювання сформованості цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики: чотири критерії – когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний та рефлексивно-оцінювальний, – схарактеризовані за рівневою шкалою з подвійним співвіднесенням до таксономії Блума та DigCompEdu, а також відповідний діагностичний інструментарій із пороговими значеннями у журналі оцінок Moodle.

Триетапний педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний, контрольний етапи) на базі Криворізького державного педагогічного університету підтвердив ефективність методичної системи. Констатувальний етап виявив системні суперечності підготовки (переважання текстових курсів, домінування предметного та технологічного знання за браку педагогічного й методичного). Формувальний етап реалізовано через розгортання методичної системи у середовищі комбінованого навчання (курси Moodle, банк завдань, мікрОВікладання). Контрольний етап засвідчив статистично значущі відмінності за всіма чотирма критеріями цифрової компетентності (величини ефекту: когнітивний – $d = 0,82$, операційно-діяльнісний – $d = 0,88$, мотиваційно-ціннісний – $h = 0,55$, рефлексивно-оцінювальний – $d = 0,60$; приріст інтегрального показника в експертній групі значуще перевищив контрольну, $\chi^2 = 4,27$, $p < 0,05$).

Результати тріангульовано трьома незалежними потоками (кількісна діагностика, навчальна аналітика та якісний аналіз кваліфікаційних робіт), що засвідчує обґрунтованість висновку про ефективність методичної системи. Таким чином, гіпотезу дослідження підтверджено, усі завдання виконано, а мету дослідження досягнуто.

Водночас експеримент має низку обмежень: одноінституційний формат, квазіекспериментальний характер, обмежене використання взаємного оцінювання, відсутність відстроченого контрольного зрізу та ін. Вони визначають перспективні *напрями подальших досліджень*: 1) перевірка відтворюваності ефективності методичної системи в різних умовах комбінованого навчання – кризових і стабільних, із різним співвідношенням очної, синхронної та асинхронної онлайн-взаємодії; 2) психометрична валідизація діагностичного інструментарію цифрової компетентності (валідність, надійність, диференційна здатність, інваріантність за підгрупами); 3) дослідження трансформації ТРАСК майбутнього вчителя інформатики в умовах AI-асистованого програмування та доцільності виокремлення AI-ТРАСК; 4) дослідження перенесення сформованого ТРАСК у професійну діяльність випускників протягом перших 2–3 років роботи в школі, що водночас компенсує відсутність відстроченого контрольного зрізу; 5) перевірка впливу інтеграції формувального та взаємного оцінювання на валідність діагностики й рівень сформованості цифрової компетентності за рефлексивно-оцінювальним критерієм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Є. Д. Антоненко та І. С. Мінтій, «Використання онлайн-редактора Canva в освіті», в *VI Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» (29-30 листопада 2023 р.)*, Житомир, 2023. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/8462>.
2. Є. В. Антонов, «Підготовка майбутнього вчителя інформатики до гейміфікації освітнього процесу основної школи», дис. ... д-ра філософії : 011 – Освітні, педагогічні науки, Житомирський державний університет імені Івана Франка, Житомир, 2024. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0824U001450>.
3. В. Ю. Биков, О. Ю. Буров, А. М. Гуржій, М. І. Жалдак, М. П. Лещенко, С. Г. Литвинова, В. І. Луговий, В. В. Олійник, О. М. Спірін та М. П. Шишкіна, *Теоретико-методологічні засади інформатизації освіти та практична реалізація інформаційно-комунікаційних технологій в освітній сфері України*, В. Ю. Биков, С. Г. Литвинова та В. І. Луговий, ред. Київ: Компринт, 2019. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/718652/>.
4. В. Ю. Биков, В. М. Кухаренко, Н. Г. Сиротенко, О. В. Рибалко та Ю. М. Богачков, *Технологія розробки дистанційного курсу: навчальний посібник*, В. Ю. Биков та В. М. Кухаренко, ред. Київ: Міленіум, 2008. url: https://library.kpi.kharkov.ua/files/new_postupleniya/trdiku.pdf.
5. В. Ю. Биков та В. В. Лапінський, «Методологічні та методичні основи створення і використання електронних засобів навчального призначення», *Комп'ютер у школі та сім'ї*, № 3, с. 3–6, 2012. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/864/>.
6. В. Ю. Биков, О. М. Спірін, С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Наукометричні показники оцінювання результативності досліджень наукових установ і закладів освіти», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 86, № 6, с. 289–312, 2021. doi: 10.33407/itlt.v86i6.4656.
7. В. Ю. Биков та М. П. Лещенко, «Цифрова гуманістична педагогіка відкритої освіти», *Теорія і практика управління соціальними системами*, № 4, с. 115–130, 2016.
8. В. Ю. Биков, М. П. Лещенко та Л. І. Тимчук, *Цифрова гуманістична педагогіка: посібник*. Київ: ІТЗН НАПН України, 2017.

9. Т. Б. Бикова, «Професійна підготовка майстрів виробничого навчання швейного профілю із застосуванням змішаного навчання», дис. ... д-ра філософії : 015 – Професійна освіта (за спеціалізаціями), Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, Глухів, 2021. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0821U100938/>.
10. *Більшість українських учнів навчаються в очному або змішаному режимі*, 2022. url: <https://tinyurl.com/47p8y87w>.
11. Ю. П. Біляй, «Методична система підготовки майбутніх вчителів математики та інформатики до використання технологій дистанційного навчання», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – Теорія і методика навчання (з галузей знань), Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Київ, 2018. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0418U001874>.
12. Л. В. Брескіна, «Професійна підготовка майбутніх вчителів інформатики на основі сучасних мережевих інформаційних технологій», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – Теорія і методика навчання (з галузей знань), Південноукраїнський державний педагогічний університет ім. К. Д. Ушинського, Одеса, 2003. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0403U002046>.
13. К. Л. Бугайчук, «Змішане навчання: теоретичний аналіз та стратегія впровадження в освітній процес», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 54, № 4, с. 1–18, 2016. doi: 10.33407/itlt.v54i4.1434.
14. В. Т. Бусел, ред., *Великий тлумачний словник сучасної української мови*. Київ, Ірпінь: Перун, 2005. url: <https://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/UKR0000989>.
15. Т. А. Вакалюк, С. М. Іванова та І. С. Мінтій, «Результати аналітико-констатувального етапу дослідження «Методика використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень»», в *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України (10 лютого 2022 р.)*, О. П. Пінчук та Н. В. Яськова, ред., Київ, 2022, с. 13–16. doi: 10.31812/123456789/6467.
16. Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Окремі компоненти методики використання журнальних та конференційних систем у рецензуванні наукових праць», *Освітологічний дискурс*, т. 50, № 3, с. 63–75, 2025. doi: 10.28925/2312-5829/2025.3.6.

17. Т. А. Вакалюк, В. В. Концедайло та І. С. Мінтій, «Професійні м'які компетентності майбутніх інженерів-програмістів: ключові поняття», *Освітній вимір*, т. 2, с. 101–110, 2020. doi: 10.31812/educdim.v54i2.3859.
18. Т. А. Вакалюк, «Теоретико-методичні засади проектування і використання хмаро орієнтованого навчального середовища у підготовці бакалаврів інформатики», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2019.
19. Т. А. Вакалюк, В. В. Концедайло та І. С. Мінтій, «Перевірка ефективності методики використання ігрових симуляторів як засобів формування професійних м'яких компетентностей майбутніх інженерів-програмістів: результати педагогічного експерименту», *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*, № 2 (45), І. В. Козубовська, ред., с. 20–25, 2019. doi: 10.31812/123456789/3145. url: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/24848>.
20. Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Поняття хмаро орієнтованого навчального середовища закладу вищої освіти», в *Імплементація європейських стандартів в українські освітні дослідження: збірник матеріалів IV Міжнародної наукової конференції Української асоціації дослідників освіти (26 червня 2020 р.)*, С. Щудло, О. Заболотна та Л. Загоруйко, ред., ТзОВ «Трек-ЛТД», 2020, с. 32–34. doi: 10.31812/123456789/4107.
21. Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, В. А. Гаманюк та С. М. Іванова, «Врахування показників діяльності науково-педагогічних працівників за проєктною діяльністю та підготовкою переможців у конкурсах та олімпіадах», *Наукові інновації та передові технології (Серія «Державне управління», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»)*, № 4 (6), с. 22–34, 2022. doi: 10.52058/2786-5274-2022-4(6)-22-34.
22. Т. А. Вакалюк, О. М. Спірін, І. С. Мінтій, С. М. Іванова та Т. Л. Новицька, «Наукометричні показники оцінювання результативності педагогічних досліджень науковців та науково-педагогічних працівників», *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, т. 60, с. 167–184, 2021. doi: 10.31652/2412-1142-2021-60-167-184.
23. В. Є. Величко, «Теоретико-методичні засади застосування вільного програмного забезпечення у підготовці майбутніх учителів математики, фізики

та інформатики», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04, Донбаський державний педагогічний університет, Слов'янськ, 2019.

24. О. Г. Глазунова, «Теоретико-методичні засади проектування та застосування системи електронного навчання майбутніх фахівців з інформаційних технологій в університетах аграрного профілю», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2015.
25. Д. В. Головка, І. В. Зезуль та І. С. Мінтій, «Використання додатків WPS Office у шкільному курсі інформатики», в *Сучасні інформаційні технології в освіті і науці: 12 Всеукр. студ. наук. Інтернет-конф. (22-23 квітня 2021 р.)*, М. О. Медведєва, Г. В. Ткачук та О. В. Жмуд, ред., Умань: Візаві, 2021, с. 41–43. doi: 10.31812/123456789/4424.
26. А. М. Горло та І. С. Мінтій, «Адаптація дизайну сайту для людей із порушенням кольоросприйняття», *New computer technology*, т. XVI, с. 182–187, 2018. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/2226>.
27. А. М. Горло, В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Алгоритм адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», в *Інтелектуальний потенціал – 2019*, т. Ч. 3: Математичне моделювання та інженерія програмного забезпечення, 2019, с. 28–30. doi: 10.31812/123456789/3573.
28. О. В. Давискіба, «Підготовка майбутнього вчителя інформатики до організації навчального діалогу в системі «вчитель - комп'ютер - учень»», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – Теорія і методика професійної освіти, Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, Луганськ, 2009. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0409U002506>.
29. Т. С. Дибська, «Методика змішаного навчання усного японського мовлення майбутніх філологів», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – Теорія і методика навчання (з галузей знань), Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, 2020. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0420U102073/>.
30. М. Г. Друшляк, «Теорія і практика формування візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики у закладах вищої освіти», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 – Теорія і методика професійної освіти, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Суми, 2020. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0520U100506>.

31. О. С. Дущенко, «Формування готовності майбутнього вчителя інформатики до застосування інтернет-технологій у професійній діяльності», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – Теорія і методика професійної освіти, Ізмаїльський державний гуманітарний університет, Ізмаїл, 2019. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0419U005045>.
32. М. І. Жалдак, *Методика вивчення основ інформатики та обчислювальної техніки в педагогічному вузі*. Київ: Київський державний педагогічний інститут імені О. М. Горького, 1986.
33. М. І. Жалдак, Н. В. Морзе та Ю. С. Рамський, «Двадцять років становлення і розвитку методичної системи навчання інформатики в школі та педагогічному університеті», *Комп'ютер у школі та сім'ї*, № 5, с. 12–19, 2005.
34. М. І. Жалдак та Ю. В. Триус, *Основи теорії і методів оптимізації: навчальний посібник*. Черкаси: Брама-Україна, 2005.
35. Закон України «Про вищу освіту», 2014. url: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>.
36. Закон України «Про освіту», 2017. url: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
37. І. В. Зезуль та І. С. Мінтій, «Розробка хмаро орієнтованого курсу шкільної інформатики», в *Матеріали XIII Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (24-26 березня 2020 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2020, с. 202–204. doi: 10.31812/123456789/3832.
38. І. В. Зезуль, В. В. Подолянчук та І. С. Мінтій, «Використання системи Human школа в освітньому процесі», в *Матеріали XIV Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (23-25 березня 2021 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2021, с. 144–147. doi: 10.31812/123456789/4268.
39. С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Інформаційно-цифрові технології як засоби оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень», *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, т. 4, № 1, 2022. doi: 10.37472/v.naes.2022.4114.

40. С. М. Іванова, Т. Л. Новицька, А. В. Кільченко, Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Технологія використання наукових електронних бібліотек для оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень», *Освіта. Інноватика. Практика*, т. 10, № 6, с. 14–23, 2022. doi: 10.31110/2616-650X-vol10i6-002.
41. С. М. Іванова, А. В. Кільченко, І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Оцінювання результативності наукової діяльності засобами інформаційно-цифрових систем окремої установи», *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*, т. 3, с. 39–53, 2021. doi: 10.31812/123456789/5052.
42. І. А. Клеопа, «Формування математичної компетентності майбутніх бакалаврів комп'ютерної галузі в умовах змішаного навчання», дис. ... д-ра філософії : 015 – Професійна освіта (за спеціалізаціями), Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2023. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0823U101188/>.
43. В. Коваленко, М. Мар'єнко та А. Сухіх, «Особливості впровадження змішаного навчання у закладах загальної середньої освіти», *Нова педагогічна думка*, т. 107, № 3, с. 86–90, 2021. doi: 10.37026/2520-6427-2021-107-3-86-90.
44. В. В. Коваленко, М. В. Мар'єнко та А. С. Сухіх, *Використання цифрових технологій у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти*, М. В. Мар'єнко та А. С. Сухіх, ред. Київ: ІТЗН НАПН України, 2021. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/728506/>.
45. О. Г. Колгатін, «Теоретико-методичні засади проектування комп'ютерно орієнтованої системи педагогічної діагностики майбутніх учителів природничо-математичних спеціальностей», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2011.
46. К. Р. Колос, «Система Moodle як засіб розвитку предметних компетентностей учителів інформатики в умовах дистанційної післядипломної освіти», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2011.
47. К. Р. Колос, «Теоретико-методичні засади проектування і використання комп'ютерно орієнтованого навчального середовища закладу післядипломної педагогічної освіти», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2017.

48. *Концепція розвитку цифрових компетентностей*, 2021. url: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/167-2021-%D1%80#n13>.
49. Д. М. Коровій, «Формування культурологічної компетентності майбутніх учителів іноземних мов в умовах змішаного навчання», дис. ... д-ра філософії : 015 – Професійна освіта (за спеціалізаціями), Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, 2023. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0823U100208/>.
50. А. О. Косач, «Розробка мобільного додатку для розвитку математичних здібностей дошкільнят», дис. ... маг., Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, 2016.
51. О. М. Кривонос та О. В. Коротун, «Змішане навчання як основа формування ІКТ-компетентності вчителя», *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, т. 2, № 8, с. 19–23, 2015. url: <https://eprints.zu.edu.ua/19412/1/Kryvonos.pdf>.
52. О. Г. Кузьмінська, «Теоретико-методичні засади проектування і застосування цифрового освітнього середовища наукової комунікації магістрів-дослідників», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2020.
53. С. О. Курінна, «Розробка web-сайту ветеринарної клініки», Кваліфікаційна робота бакалавра, Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, 2014.
54. В. Кухаренко, «Змішане (гібридне) навчання та професійне навчання», в *Теорія і практика дистанційного навчання у професійній освіті: зб. матеріалів 1-ї Всеукр. веб-конф., 28 лютого 2017 р.*, Петренко, Л. М. [та ін.], ред., СІК-ГРУП УКРАЇНА, 2017. url: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/51974>.
55. В. Кухаренко, С. Березенська, К. Бугайчук, Н. Олійник, Т. Олійник, О. Рибалко, Н. Сиротенко та А. Столяревська, *Теорія та практика змішаного навчання*. Харків: Міськдрук, 2016. url: <https://repository.ldufk.edu.ua/handle/34606048/24840>.
56. О. В. Кучай, «Формування професійної компетенції вчителів інформатики у вищих навчальних закладах Польщі», дис. ... канд. пед. наук : 113.00.04 – Теорія і методика професійної освіти, Черкаський національний університет

- імені Богдана Хмельницького, Черкаси, 2011. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0411U000324>.
57. С. А. Лазоренко, «Теорія і практика формування інформаційно-цифрової культури майбутніх фахівців фізичної культури і спорту в умовах змішаного навчання», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 – Теорія і методика професійної освіти, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Суми, 2021. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0521U101103/>.
 58. М. П. Лещенко та А. В. Яцишин, «Відкрита освіта у категоріальному полі вітчизняних і зарубіжних учених», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 39, № 1, с. 1–16, 2014.
 59. С. Г. Литвинова, «Теоретико-методичні основи проектування хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2016.
 60. Ю. І. Машбиць, О. О. Гокунь, М. І. Жалдак, О. Ю. Комісаров та Н. В. Морзе, *Основи нових інформаційних технологій навчання: посібник для вчителів*. Київ: Інститут змісту і методів навчання, 1997.
 61. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Навчальний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського*, № 4(149), с. 33–39, 2024. doi: 10.24195/2617-6688-2024-4-5.
 62. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Методичний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Освітологічний дискурс*, т. 47, № 4, с. 64–72, 2024. doi: 10.28925/2312-5829/2024.4.7.
 63. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Дослідницький складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, т. 23(30), с. 16–25, 2024. doi: 10.31392/UDU-nc.series2.2024.23(30).02.
 64. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Цифрові ідентифікатори як інструмент академічної видимості: методичні аспекти», в *Сучасні цифрові технології та*

- інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: матеріали XV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (10 квітня 2025 р.)*, Тернопіль: ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2025, с. 160–163. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745832/>.
65. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Формування цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами наукометричних баз даних: аналіз сучасного стану досліджень», *Інноваційна педагогіка*, т. 2, № 84, с. 169–173, 2025. doi: 10.32782/2663-6085/2025/84.2.33.
 66. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Організаційно-виховний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*, № 2, с. 47–58, 2025. doi: 10.31499/2307-4906.2.2025.332123.
 67. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та С. М. Іванова, «Використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності досліджень: результати констатувального експерименту», *Інноваційна педагогіка*, т. 47, с. 309–315, 2022. doi: 10.32843/2663-6085/2022/47.59.
 68. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк, С. М. Іванова та А. В. Кільченко, «Окремі компоненти технології використання наукометричної бази даних Web of Science для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, т. 208, с. 177–187, 2023. doi: 10.36550/2415-7988-2023-1-208-177-187.
 69. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та В. А. Ткаченко, «Використання сервісу VOSviewer у науковій діяльності», *Інноваційна педагогіка*, № 75, с. 279–285, 2024. doi: 10.32782/2663-6085/2024/75.54.
 70. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та В. А. Ткаченко, «Окремі компоненти методики розвитку цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників з використанням наукометричних баз даних», *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського*, № 3(152), с. 138–145, 2025. doi: 10.24195/2617-6688-2025-3-19.
 71. І. С. Мінтій та В. А. Доценко, «Дистанційна підтримка комбінованого навчання інформатики у 5 класі», в *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи. Матеріали XI*

- Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (6 квітня, 2023), Тернопіль: Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2023, с. 124–126. doi: 10.31812/123456789/7248.*
72. І. С. Мінтій, О. Ю. Стецишина, О. Ю. Тарасова, Т. А. Вакалюк та С. О. Семеріков, «Інформатична термінологія: між неповнотою та надлишковістю», *Інформаційні технології в освіті*, № 2(56), с. 14–34, 2024. doi: 10.14308/ite000784.
 73. І. Мінтій, С. Шокалюк, С. Литвинова та О. Пінчук, «Проектування електронних навчальних курсів на основі типового Moodle-курсу університету», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні науки»*, № 14(43), с. 66–84, 2020. doi: 10.32405/2218-7650-2020-14(43)-66-84.
 74. І. С. Мінтій, «Розвиток ІК-компетентностей викладачів математичних дисциплін в мобільному освітньому середовищі», в *Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (10 жовтня 2017 р.)*, Н. П. Франчук, ред., Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2017, с. 125–126. doi: 10.31812/0564/1524.
 75. І. С. Мінтій, «Комбіноване навчання: аналіз досвіду», в *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація освіти України в умовах воєнного стану» (24 лютого 2023 р.)*, Київ: ІЦО НАПН України, 2023, с. 43–45. doi: 10.31812/123456789/7415.
 76. І. С. Мінтій, «SWOT-аналіз комбінованого навчання», в *Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану» (23 лютого 2024 р.)*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 46–49. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10397>.
 77. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та С. М. Іванова, «Огляд можливостей онлайн-сервісу Lens», в *Тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2022) (23-25 червня 2022 р.)*, Черкаси: ЧДТУ, 2022, с. 96–97. doi: 10.31812/123456789/6468.
 78. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк, В. М. Пірогов, А. М. Горло та М. М. Мінтій, «Аналіз програмних засобів для людей із порушеннями зору», *Вісник Жито-*

- мирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки, № 4 (95), с. 108–116, 2018. doi: 10.35433/pedagogy.4(95).2018.108-116.
79. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Огляд наукометричних баз Google Scholar та ORCID», в *Звітна наукова конференція ІТЗН НАПН України: матеріали наук.-практ. конф. (11 лютого 2021 р.)*, Київ: ІТЗН НАПН України, 2021, с. 63–66. doi: 10.31812/123456789/5085.
 80. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Огляд можливостей референс-менеджера Mendeley», в *Сучасні ІТ в освіті та науці: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (18-19 листопада 2021 р.)*, Житомир: ЖДУ, 2021, с. 98–102. doi: 10.31812/123456789/6070.
 81. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Референс-менеджери як засоби керування бібліографічними даними», в *Інформаційні технології в освіті та науці*, т. 12, Мелітополь: ФОП «Однорог Т. В.», 2021, с. 102–105. doi: 10.31812/123456789/5066.
 82. І. С. Мінтій та В. М. Коваленко, «Проблеми впровадження інформаційно-цифрових технологій в галузі освіти і науки», в *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності: тези доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. (2 лист. 2021 р.)*, Київ: Національний авіаційний університет, 2021, с. 89–93. doi: 10.31812/123456789/6053.
 83. І. С. Мінтій та М. М. Мінтій, «Проектування засобів доповненої реальності навчального призначення», в *Інформаційні технології у вищій школі*, Т. А. Вакалюк та С. Г. Литвинова, ред., Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2019, с. 290–306. doi: 10.31812/123456789/3607.
 84. І. С. Мінтій, М. М. Мінтій та С. В. Шокалюк, «Імпорт питань в систему управління навчанням Moodle», в *Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції «MoodleMoot Ukraine 2019. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle» (24 травня 2019 р.)*, Київ, 2019, с. 103–108. url: <https://2019.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=5>.
 85. І. С. Мінтій та Т. В. Придача, «Використання Google Forms у роботі майбутнього класного керівника», в *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці: Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції ІТОНТ-2018 (17-18 травня 2018 р.)*, Черкаси: ЧДТУ, 2018, с. 216–218. doi: 10.31812/0564/2243.

86. І. С. Мінтій та С. О. Семеріков, «Мобільно орієнтоване середовище навчання студентів природничо-математичних спеціальностей педагогічних вищих навчальних закладів», в *Актуальні питання сучасної інформатики: Тези доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці», присвяченої 10-ій річниці функціонування Інтернет-порталу E-OLYMP (09-10 листопада 2017 р.)*, т. 5, Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2017, с. 142–143. doi: 10.31812/0564/1521.
87. І. С. Мінтій, С. О. Семеріков та В. М. Соловйов, «Кафедрі інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету – 25: історія, аналіз здобутків та перспективи розвитку», в *Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2017» (14 груд. 2017 р.)*, О. М. Спірін та А. В. Яцишин, ред., Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 2017, с. 167–171. doi: 10.31812/0564/1961.
88. І. С. Мінтій, Н. А. Хараджян та С. В. Шокалюк, «Розвиток ІК-компетентностей викладачів педагогічних ВНЗ за програмою курсів підвищення кваліфікації «Інформаційно-комунікаційні технології в очно-дистанційному (комбінованому) навчанні»», *New computer technology*, т. XV, с. 240–244, 2017. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/1075>.
89. І. С. Мінтій та С. В. Шокалюк, «Засоби реалізації чисельних методів розв’язування нелінійних рівнянь з однією змінною», *Актуальні питання природничо-математичної освіти*, т. 9, с. 95–100, 2017. doi: 10.31812/0564/1362.
90. М. М. Мінтій та І. С. Мінтій, «МООС як форма підвищення ІКТ-компетентності педагогічних працівників», в *Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ)*, Кривий Ріг: Криворізький державний педагогічний університет, 2020, с. 77–79. doi: 10.31812/123456789/4202.
91. Н. В. Морзе, *Методика навчання інформатики. Ч. 1. Загальна методика навчання інформатики*, М. І. Жалдак, ред. Київ: Навчальна книга, 2004.
92. Н. В. Морзе, «Система методичної підготовки майбутніх вчителів інформатики в педагогічних університетах», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02,

- Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Київ, 2003.
93. В. С. Моркун, С. М. Грищенко, І. С. Мінтій, М. В. Мар'єнко та Ю. В. Єчкало, «Вимоги до змісту та підготовки докторів філософії зі спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»», *Освітній вимір*, т. 4, с. 77–88, 2021. doi: 10.31812/educdim.v56i4.4436.
 94. О. Ф. Мусійовська, «Дидактичні умови використання технологій комбінованого навчання іноземних мов студентів технічних спеціальностей», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.09 – Теорія навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, 2016. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0416U003653/>.
 95. Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти, *Рекомендації Комітету з питань етики щодо припинення (обмеження) використання джерел інформації держави-агресора в наукових публікаціях*, 2023. url: <https://bit.ly/3T8iKiW>.
 96. П. П. Нечипуренко, С. О. Семеріков та Л. І. Томіліна, *Теоретико-методичні засади використання інформаційно-комунікаційних технологій як засобу формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні хімії* (Теорія та методика електронного навчання 1 (9)). Кривий Ріг: Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2018, т. IX, Спецвипуск «Монографія в журналі».
 97. О. В. Овчарук, О. О. Гриценчук, І. В. Іванюк, Л. А. Карташова, О. Є. Кравчина, М. П. Лещенко та І. Д. Малицька, *Розвиток інформаційно-цифрового навчального середовища закладу загальної середньої освіти: методичний посібник*. Київ: Інститут цифровізації освіти НАПН України, 2022. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/734207/>.
 98. В. П. Олексюк, О. М. Спірін, С. М. Іванова, І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та А. В. Кільченко, «Огляд досвіду використання штучного інтелекту для розвитку цифрової компетентності науково-педагогічних працівників», *Інформаційні технології в освіті*, № 2(58), с. 146–158, 2025. doi: 10.14308/ite000806.
 99. В. П. Олексюк, «Теоретико-методичні основи проектування, адміністрування та використання хмаро орієнтованого середовища навчання майбутніх учителів інформатики», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут цифровізації освіти НАПН України, Київ, 2023.

100. К. П. Осадча, «Формування професійної компетентності майбутніх учителів інформатики у процесі вивчення фахових дисциплін», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, 2010.
101. Н. С. Павлова, «Використання методичних задач у фаховій підготовці майбутніх учителів інформатики», *Вісник Університету імені Альфреда Нобеля. Серія: Педагогіка і психологія*, № 2(22), с. 264–272, 2021. doi: 10.32342/2522-4115-2021-2-22-29.
102. Н. С. Павлова, «Pedagogical practice in the system of professional training of informatics teachers», *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*, № 2, с. 36–44, 2022. doi: 10.28925/1609-8595.2022.2.4.
103. О. Пасічник, Ю. Єфимова, Х. Чушак, О. Шинаровська та А. Донець, *Змішане навчання у закладах професійної (професійно-технічної) освіти*. Київ, 2021. url: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/pto/2021/11/30/Zmish.navch.u.zakl.P-PT-O.30.11.pdf>.
104. В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Програмні засоби для людей з порушеннями зору: аналіз досліджень у наукометричній базі даних Scopus», в *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті та науці» (25-26 травня 2023 р.)*, Запоріжжя-Мелітополь: Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 2023, с. 124–126. doi: 10.31812/123456789/7249.
105. В. М. Пірогов, А. М. Горло та І. С. Мінтій, «Програмна розробка алгоритму адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», *CEUR Workshop Proceedings*, т. 2292, А. Ю. Ків, С. О. Семеріков, В. М. Соловійов та А. М. Стрюк, ред., с. 103–108, 2018. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2292/paper11.pdf>.
106. В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Реалізація алгоритмів конвертації та імітації в системі адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», в *Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ)*, Кривий Ріг: Криворізький державний педагогічний університет, 2020, с. 95–97. doi: 10.31812/123456789/4203.
107. В. М. Пірогов, І. С. Мінтій, М. М. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Програмні засоби для людей із порушеннями зору», в *Актуальні питання сучасної*

- інформатики: *Тези доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці» (08-09 листопада 2018 р.)*, Т. А. Вакалюк, ред., т. 6, Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2018, с. 166–170. doi: 10.31812/123456789/2768.
108. В. В. Подолянюк та І. С. Мінтій, «Інтерактивні онлайн-тренажери з математики для учнів початкової школи», в *Міжнародна науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності» (10 листопада 2023 р.)*, Київ, 2023, с. 46–49. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/8461>.
 109. В. В. Подолянюк та І. С. Мінтій, «Використання мобільних додатків та ігрових технологій для залучення учнів до навчання», в *XV Всеукраїнська науково-практична конференція для молодих учених та здобувачів освіти «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці» (25–26 квітня 2024 р.)*, Умань: Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, 2024. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10398>.
 110. В. В. Подолянюк та І. С. Мінтій, «Переваги та недоліки використання штучного інтелекту в освітньому процесі», в *Міжнародна наукова конференція «Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2024)» (1-2 березня 2024 р.)*, Київ, 2024, с. 46–49. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10399>.
 111. В. Подолянюк та І. С. Мінтій, «Тестові завдання курсу «Сервіси Google в освітньому процесі»», в *Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (22-24 березня 2022 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2022, с. 128–130. doi: 10.31812/123456789/6239.
 112. Н. О. Пономарьова, «Аналіз стану підготовки майбутніх вчителів інформатики у вищих педагогічних навчальних закладах України до роботи з професійної орієнтації школярів на ІТ-спеціальності», *ScienceRise: Pedagogical Education*, № 7(15), с. 44–48, 2017. doi: 10.15587/2519-4984.2017.107978.
 113. *Професійний стандарт «Вчитель закладу загальної середньої освіти»*, 2024. url: <https://mon.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennia-profesiinoho-standartu-vchytel-zakladu-zahalnoi-serednoi-osvity>.
 114. *Рекомендації щодо впровадження змішаного навчання у закладах фахової передвищої та вищої освіти*, 2020. url: <https://tinyurl.com/38vasj4m>.

115. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, В. А. Гаманюк, В. М. Соловйов, О. В. Бондаренко, П. П. Нечипуренко, С. В. Шокалюк, Н. В. Моїсеєнко та В. Р. Рубан, «Розробка системи комп'ютерного зору на основі машинного навчання для освітніх цілей», *Освітній вимір*, т. 5, с. 8–60, 2021. doi: 10.31812/educdim.4717.
116. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій та В. П. Олексюк, «На перетині знань: XVI міжнародна конференція з математичної, природничо-наукової та технологічної освіти», *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, т. 6, № 1, с. 1–5, 2024. doi: 10.37472/v.naes.2024.6124.
117. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, П. П. Нечипуренко, І. С. Мінтій та О. В. Бондаренко, «Аналіз тенденцій досліджень з освітніх технологій, опублікованих у Educational Technology Quarterly (2021-2023)», в *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 292–306. doi: 10.33407/lib.NAES.id/eprint/744025.
118. С. О. Семеріков та І. С. Мінтій, «Оптимізація підготовки та перепідготовки вчителів для персоналізованого навчання на основі штучного інтелекту: бібліометричний аналіз з великими мовними моделями», в *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 214–239. doi: 10.33407/lib.NAES.id/eprint/744025.
119. С. О. Семеріков та М. М. Мінтій, *Вступ до проєктування цифрових освітніх ресурсів із доповненою реальністю : навчальний посібник до курсу «Інноваційні цифрові технології в освіті»*. Кривий Ріг, 2023. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/7850>.
120. С. О. Семеріков та А. М. Стрюк, «Комбіноване навчання: проблеми і перспективи застосування в удосконаленні навчально-виховного процесу й самостійної роботи студентів», в *Теорія і практика організації самостійної роботи студентів вищих навчальних закладів*, О. А. Коновал, ред., Кривий Ріг: Книжкове видавництво Киреєвського, 2012, с. 135–163. doi: 10.31812/0564/971.
121. С. О. Семеріков, *Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі*. Кривий Ріг: Мінерал, 2009. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/667>.
122. В. С. Січкара та І. С. Мінтій, «Програмні засоби для підтримки вивчення 3D-моделювання у старшій школі», в *Матеріали XV Всеукраїнської науково*

- практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (22-24 березня 2022 р.), Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2022, с. 118–120. doi: 10.31812/123456789/6238.
123. А. В. Скрипник, «Розробка web-сайту весільного салону», Кваліфікаційна робота бакалавра, Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, 2014.
 124. Т. М. Собченко, «Дидактична система змішаного навчання студентів філологічних спеціальностей у закладах вищої освіти», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.09 – Теорія навчання, Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди, Харків, 2021. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0521U101906/>.
 125. О. М. Спірін, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, С. М. Іванова та О. Шимон, «Технологія використання наукометричної бази даних Scopus для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні науки»*, т. 22(51), с. 116–136, 2022. doi: 10.32405/2218-7650-2022-22(51)-116-136.
 126. О. М. Спірін, Т. А. Вакалюк, В. П. Олексюк, С. М. Іванова, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Модель використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Відкрите освітнє середовище сучасного університету*, т. 14, с. 50–62, 2023. doi: 10.28925/2414-0325.2023.145.
 127. О. М. Спірін, С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, А. В. Кільченко, Ю. А. Лабжинський, І. С. Мінтій, Т. Л. Новицька, В. П. Олексюк, К. П. Осадча, Я. Б. Сікора, С. О. Семеріков, В. А. Ткаченко, Н. П. Франчук, О. М. Шимон, М. А. Шиненко, О. В. Чижмотря та Т. І. Чернецька, *Розвиток цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами відкритих освітньо-наукових інформаційних систем: методичний посібник*. Київ: ІЦО НАПН України, 2025. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/746838>.
 128. О. М. Спірін, С. М. Іванова, В. П. Олексюк, І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та А. В. Кільченко, «Експеримент з розвитку компетентності з використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні*

- науки», т. 27(56), с. 148–170, 2024. doi: 10.58442/2218-7650-2024-27(56)-147-170.
129. О. М. Спирін, *Теоретичні та методичні засади професійної підготовки майбутніх учителів інформатики за кредитно-модульною системою*. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2007.
 130. О. М. Спирін, «Інформаційно-комунікаційні та інформатичні компетентності як компоненти системи професійно-спеціалізованих компетентностей вчителя інформатики», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 13, № 5, 2009. doi: 10.33407/itlt.v13i5.183.
 131. О. В. Струтинська, «Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 – Теорія і методика навчання (з галузей знань), Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Київ, 2021. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0521U101223>.
 132. Г. В. Ткачук, «Теоретичні і методичні засади практично-технічної підготовки майбутніх учителів інформатики в умовах змішаного навчання», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 – Теорія і методика навчання (з галузей знань), Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Київ, 2019. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0519U001057>.
 133. Ю. В. Триус, І. В. Герасименко та В. М. Франчук, *Система електронного навчання ВНЗ на базі Moodle: методичний посібник*. Черкаси: ЧДТУ, 2012. url: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/3449>.
 134. Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», 2019. url: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>.
 135. М. А. Умрик, «Система проєктування цифрового освітнього середовища підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху штучного інтелекту», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, 2026.
 136. В. Устінова, С. Шокалюк, І. Мінтій та А. Пікільняк, «Сучасні методи організації комп'ютерної підтримки самостійної роботи майбутніх учителів німецької мови», *Педагогіка вищої та середньої школи*, т. 52, с. 135–152, 2019. doi: 10.31812/pedag.v52i0.3781.

137. А. Л. Федорчук, «Підготовка майбутнього вчителя інформатики до роботи в класах фізико-математичного профілю», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – Теорія і методика професійної освіти, Житомирський державний університет імені Івана Франка, Житомир, 2013. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0413U007271>.
138. В. М. Франчук, *Методика навчання інформатичних дисциплін в педагогічних університетах з використанням веб-орієнтованих систем*. Київ: Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, 2020.
139. Н. Ю. Чередніченко, «Професійна підготовка вчителів інформатики в університетах Нідерландів», дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – Теорія і методика професійної освіти, Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Кіровоград, 2014. url: <https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0414U006085>.
140. С. А. Швайко, «Розробка web-сайту ДЮСШ №1», Кваліфікаційна робота бакалавра, Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, 2014.
141. М. П. Шишкіна, «Теоретико-методичні засади формування і розвитку хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища вищого навчального закладу», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2016.
142. С. В. Шокалюк, І. С. Мінтій та М. В. Моїсеєнко, «Моделювання уроку інформатики майбутніми вчителями», *New computer technology*, т. XVI, с. 84–93, 2018. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/2222>.
143. А. В. Яцишин, «Теоретико-методичні основи використання цифрових відкритих систем у підготовці аспірантів і докторантів з наук про освіту», дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.10, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, Київ, 2021.
144. S. Abaci, J. Robertson, H. Linklater та F. McNeill, «Supporting school teachers' rapid engagement with online education», *Educational Technology Research and Development*, т. 69, № 1, с. 29–34, 2021. doi: 10.1007/s11423-020-09839-5.
145. D. Acton, K. Voll, S. Wolfman та B. Yu, «Pedagogical transformations in the UBC CS science education initiative», в *WCCCE 2009 – Proceedings of the 14th Western Canadian Conference on Computing Education*, 2009, с. 3–8. doi: 10.1145/1536274.1536280.

146. I. E. Allen та J. Seaman, *Class Differences: Online Education in the United States, 2010*. Babson Survey Research Group, 2010. url: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED529952.pdf>.
147. I. E. Allen, J. Seaman та R. Garrett, *Blending In: The Extent and Promise of Blended Education in the United States 2005*. Sloan-C, 2007. url: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED529930.pdf>.
148. L. Allen, «Computer Science Education: Online Content Modules and Professional Development for Secondary Teachers in West Tennessee—A Case Study», в *Advances in Information and Communication*, K. Arai та R. Bhatia, ред., cep. Lecture Notes in Networks and Systems, т. 70, Cham: Springer International Publishing, 2020, с. 523–532. doi: 10.1007/978-3-030-12385-7_38.
149. M. W. Allen та R. Sites, *Leaving ADDIE for SAM: An Agile Model for Developing the Best Learning Experiences*. Alexandria, VA: ASTD Press, 2012.
150. K. Almendingen, B. Sparboe-Nilsen, L. Kvarme та J. Benth, «Core Competencies for Interprofessional Collaborative Practice Among Teacher Education, Health and Social Care Students in a Large Scaled Blended Learning Course», *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, т. 14, с. 2249–2260, 2021. doi: 10.2147/JMDH.S325086.
151. H. Alrashidi, M. Joy, T. D. Ullmann та N. Almujaally, «Educators' Validation on a Reflective Writing Framework (RWF) for Assessing Reflective Writing in Computer Science Education», в *Intelligent Tutoring Systems*, V. Kumar та C. Troussas, ред., Cham: Springer International Publishing, 2020, с. 316–322. doi: 10.1007/978-3-030-49663-0_37.
152. M. Alsina Tarrés, A. Masardo, C. Mallol Macau та I. Farrés Cullell, «Knowledge sharing among teacher trainees in a transnational blended learning exchange», *Revista Complutense de Educación*, т. 33, № 4, с. 529–540, 2022. doi: 10.5209/rced.76329.
153. E. Ameloot, T. Rotsaert та T. Schellens, «The supporting role of learning analytics for a blended learning environment: Exploring students' perceptions and the impact on relatedness», *Journal of Computer Assisted Learning*, т. 38, № 1, с. 90–102, 2022. doi: 10.1111/jcal.12593.
154. V. Ancheva та V. Voinohovska, «Teacher Education for Using STEM Pedagogy in the Discipline Informatics and Information Technologies», в *ICERI2019 Proceedings*, cep. 12th annual International Conference of Education, Research

- and Innovation, Seville, Spain: IATED, 2019, c. 6154–6158. doi: 10.21125/iceri.2019.1482.
155. L. W. Anderson ta D. R. Krathwohl, *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman, 2001.
 156. C. Angeli ta N. Valanides, «Epistemological and Methodological Issues for the Conceptualization, Development, and Assessment of ICT-TPCK: Advances in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK)», *Computers & Education*, т. 52, № 1, c. 154–168, 2009. doi: 10.1016/j.compedu.2008.07.006.
 157. J. Ansorg, «Impact of information technology on surgery (Digitale informationsverarbeitung – Bedeutung für die chirurgie)», *Viszeralchirurgie*, т. 38, № 3, c. 161–166, 2003. doi: 10.1055/s-2003-40027.
 158. L. Anthonysamy, A.-C. Koo ta S.-H. Hew, «Self-Regulated Learning Strategies in Higher Education: Fostering Digital Literacy for Sustainable Lifelong Learning», *Education and Information Technologies*, т. 25, № 4, c. 2393–2414, 2020. doi: 10.1007/s10639-020-10201-8.
 159. Anthropic, *Claude*, 2024. url: <https://claude.ai/>.
 160. V. Antoniadou ta M. Dooly, «Etnografia educativa en contextos d'aprenentatge mixt», в *Qualitative approaches to research on plurilingual education – Enfocaments qualitatius per a la recerca en educació plurilingüe – Enfoques cualitativos para la investigación en educación plurilingüe*, E. Moore ta M. Dooly, ред., Research-publishing.net, 2017, c. 264–292. doi: 10.14705/rpnet.2017.emmd2016.631.
 161. A. G. Antúnez Sánchez, K. d. I. Á. González Espinosa, Y. Soler Pellicer, S. Rodríguez Rodríguez ta J. Hauß, «Resultados y experiencias en la enseñanza de las matemáticas: la modalidad blended learning», *Didasc@lia: didáctica y educación*, т. 5, № 2, c. 89–98, 2014. url: <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía/article/view/292>.
 162. *Apprentissage hybride*, 2022. url: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Apprentissage_hybride&oldid=199753377.
 163. *Aprendizaje semipresencial*, 2022. url: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Aprendizaje_semipresencial&oldid=146904000.
 164. *Aprenentatge mixt*, 2018. url: https://ca.wiktionary.org/w/index.php?title=aprenentatge_mixt&oldid=1199848.

165. G. Ardito ta B. Czerkowski, «The development of autonomous student learning networks: Patterns of interactions in an open world learning environment for teachers exploring teaching with and through computer science», *Sustainability*, т. 13, № 16, с. 8696, 2021. doi: 10.3390/su13168696.
166. F. Ari, I. Arslan-Ari ta L. Vasconcelos, «Early Childhood Preservice Teachers' Perceptions of Computer Science, Gender Stereotypes, and Coding in Early Childhood Education», *TechTrends*, т. 66, № 3, с. 539–546, 2022. doi: 10.1007/s11528-022-00725-w.
167. Y. Arifani, R. Mindari, N. Hidayat ta A. S. Wicaksono, «Basic psychological needs of in-service EFL teachers in blended professional training: voices of teachers and learners», *Interactive Learning Environments*, т. 31, № 8, с. 5159–5172, 2023. doi: 10.1080/10494820.2021.1943691.
168. M. Armoni, «Looking at secondary teacher preparation through the lens of computer science», *ACM Transactions on Computing Education*, т. 11, № 4, Article 23, 2011. doi: 10.1145/2048931.2048934.
169. M. Z. Asghar, M. N. Afzaal, J. Iqbal ta H. A. Sadia, «Analyzing an Appropriate Blend of Face-to-Face, Offline and Online Learning Approaches for the In-Service Vocational Teacher's Training Program», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, т. 19, № 17, 2022. doi: 10.3390/ijerph191710668.
170. F. E. Ayeni, «An Analysis of Blended Learning as a Pedagogical Tool for Teaching Computer Science at Historically Black Colleges and Universities», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Science and Mathematics Education, Southern University and Agricultural and Mechanical College, Louisiana, United States, 2020. doi: 10.5555/AAI28087838.
171. A. Baabdullah, H. Alajlan ta R. Alebaikan, «The Perceptions and Experiences of In-Service Teachers in a Computer Science Professional Development Program», *Sustainability*, т. 16, № 4, с. 1473, 2024. doi: 10.3390/su16041473.
172. D. Baberowski, T. Leonhardt ta N. Bergner, «Digital Fabrication in computer science education – A seminar for student teachers; [Digital Fabrication im Informatikunterricht – ein Seminar für Lehramtsstudierende]», в *INFOS 2023 – Informatikunterricht zwischen Aktualität und Zeitlosigkeit*, L. Hellmig ta M. Hennecke, ред., сер. Lecture Notes in Informatics (LNI), Proceedings – Series of the Gesellschaft für Informatik (GI), т. P-336, Gesellschaft für Informatik (GI), 2023, с. 279–288. doi: 10.18420/infos2023-027.

173. G. Baksa-Haskó та B. Baranyai, «Data-Mining Possibilities in Blended Learning», в *Teaching and Learning in a Digital World*, М. Е. Auer, D. Guralnick та I. Simonics, ред., сер. Advances in Intelligent Systems and Computing, т. 716, Cham: Springer International Publishing, 2018, с. 174–183. doi: 10.1007/978-3-319-73204-6_21.
174. A. Bandura, *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. New York: W.H. Freeman, 1997.
175. S. K. Banihashem, O. Noroozi, P. den Brok, H. J. Biemans та N. T. Kerman, «Modeling teachers' and students' attitudes, emotions, and perceptions in blended education: Towards post-pandemic education», *The International Journal of Management Education*, т. 21, № 2, с. 100 803, 2023. doi: 10.1016/j.ijme.2023.100803.
176. E. R. Banilower та E. M. Gordon, «Where are we now? Results from a national study of computer science teachers and teaching», в *SIGCSE 2019 – Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Association for Computing Machinery, Inc, 2019, с. 330–331. doi: 10.1145/3287324.3287515.
177. O. V. Barna, O. H. Kuzminska та S. O. Semerikov, «Enhancing digital competence through STEM-integrated universal design for learning: a pedagogical framework for computer science education in Ukrainian secondary schools», *Discover Education*, т. 4, 2025. doi: 10.1007/s44217-025-00821-y.
178. G.-L. Baron та E. Bruillard, «Information technology, informatics and pre-service teacher training», *Journal of Computer Assisted Learning*, т. 10, № 1, с. 2–13, 1994. doi: 10.1111/j.1365-2729.1994.tb00277.x.
179. V. Barr та C. Stephenson, «Bringing Computational Thinking to K-12: What Is Involved and What Is the Role of the Computer Science Education Community?», *ACM Inroads*, т. 2, № 1, с. 48–54, 2011. doi: 10.1145/1929887.1929905.
180. T. B. Bati, «Blended learning in large class introductory programming courses: an empirical study in the context of an Ethiopian university», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Information Systems, University of South Africa, 2015. url: <http://web.archive.org/web/20160528223049/https://uir.unisa.ac.za/handle/10500/19647>.
181. S. R. Bauer, «The Power of Story», в *Proceedings of the 31st Annual ACM SIGUCCS Fall Conference*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2003, с. 151–153. doi: 10.1145/947469.947510.

182. G. Bausch, L. Ni, F. Martin, H.-Y. Hsu та B. Feliciano, «Middle School Teachers' Self-efficacy in Teaching Computer Science and Digital Literacy», в *SIGCSE 2021 – Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Association for Computing Machinery, Inc, 2021, с. 1298. doi: 10.1145/3408877.3439592.
183. J.-P. Béchar, C. Carré, G. Frankel, Z. Dissou, C. Bazinet, G. Cazabon та Y. Goyette, «L'apprentissage hybride en sciences de gestion: ce qu'en pensent les étudiants», *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, т. 30, № 1, с. 1–19, 2014. doi: 10.4000/ripes.784.
184. F. Bédard, P. Pelletier та C. Le Clech, «L'apprentissage hybride», *Le Tableau*, т. 6, № 1, 2017. url: <https://pedagogie.quebec.ca/le-tableau/lapprentissage-hybride>.
185. T. Bell, «Education establishing a nationwide cs curriculum in new zealand high schools: Providing students, teachers, and parents with a better understanding of computer science and programming», *Communications of the ACM*, т. 57, № 2, с. 28–30, 2014. doi: 10.1145/2556937.
186. C. Bellettini, V. Lonati, D. Malchiodi, M. Monga та A. Morpurgo, «Informatics and Computational Thinking: A Teacher Professional Development Proposal Based on Social-Constructivism», в *Informatics in Schools. Fundamentals of Computer Science and Software Engineering*, S. N. Pozdniakov та V. Dagienė, ред., cep. Lecture Notes in Computer Science, т. 11169, Cham: Springer International Publishing, 2018, с. 194–205. doi: 10.1007/978-3-030-02750-6_15.
187. M. Bernard та T. Cummings, «Integrating web-based instruction and classroom teaching: Case studies from the Caribbean», в *Proceedings of the IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education, CATE 2003, Greece*, ACTA Press, 2003, с. 96–102. url: <https://uwispace.sta.uwi.edu/dspace/handle/2139/11721>.
188. R. M. Bernard, E. Borokhovski, R. F. Schmid, R. M. Tamim та P. C. Abrami, «A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: From the general to the applied», *Journal of Computing in Higher Education*, т. 26, № 1, с. 87–122, 2014. doi: 10.1007/s12528-013-9077-3.
189. B. Beth, C. Lin та G. Veletsianos, «Training a diverse computer science teacher population», *ACM Inroads*, т. 6, № 4, с. 94–97, 2015. doi: 10.1145/2829978.
190. H. Bicen, F. Ozdamli та H. Uzunboylu, «Online and blended learning approach on instructional multimedia development courses in teacher education», *Interactive*

- Learning Environments*, т. 22, № 4, с. 529–548, 2014. doi: 10.1080/10494820.2012.682586.
191. J. Biggs та C. Tang, *Teaching for Quality Learning at University*, 3rd. Maidenhead: Open University Press, 2007.
 192. L. Bilousova, L. Gryzun та N. Zhytienova, «Interactive methods in blended learning of the fundamentals of UI/UX design by pre-service specialists», *Educational Technology Quarterly*, т. 2021, № 3, с. 415–428, 2021. doi: 10.55056/etq.34.
 193. L. I. Bilousova, L. E. Gryzun, J. O. Rakusa та E. O. Shmeltser, «Informatics teacher's training for design of innovative learning aids», в *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019, A. E. Kiv та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2643, CEUR-WS.org, 2019, с. 563–577. doi: 10.55056/CTE.413. url: <https://doi.org/10.55056/cte.413>.
 194. I. Bitenc, B. Werber та M. Urh, «Kombinirano učenje – izkušnje in rešitve», *Uporabna informatika*, т. 28, № 1, 2020. doi: 10.31449/upinf.76.
 195. P. Black та D. Wiliam, «Developing the Theory of Formative Assessment», *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, т. 21, № 1, с. 5–31, 2009. doi: 10.1007/s11092-008-9068-5.
 196. *Blandet læring*, 2020. url: https://no.wikipedia.org/w/index.php?title=Blandet_1%C3%A6ring&oldid=20622313.
 197. *Blended Learning*, 2021. url: https://da.wikipedia.org/w/index.php?title=Blended_Learning&oldid=10947565.
 198. *Blended learning*, 2019. url: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Blended_learning&oldid=56691680.
 199. *Blended learning*, 2019. url: https://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Blended_learning&oldid=21949072.
 200. *Blended learning*, 2021. url: https://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Blended_learning&oldid=63411211.
 201. *Blended learning*, 2022. url: https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Blended_learning&oldid=62201999.
 202. *Blended learning*, 2022. url: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Blended_learning&oldid=21877316.
 203. *Blended learning*, 2022. url: https://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Blended_learning&oldid=50274870.

204. *Blended learning*, 2023. url: https://en.wiktionary.org/w/index.php?title=blended_learning&oldid=72026227.
205. B. Bloom, *A taxonomy of cognitive objectives*. New York: McKay, 1956.
206. R. Boelens, B. De Wever та M. Voet, «Four key challenges to the design of blended learning: A systematic literature review», *Educational Research Review*, т. 22, с. 1–18, 2017. doi: 10.1016/j.edurev.2017.06.001.
207. C. J. Bonk та C. R. Graham, ред., *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2006.
208. C. Bordin, S. Mishra та F. E. Benth, «Pedagogical Perspectives of Interdisciplinary Teaching and Research: An Energy System Modelling Outlook in Relation to Energy Informatics», *Energies*, т. 16, № 15, с. 5757, 2023. doi: 10.3390/en16155757.
209. M. Borowczak та A. C. Burrows, «Ants go marching-integrating computer science into teacher professional development with netlogo», *Education Sciences*, т. 9, № 1, с. 1–16, 2019. doi: 10.3390/educsci9010066.
210. E. C. Bouck, P. Sands, H. Long та A. Yadav, «Preparing Special Education Preservice Teachers to Teach Computational Thinking and Computer Science in Mathematics», *Teacher Education and Special Education*, т. 44, № 3, с. 221–238, 2021. doi: 10.1177/0888406421992376.
211. A. Bozkurt, «A Retro Perspective on Blended/Hybrid Learning: Systematic Review, Mapping and Visualization of the Scholarly Landscape», *Journal of Interactive Media in Education*, т. 2022, № 1, 2022. doi: 10.5334/jime.751.
212. R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer, 2009. doi: 10.1007/978-0-387-09506-6.
213. O. Brandes та M. Armoni, «The Effects of a Professional Development Workshop Focusing on Action Research on the Practice of High-School Computer Science Teachers», в *Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, cep. WiPSCE '19, Glasgow, Scotland, Uk: Association for Computing Machinery, 2019. doi: 10.1145/3361721.3361725. url: <https://doi.org/10.1145/3361721.3361725>.
214. J.-O. Brandt, M. Barth, E. Merritt та A. Hale, «A matter of connection: The 4 Cs of learning in pre-service teacher education for sustainability», *Journal of Cleaner Production*, т. 279, с. 1–13, 2021. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123749.

215. C. Brown та S. Rogers, «Knowledge creation as an approach to facilitating evidence informed practice: Examining ways to measure the success of using this method with early years practitioners in Camden (London)», *Journal of Educational Change*, т. 16, № 1, с. 79–99, 2015. doi: 10.1007/s10833-014-9238-9.
216. B. Bruggeman, K. Hidding, K. Struyven, B. Pynoo, A. Garone та J. Tondeur, «Negotiating teacher educators' beliefs about blended learning: Using stimulated recall to explore design choices», *Australasian Journal of Educational Technology*, т. 38, № 2, с. 98–112, 2022. doi: 10.14742/ajet.7175.
217. M. Buchholz, M. Saeli та C. Schulte, «PCK and reflection in computer science teacher education», в *Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, cep. WiPSE '13, Aarhus, Denmark: Association for Computing Machinery, 2013, с. 8–16. doi: 10.1145/2532748.2532752. url: <https://doi.org/10.1145/2532748.2532752>.
218. J. Buhl-Wiggers, A. Kjærgaard та K. Munk, «A scoping review of experimental evidence on face-to-face components of blended learning in higher education», *Studies in Higher Education*, т. 48, № 1, с. 151–173, 2023. doi: 10.1080/03075079.2022.2123911.
219. J. R. Byrne, L. Fisher та B. Tangney, «Empowering teachers to teach CS – Exploring a social constructivist approach for CS CPD, using the Bridge21 model», в *2015 IEEE Frontiers in Education Conference, FIE 2015, El Paso, TX, USA, October 21-24, 2015*, IEEE Computer Society, 2015, с. 1–9. doi: 10.1109/FIE.2015.7344030.
220. J. R. Byrne, L. Fisher та B. Tangney, «A 21st century teaching and learning approach to computer science education: Teacher reactions», *Communications in Computer and Information Science*, т. 583, J. Uthairakulchai, M. Restivo, S. Zvacek та M. Helfert, ред., с. 523–540, 2016. doi: 10.1007/978-3-319-29585-5_30.
221. F. Caena та C. Redecker, «Aligning Teacher Competence Frameworks to 21st Century Challenges: The Case for the European Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu)», *European Journal of Education*, т. 54, № 3, с. 356–369, 2019. doi: 10.1111/ejed.12345.
222. N. Caka, «Metodologjitë e mësimet elektronik», *Mësuesi*, 2006. url: <https://www.researchgate.net/publication/236231548>.
223. H. Çakır та B. A. Bichelmeyer, «Effects of teacher professional characteristics on student achievement: an investigation in blended learning environment with

- standards-based curriculum», *Interactive Learning Environments*, т. 24, № 1, с. 20–32, 2016. doi: 10.1080/10494820.2013.817437.
224. A. Calderón, D. Scanlon, A. MacPhail та B. Moody, «An integrated blended learning approach for physical education teacher education programmes: teacher educators' and pre-service teachers' experiences», *Physical Education and Sport Pedagogy*, т. 26, № 6, с. 562–577, 2021. doi: 10.1080/17408989.2020.1823961.
 225. J. Campillo Ferrer та P. Miralles Martínez, «Impact of the flipped classroom model on democratic education of student teachers in Spain», *Education, Citizenship and Social Justice*, 2022. doi: 10.1177/17461979221084111.
 226. «Canon creates a successful blend with e-learning: Ignoring the hype and focusing on the method», *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, т. 17, № 1, с. 23–26, 2003. doi: 10.1108/14777280310795711.
 227. A. Casali, D. Zanarini, N. Monjelat та P. San Martin, «Teaching and learning computer science for primary school teachers: An argentine experience», в *Proceedings – 13th Latin American Conference on Learning Technologies, LACLO 2018*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018, с. 349–355. doi: 10.1109/LACLO.2018.00067.
 228. CAST, «Universal Design for Learning Guidelines version 2.2», CAST, Wakefield, MA, tex. 3BIT., 2018. url: <http://udlguidelines.cast.org>.
 229. V. Cateté, L. Alvarez, A. Isvik, A. Milliken, M. Hill та T. Barnes, «Aligning Theory and Practice in Teacher Professional Development for Computer Science», в *Proceedings of the 20th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, cep. Koli Calling '20, Koli, Finland: Association for Computing Machinery, 2020. doi: 10.1145/3428029.3428560.
 230. P.-S. D. Chen, A. D. Lambert та K. R. Guidry, «Engaging online learners: The impact of Web-based learning technology on college student engagement», *Computers & Education*, т. 54, № 4, с. 1222–1232, 2010. doi: 10.1016/j.compedu.2009.11.008.
 231. X. Chen, «Understanding student behaviors using immediate feedback features in a blended learning environment», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering Education, Purdue University, Indiana, United States, 2015. url: <https://www.proquest.com/docview/1780301226>.

232. M. T. H. Chi та R. Wylie, «The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes», *Educational Psychologist*, т. 49, № 4, с. 219–243, 2014. doi: 10.1080/00461520.2014.965823.
233. Clarivate, *Web of Science Coverage Details – Resources for Librarians – LibGuides at Clarivate Analytics*, 2024. url: <https://clarivate.libguides.com/librarianresources/coverage>.
234. «Clerical Medical benefits from blended learning: Working towards an «overall solution»», *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, т. 17, № 4, с. 20–22, 2003. doi: 10.1108/14777280310485355.
235. B. Collis, H. Bruijstens та J. K. d. van Veen, «Course redesign for blended learning: modern optics for technical professionals», *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, т. 13, № 1–2, с. 22–38, 2003. doi: 10.1504/IJCEELL.2003.002151.
236. R. Conijn, C. Snijders, A. Kleingeld та U. Matzat, «Predicting Student Performance from LMS Data: A Comparison of 17 Blended Courses Using Moodle LMS», *IEEE Transactions on Learning Technologies*, т. 10, № 1, с. 17–29, 2017. doi: 10.1109/TLT.2016.2616312.
237. C. Connolly, R. Byrne та E. Oldham, «The trajectory of computer science education policy in Ireland», *European Journal of Education*, т. 57, № 3, с. 512–529, 2022. doi: 10.1111/ejed.12507.
238. Council of the European Union, «Council conclusions on European teachers and trainers for the future», *Official Journal of the European Union*, т. C 193, с. 11–19, 2020. url: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020XG0609\(02\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020XG0609(02)).
239. Council of the European Union, «Council Recommendation of 29 November 2021 on blended learning approaches for high-quality and inclusive primary and secondary education», *Official Journal of the European Union*, т. C 504, с. 21–29, 2021. url: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32021H1214\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32021H1214(01)).
240. *Council Recommendation on improving the provision of digital skills and competences in education and training*, 2023. url: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15740-2023-INIT/en/pdf>.

241. *Council Recommendation on the key enabling factors for successful digital education and training*, 2023. url: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15741-2023-INIT/en/pdf>.
242. J. Cross та M. G. Moore, «Foreword», в *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*, C. J. Bonk та C. R. Graham, ред., San Francisco, CA: Pfeiffer, 2006, с. xvii–xxx.
243. K. Czakoová та V. Stoffová, «Training teachers of computer science for teaching algorithmization and programming», в *IMSCI 2020 – 14th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics, Proceedings*, N. Callaos, B. Muirhead, L. Robertson, B. Sanchez та M. Savoie, ред., International Institute of Informatics and Systemics, IIIS, 2020, с. 231–235.
244. A. Dasso Vassallo та I. Evaristo Chiyong, «Análisis de resultados del aprendizaje presencial y aprendizaje semipresencial en dos cursos universitarios», *Educación*, т. 29, № 57, с. 27–42, 2020. doi: 10.18800/educacion.202002.002.
245. B. Davis та D. Sumara, *Complexity and Education: Inquiries into Learning, Teaching, and Research*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2006. doi: 10.4324/9780203764411.
246. S. Davis, J. Ravitz та J. Blazeovski, «Evaluating Computer Science Professional Development Models and Educator Outcomes to Ensure Equity», в *2018 Research on Equity and Sustained Participation in Engineering, Computing, and Technology, RESPECT 2018 – Conference Proceedings*, J. Burge, E. Dillon, F. Stukes, G. Thiruvathukal, J. Payton та Y. Rankin, ред., Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018, с. 1–4. doi: 10.1109/RESPECT.2018.8491716.
247. S. M. De Stefani, «Exploring the possible: empowering English language teachers in provincial Uruguay through blended learning», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Education, University of Manchester, 2012. url: <http://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.568584>.
248. M. Debbağ та S. Yıldız, «Effect of the flipped classroom model on academic achievement and motivation in teacher education», *Education and Information Technologies*, т. 26, № 3, с. 3057–3076, 2021. doi: 10.1007/s10639-020-10395-x.
249. P. Dehnbostel, G. Richter, T. Schröder та A. Tisch, «Lernen in der digitalen Transformation der Arbeit: Ringvorlesung der BAuA und der TU Dortmund beleuchtet Digitalisierung im Austausch mit Expertinnen und Experten», *sicher ist*

- sicher, т. 71, № 5, с. 231–234, 2020. doi: 10.37307/j.2199-7349.2020.05.05. url: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Aufsaeetze/artikel2772.html>.
250. B. Denis та S. Piette, «Regulation of training systems for adults in educational technology», в *Quality Education @ a Distance, IFIP TC3/WG3.6 Working Conference on Quality Education @ a Distance, February 3-6, Geelong, Australia*, G. Davies та E. Stacey, ред., сер. IFIP Conference Proceedings, т. 259, Kluwer, 2003, с. 221–230. doi: 10.1007/978-0-387-35700-3_24.
 251. M. Derntl та R. Motschnig-Pitrik, «The role of structure, patterns, and people in blended learning», *The Internet and Higher Education*, т. 8, № 2, с. 111–130, 2005. doi: 10.1016/j.iheduc.2005.03.002.
 252. D. Dervos, C. Skourlas та M. Laiho, «A DBTechNet course module on database SQL transactions for VET teachers training and higher education informatics education», *AIP Conference Proceedings*, т. 1644, G. Giannakopoulos, D. Kyriaki-Manessi та D. Sakas, ред., с. 147–152, 2015. doi: 10.1063/1.4907830.
 253. N. Deschacht та K. Goeman, «The effect of blended learning on course persistence and performance of adult learners: A difference-in-differences analysis», *Computers & Education*, т. 87, с. 83–89, 2015. doi: 10.1016/j.compedu.2015.03.020.
 254. W. Dick, L. Carey та J. O. Carey, *The systematic design of instruction*, 8-е вид. Pearson, 2014.
 255. A.-N. Diep, C. Zhu, K. Struyven та Y. Blicek, «Who or what contributes to student satisfaction in different blended learning modalities?», *British Journal of Educational Technology*, т. 48, № 2, с. 473–489, 2017. doi: 10.1111/bjet.12431.
 256. S. Diesburg та J. B. Schafer, «Scaling Up to a Statewide Network for CS Teacher Preparation by Introducing AEA Community of Practice Partnerships», в *SIGCSE 2023 – Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, т. 2, Association for Computing Machinery, Inc, 2023, с. 1397. doi: 10.1145/3545947.3576341.
 257. I. Diethelm, P. Hubwieser та R. Klaus, «Students, teachers and phenomena: Educational reconstruction for computer science education», в *Proceedings – 12th Koli Calling International Conference on Computing Education Research, Koli Calling 2012*, 2012, с. 164–173. doi: 10.1145/2401796.2401823.
 258. J. S. Diogo de Avila Fontoura та R. S. Gomes, «The specialization course in Instrumental Informatics for Basic Education Teachers/UFRGS: privileged

- research themes», *Educacao & Formacao*, т. 6, № 3, 2021. doi: 10.25053/redufor.v6i2.5192.
259. M. Driscoll, «Blended Learning: Let's get beyond the hype», *E-learning*, т. 2, № 3, 2002. url: <http://web.archive.org/web/20020417195525/http://www.elearningmag.com/elearning/article/articleDetail.jsp?id=11755>.
 260. C. D. Dziuban, J. L. Hartman та P. D. Moskal, «Blended Learning», *EDUCAUSE Center for Applied Research Research Bulletin*, т. 2004, № 7, с. 1–12, 2004. url: <https://www.educause.edu/~media/files/library/2004/3/erb0407-pdf.pdf?la=en>.
 261. M. Eady, C. Green, D. Fulcher та T. Boniface, «Using learning analytics to redesign core pedagogy subjects: a case in point», *Journal of Further and Higher Education*, т. 46, № 2, с. 246–257, 2022. doi: 10.1080/0309877X.2021.1905156.
 262. J. H. Eggers, R. Oostdam та J. Voogt, «Self-regulation strategies in blended learning environments in higher education: A systematic review», *Australasian Journal of Educational Technology*, т. 37, № 6, с. 175–192, 2021. doi: 10.14742/ajet.6453.
 263. Elsevier, *Scopus Content*, 2024. url: <https://www.elsevier.com/products/scopus/content>.
 264. R. Estrada Lizárraga, A. Zaldívar Colado, R. Mendoza Zatarain, L. Nava Pérez та O. V. García Sánchez, «Percepción de los estudiantes acerca de la implementación de la modalidad educativa blended-learning en la educación superior», *Revista Electrónica de Investigación en Educación Superior*, т. 1, № 1, с. 1–12, 2013. url: <https://tinyurl.com/4c6er567>.
 265. European Commission, *Structured Dialogue with Member States on digital education and skills*, 2023. url: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan/action-1#StructuredDialogue>.
 266. European Commission, *DigComp European Framework for Digital Competence*, 2023. url: https://unevoc.unesco.org/up/2023_05_16_DigComp.pdf.
 267. European Commission та Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions : 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*, 2021. url: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021DC0118>.

268. European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, *Digital Education Action Plan 2021-2027: Resetting education and training for the digital age*, 2020. url: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0624>.
269. European Union, *Recommendation of the European Parliament and of the Council*, 2006. url: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:en:PDF>.
270. J. Everson та A. J. Ko, ««I would be afraid to be a bad CS teacher»: Factors Influencing Participation in Pre-Service Secondary CS Teacher Education», в *ICER 2022 – Proceedings of the 2022 ACM Conference on International Computing Education Research*, т. 1, Association for Computing Machinery, Inc, 2022, с. 237–246. doi: 10.1145/3501385.3543966.
271. S. Fabriz, J. Mendzheritskaya та S. Stehle, «Impact of Synchronous and Asynchronous Settings of Online Teaching and Learning in Higher Education on Students' Learning Experience During COVID-19», *Frontiers in Psychology*, т. 12, с. 733 554, 2021. doi: 10.3389/fpsyg.2021.733554.
272. K. Falkner, R. Vivian та S.-A. Williams, «An ecosystem approach to teacher professional development within computer science», *Computer Science Education*, т. 28, № 4, с. 303–344, 2018. doi: 10.1080/08993408.2018.1522858.
273. G. Falloon, «From digital literacy to digital competence: the teacher digital competency (TDC) framework», *Educational Technology Research and Development*, т. 68, № 5, с. 2449–2472, 2020. doi: 10.1007/s11423-020-09767-4.
274. J. Färm, «Sulautuva oppiminen koreografisessa työskentelyssä (Blended Learning in Choreographic Process)», Dance Teacher Degree programme, Option of Couple Dances, Oulu University of Applied Sciences, 2018. url: <https://www.theseus.fi/handle/10024/145540>.
275. J. Fernandes, R. Costa та P. Peres, «Order into Our Universe: The Concept of Blended Learning – A Methodology within the Concept-based Terminology Framework», *Education Sciences*, т. 6, № 15, с. 1–13, 2016. doi: 10.3390/educsci6020015.
276. D. A. Fields, D. Lui та Y. B. Kafai, «Teaching computational thinking with electronic textiles: High school teachers' contextualizing strategies in exploring computer science», в *Proceedings of International Conference on Computational*

- Thinking Education*, S.-C. Kong, J. Sheldon та R. K.-Y. Li, ред., The Education University of Hong Kong, 2017, с. 67–72. doi: 10.1007/978-981-13-6528-7_16.
277. J. Fischer, N. Romahn та M. Weinert, «Fostering Reflection in CS Teacher Education. A Video-Based Approach to Unveiling, Analyzing and Teaching Novices' Programming Processes», в *Proceedings of the International Conference on Informatics in School: Situation, Evaluation and Perspectives, Tallinn, Estonia, November 16-18, 2020*, K. Kori та M. Laanpere, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2755, CEUR-WS.org, 2020, с. 128–139. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2755/paper11.pdf>.
 278. M. Fraggaki, S. Mystakidis та G. Filippousis, «Work-in-Progress-Design and Evaluation of an Augmented and Virtual Reality Flipped-Learning Course for K-12 Educators», в *Proceedings of 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network, iLRN 2020*, 2020, с. 275–278. doi: 10.23919/iLRN47897.2020.9155200.
 279. S. Freeman, S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt та M. P. Wenderoth, «Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, т. 111, № 23, с. 8410–8415, 2014. doi: 10.1073/pnas.1319030111.
 280. M. Friend, M. McGill та A. Reinking, «Solve This! K-12 CS Education Teachers' Problems of Practice», в *Proceedings of the 22nd Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, сер. Koli Calling '22, Koli, Finland: Association for Computing Machinery, 2022. doi: 10.1145/3564721.3564738. url: <https://doi.org/10.1145/3564721.3564738>.
 281. M. Friend, T. T. Yuen, V. Roberts та F. Martin, «Creating University Computer Science Teacher Preparation Programs», в *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '24)*, ACM, 2024, с. 1214–1220. doi: 10.1145/3626253.3635388.
 282. M. Fullan, *The New Meaning of Educational Change*, 4th. New York: Teachers College Press, 2007.
 283. J. Gal-Ezer, O. Hazzan та N. Ragonis, «Preparation of high school computer science teachers: The Israeli perspective», в *SIGCSE'09 – Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 2009, с. 269–270. doi: 10.1145/1508865.1508965.

284. Á. H. Galvis, «Supporting decision-making processes on blended learning in higher education: literature and good practices review», *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, т. 15, № 25, с. 1–38, 2018. doi: 10.1186/s41239-018-0106-1.
285. E. Garcia-Ponce та I. Mora-Pablo, «Challenges of using a blended learning approach: A flipped classroom in an English teacher education program in Mexico», *Higher Learning Research Communications*, т. 10, № 2, с. 116–133, 2020. doi: 10.18870/HLRC.V10I2.1209.
286. D. R. Garrison та T. Anderson, *E-Learning in the 21st Century: A Framework for Research and Practice*. London: Routledge, 2003.
287. D. R. Garrison та H. Kanuka, «Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education», *The Internet and Higher Education*, т. 7, № 2, с. 95–105, 2004. doi: 10.1016/j.iheduc.2004.02.001.
288. D. R. Garrison та N. D. Vaughan, *Blended Learning in Higher Education: Framework, Principles, and Guidelines*. San Francisco: Jossey-Bass, 2008.
289. D. Gašević, S. Dawson та G. Siemens, «Let's not forget: Learning analytics are about learning», *TechTrends*, т. 59, № 1, с. 64–71, 2015. doi: 10.1007/s11528-014-0822-x.
290. M. Ghomi та C. Redecker, «Digital Competence of Educators (DigCompEdu): Development and Evaluation of a Self-assessment Instrument for Teachers' Digital Competence», в *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education*, 2019, с. 541–548. doi: 10.5220/0007679005410548.
291. L. A. Giacumo, «Asynchronous Discussion Board Facilitation And Rubric Use In A Blended Learning Environment», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Educational Technology, Arizona State University, 2012. url: <http://repository.asu.edu/items/15982>.
292. O. G. Glazunova, V. I. Korolchuk, T. V. Voloshyna та T. A. Vakaliuk, «Development of soft skills in Computer Science bachelors in the project learning process», *Information Technologies and Learning Tools*, т. 92, № 6, с. 111–123, 2022. doi: 10.33407/itlt.v92i6.5076.
293. S. Glietenberg, N. Petersen та A. Carolin, «Teacher educators' experiences of the shift to remote teaching and learning due to COVID-19», *South African Journal of Childhood Education*, т. 12, № 1, 2022. doi: 10.4102/sajce.v12i1.1189.

294. S. Gökoğlu та S. Kilic, «Programming learning and teaching of pre-service computer science teachers: Challenges, concerns, and solutions», *E-Learning and Digital Media*, т. 20, № 5, с. 498–518, 2023. doi: 10.1177/20427530221117331.
295. M. A. Gonzalez Aldana, K. V. Perdomo Osorio та Y. Pascuas Rengifo, «Application of ICT in blended learning educational models: A systematic review of literature», *Sophia*, т. 13, № 1, с. 144–154, 2017. doi: 10.18634/sophiaj.13v.1i.364.
296. J. Goode, A. Ivey, S. R. Johnson, J. J. Ryoo та C. Ong, «Rac(e)ing to computer science for all: how teachers talk and learn about equity in professional development», *Computer Science Education*, т. 31, № 3, с. 374–399, 2021. doi: 10.1080/08993408.2020.1804772.
297. J. Goode, S. R. Johnson та K. Sundstrom, «Disrupting colorblind teacher education in computer science», *Professional Development in Education*, т. 46, № 2, с. 354–367, 2020. doi: 10.1080/19415257.2018.1550102.
298. J. Goode, K. Peterson, J. Malyn-Smith та G. Chapman, «Online Professional Development for High School Computer Science Teachers: Features That Support an Equity-Based Professional Learning Community», *Computing in Science and Engineering*, т. 22, № 5, с. 51–59, 2020. doi: 10.1109/MCSE.2020.2989622.
299. J. Goode, M. Skorodinsky, J. Hubbard та J. Hook, «Computer Science for Equity: Teacher Education, Agency, and Statewide Reform», *Frontiers in Education*, т. 4, с. 162, 2020. doi: 10.3389/feduc.2019.00162.
300. I. B. Gorbunova та A. A. Pankova, «Teaching Computer Science and Information Technology Studies for students of musical and pedagogical specialties», *Educacao & Formacao*, т. 5, № 3, с. 1–17, 2020. doi: 10.25053/redufor.v5i15set/dez.3350.
301. C. R. Graham, «Blended Learning Systems: Definition, Current Trends and Future Directions», в *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*, C. J. Bonk та C. R. Graham, ред., San Francisco, CA: Pfeiffer, 2006, с. 3–21. url: https://www.academia.edu/563281/Blended_learning_systems_Definition_current_trends_and_future_directions.
302. C. R. Graham, «Blended Learning Models», в *Encyclopedia of Information Science and Technology*, M. Khosrow-Pour, ред., 2-е вид., IGI Global, 2009, с. 375–382. doi: 10.4018/978-1-60566-026-4.ch063.
303. J. Gray, R. Odom-Bartel, J. Zelkowski, K. Hamner та S. Rodgers-Farris, «A pre-service pathway for preparing future ap cs principles teachers», в *SIGCSE*

- 2020 – *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 2020, с. 1127–1132. doi: 10.1145/3328778.3366945.
304. N. Grgurina, «Computer Science Teacher Training at the University of Groningen», в *Informatics Education – Supporting Computational Thinking*, R. T. Mittermeir та M. M. Sys lo, ред., сер. Lecture Notes in Computer Science, т. 5090, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, с. 272–281. doi: 10.1007/978-3-540-69924-8_25.
 305. S. Grover, V. Cateté, T. Barnes, M. Hill, A. Ledeczi та B. Broll, «FIRST Principles to Design for Online, Synchronous High School CS Teacher Training and Curriculum Co-Design», в *Proceedings of the 20th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, сер. Koli Calling '20, Koli, Finland: Association for Computing Machinery, 2020. doi: 10.1145/3428029.3428059. url: <https://doi.org/10.1145/3428029.3428059>.
 306. S. Grover та R. Pea, «Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field», *Educational Researcher*, т. 42, № 1, с. 38–43, 2013. doi: 10.3102/0013189X12463051.
 307. Y. Gülbahar та F. Kalelioğlu, «Competencies of High School Teachers and Training Needs for Computer Science Education», в *Proceedings of the 6th Computer Science Education Research Conference*, сер. CSERC '17, Helsinki, Finland: Association for Computing Machinery, 2017, с. 26–31. doi: 10.1145/3162087.3162092. url: <https://doi.org/10.1145/3162087.3162092>.
 308. L. El-Hamamsy, F. Chessel-Lazzarotto, B. Bruno, D. Roy, T. Cahlikova, M. Chevalier, G. Parriaux, J.-P. Pellet, J. Lanarès, J. D. Zufferey та F. Mondada, «A computer science and robotics integration model for primary school: evaluation of a large-scale in-service K-4 teacher-training program», *Education and Information Technologies*, т. 26, № 3, 2021. doi: 10.1007/s10639-020-10355-5.
 309. V. A. Hamaniuk, V. A. Karpiuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «2nd International Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education», в *2nd International Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education (3L-Edu 2022)*, Kryvyi Rih, Ukraine, 18 May 2022, V. A. Hamaniuk, V. A. Karpiuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, ред., сер. ACNS Conference Series: Social Sciences and Humanities, т. 3, ACNS, 2023, с. 01 001. doi: 10.55056/cs-ssh/3/01001.

310. K. Hamlen, N. Sridhar, L. Bievenue, D. K. Jackson та A. Lalwani, «Effects of teacher training in a computer science principles curriculum on teacher and student skills, confidence, and beliefs», в *SIGCSE 2018 – Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, т. 2018-January, Association for Computing Machinery, Inc, 2018, с. 741–746. doi: 10.1145/3159450.3159496.
311. D. Handle-Pfeiffer та C. Winter, «Playing and Reflecting Games: The Production of Gamified Learning Artefacts in Teacher Education», *Journal of Higher Education Theory and Practice*, т. 21, № 16, с. 164–176, 2021. doi: 10.33423/jhetp.v21i16.4923.
312. K. Harangus, Z.-I. Horváth та G. Kovács, «Changes and Perspectives in Teacher Training Methodology», *Acta Universitatis Sapientiae, Philologica*, т. 13, № 2, с. 55–70, 2021. doi: 10.2478/ausp-2021-0013.
313. J. Hattie та H. Timperley, «The Power of Feedback», *Review of Educational Research*, т. 77, № 1, с. 81–112, 2007. doi: 10.3102/003465430298487.
314. F. Hegyesi, «Blended learning in adult education in the Óbuda University», в *2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, 2012, с. 451–454. doi: 10.1109/SISY.2012.6339563.
315. R. Heinink, B. Witziers та J. Wetterling, «E-learning, blended learning or continued traditional classroom-based education?», *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, т. 13, № 5–6, с. 567–577, 2003. doi: 10.1504/IJCEELL.2003.004011.
316. A. Heinze, «Blended learning: an interpretive action research study», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, University of Salford, 2008. url: <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/1653/>.
317. M. C. Heitink, F. M. van der Kleij, B. P. Veldkamp, K. Schildkamp та W. B. Kippers, «A Systematic Review of Prerequisites for Implementing Assessment for Learning in Classroom Practice», *Educational Research Review*, т. 17, с. 50–62, 2016. doi: 10.1016/j.edurev.2015.12.002.
318. F. Herliana, A. Farhan, Elisa, M. Syukri та E. Mahzum, «Perception of Novice Learners Using Blended Learning Approach During the Covid-19 Pandemic», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2019, № 1, с. 012 032, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/2019/1/012032.

319. *Hibridno obuchenie*, 2022. url: https://bg.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A5%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%BE_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5&oldid=11311137.
320. C. Hildebrandt та I. Diethelm, «Informatics teachers: Subjective competence assessments before and after an in-service training», в *Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, cep. WiPSCE '15, London, United Kingdom: Association for Computing Machinery, 2015, c. 130–131. doi: 10.1145/2818314.2818318. url: <https://doi.org/10.1145/2818314.2818318>.
321. J. T. Holden, P. J.-L. Westfall та K. I. Gamor, *An instructional media selection guide for distance learning–Implications for blended learning. Featuring an Introduction to Virtual Worlds*. Boston MA: United States Distance Learning Association, 2010. url: https://www.usdla.org/wp-content/uploads/2015/05/AIMSGDL_2nd_Ed_styled_010311.pdf.
322. A. Hooda, T. Nousiainen, M. Vesisenaho, E. Ahlstrom, S. Fort, L. Subirats та G. M. Sacha, «School of Digital Wizards: Exploring the Gamification User Types in a Blended IT Course», в *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 2022, c. 1–5. doi: 10.1109/FIE56618.2022.9962592.
323. S. Hrastinski, «What do we mean by blended learning?», *TechTrends*, т. 63, № 5, c. 564–569, 2019. doi: 10.1007/s11528-019-00375-5.
324. Q. Huang та V. Lee, «Exploring first-year university students' blended learning experiences during the COVID-19 through the community of inquiry model», *International Journal of Information and Learning Technology*, т. 39, № 4, c. 373–385, 2022. doi: 10.1108/IJILT-02-2022-0024.
325. S. Hubackova та I. Semradova, «Evaluation of blended learning», *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, т. 217, c. 551–557, 2016. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.02.044.
326. P. Hubwieser, M. Berges, J. Magenheimer, N. Schaper, K. Bröker, M. Margaritis, S. Schubert та L. Ohrndorf, «Pedagogical content knowledge for computer science in German teacher education curricula», в *Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, cep. WiPSE '13, Aarhus,

- Denmark: Association for Computing Machinery, 2013, c. 95–103. doi: 10.1145/2532748.2532753.
327. P. Hubwieser, M. N. Giannakos, M. Berges, T. Brinda, I. Diethelm, J. Magenheimer, Y. Pal, J. Jackova ta E. Jasute, «A Global Snapshot of Computer Science Education in K-12 Schools», в *Proceedings of the 2015 ITiCSE on Working Group Reports*, ACM, 2015, c. 65–83. doi: 10.1145/2858796.2858799.
 328. S. T. Hurley, «The Design, Development, Implementation, and Evaluation of a Flipped Instructional Unit for an Advanced Placement Computer Science A Class», Thesis for the degree of Doctor of Education in Curriculum and Instruction, University of Florida, 2019. url: <https://ufdc.ufl.edu/UFE0055616>.
 329. B. Hüsemann, J. Lechtenbörger, G. Vossen ta P. Westerkamp, «XLX – A Platform for Graduate-Level Exercises», в *International Conference on Computers in Education, ICCE 2002, Auckland, New Zealand, December 3-6, 2002, Volume 2*, IEEE Computer Society, 2002, c. 1262–1266. doi: 10.1109/CIE.2002.1186207.
 330. S. B. Ibarra Vargas, «Methodological approach to the design and evaluation of courses in higher education based on Blended Teaching», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering – Systems, Universidad Nacional de Colombia, 2022. url: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81951>.
 331. *Integriertes Lernen*, 2023. url: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Integriertes_Lernen&oldid=230597934.
 332. «Interactive Learning Centers Announces Name Change to EPIC Learning», *PR Newswire*, 1999. url: <http://web.archive.org/web/20150113150235/www.thefreelibrary.com/Interactive+Learning+Centers+Announces+Name+Change+to+EPIC+Learning.-a054024665>.
 333. *Învățare mixtă*, 2022. url: https://ro.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%8Env%C4%83%C8%9Bare_mixt%C4%83&oldid=15224601.
 334. S. M. Ivanova, O. M. Spirin, O. M. Shymon, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii ta S. O. Semerikov, «A Comprehensive Framework for Assessing Scientific Research Effectiveness Among Academic and Research Staff», в *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2023)*, SciTePress, 2024. doi: 10.5220/0000176600003737.
 335. S. S. Iyer, L. Gernal, R. Subramanian ta A. Mehrotra, «Impact of digital disruption influencing business continuity in UAE higher education», *Educational Technology Quarterly*, 2023. doi: 10.55056/etq.29.

336. N. Jachin та T. Usagawa, «Potential impact of blended learning on teacher education in Mongolia», *Creative Education*, т. 8, № 09, с. 1481–1494, 2017. doi: 10.4236/ce.2017.89104.
337. P. Jackson, «Developing a web-based blended learning technique to improve computer programming competence of information technology students», Thesis for the degree of Master of Information & Communications Technology, Durban University of Technology, 2017. url: <http://hdl.handle.net/10321/2488>.
338. H. Al-Jadar, «The Impact of Integrated Blended Learning Technology in Higher Education Studies», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Computer and Information Engineering, Sakarya University, Turkey, 2018. doi: 10.13140/RG.2.2.30205.74726.
339. E. Jen та L. Hoogeveen, «Design an international blended professional development model for gifted education: An evaluation study», *Evaluation and Program Planning*, т. 91, с. 102 034, 2022. doi: 10.1016/j.evalprogplan.2021.102034.
340. L. Jenkins та R. Crawford, «Pre-service Music Teachers' Understanding of Blended Learning: Implications for Teaching Post COVID-19», *Australian Journal of Teacher Education*, т. 46, № 7, с. 86–92, 2021. doi: 10.14221/ajte.2021v46n7.5.
341. M. Jensen, «Informing Professional Development to Support K-12 Blended Teaching: A Study of Practices of Seasoned Blended Teachers and Coaching Experiences of Emerging Blended Teachers», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Instructional Psychology and Technology, Brigham Young University, 2022. url: https://scholarsarchive.byu.edu/context/etd/article/10689/viewcontent/8422062822259720200101_etd.pdf.
342. R. Jentoft, «Viten skapt gjennom fleksibel læring», в *Forskning og kunnskapsutvikling i helsefaglig profesjonsutdanning*, A.-L. Thoresen та B. Norbye, ред., Orkana Akademisk, 2020, с. 207–231. doi: 10.33673/OOA20212.
343. Y. Jiang, P. Wang, Q. Li та Y. Li, «Students' Intention toward Self-Regulated Learning under Blended Learning Setting: PLS-SEM Approach», *Sustainability*, т. 14, № 16, 2022. doi: 10.3390/su141610140.
344. D. Joseph та R. Trinick, «‘Staying Apart Yet Keeping Together’: Challenges and Opportunities of Teaching During COVID-19 Across the Tasman», *New Zealand Journal of Educational Studies*, т. 56, № 2, с. 209–226, 2021. doi: 10.1007/s40841-021-00211-6.

345. A. Joshi, A. Jain, E. Covelli, J.-H. Yeh та T. Andersen, «A Sustainable Model for High-School Teacher Preparation in Computer Science», в *Proceedings – Frontiers in Education Conference, FIE*, т. 2019-October, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019, с. 1–9. doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028638.
346. L. Kaminskienė, S. Järvelä та E. Lehtinen, «How does technology challenge teacher education?», *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, т. 19, № 1, с. 64, 2022. doi: 10.1186/s41239-022-00375-1.
347. Y. Kao, K. D'Silva, A. Hubbard, J. Green та K. Cully, «Applying the mathematical work of teaching framework to develop a computer science pedagogical content knowledge assessment», в *SIGCSE 2018 – Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, т. 2018-January, Association for Computing Machinery, Inc, 2018, с. 888–893. doi: 10.1145/3159450.3159521.
348. J. Keengwe та J.-J. Kang, «A review of empirical research on blended learning in teacher education programs», *Education and Information Technologies*, т. 18, № 3, с. 479–493, 2013. doi: 10.1007/s10639-011-9182-8.
349. E. Kemaloglu Er та Y. Bayyurt, «Implementation of Blended Learning in English as a Lingua Franca (Elf)-Aware Pre-Service Teacher Education», *Turkish Online Journal of Distance Education*, т. 23, № 1, с. 60–73, 2022. doi: 10.17718/tojde.1050353.
350. D. Kennedy, Á. Hyland та N. Ryan, «Writing and Using Learning Outcomes: A Practical Guide», в *Implementing Bologna in Your Institution*, Berlin: Raabe Academic Publishers, 2006.
351. S. B. Kert, «A proposal of in-service teacher training approach for computer science teachers», *European Journal of Educational Research*, т. 8, № 2, с. 477–489, 2019. doi: 10.12973/eu-jer.8.2.477.
352. D. Keržič, «Učna analitika kombiniranega učenja v visokem šolstvu», дис. . . . док., Univerza v Ljubljani, 2022. url: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=137171>.
353. J. Khlaisang, «Proposed models of appropriate website and courseware for e-learning in higher education: research based design models», в *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, J. Sanchez та K. Zhang, ред., Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2010, с. 1520–1529. url: <https://eric.ed.gov/?id=ED515797>.

354. J. Khlaisang, «Development of Pedagogical Blended E-Learning Model Using Cognitive Tools Based Upon Constructivist Approach for Knowledge Construction in Higher Education», в *Proceedings of the Fourth International e-Learning Conference 2012, Bangkok, Thailand, June 14, 2012*, L. Gómez Chova, I. Candel Torres та A. López Martínez, ред., Office of the Higher Education Commission, 2012. url: <https://www.slideshare.net/jmonsakul/1-iec2012-fullpaperjk010612completedfinalforslideshare>.
355. J. Khlaisang та M. Likhitdamrongkiat, «E-learning system in blended learning environment to enhance cognitive skills for learners in higher education», *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, т. 174, с. 759–767, 2015. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.612.
356. J. Kim, A. Leftwich та D. Castner, «Beyond teaching computational thinking: Exploring kindergarten teachers’ computational thinking and computer science curriculum design considerations», *Education and Information Technologies*, с. 1–37, 2024. doi: 10.1007/s10639-023-12406-z.
357. D. L. Kirkpatrick та J. D. Kirkpatrick, *Evaluating Training Programs: The Four Levels*, 3rd. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, 2006.
358. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2611, № 1, с. 011 001, 2023. doi: 10.1088/1742-6596/2611/1/011001.
359. A. E. Kiv, V. N. Soloviev, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XIII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1946, с. 011 001, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1946/1/011001.
360. A. E. Kiv, V. N. Soloviev, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2288, с. 011 001, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2288/1/011001.
361. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, M. P. Shyshkina, A. M. Striuk, M. I. Striuk, Y. V. Yechkalo, I. S. Mintii, P. P. Nechypurenko, O. O. Kalinichenko, L. S. Kolgatina,

- K. V. Vlasenko, S. M. Amelina та O. V. Semenikhina, «9th Workshop on Cloud Technologies in Education: Report», в *Proceedings of the 9th Workshop on Cloud Technologies in Education, CTE 2021, Kryvyi Rih, Ukraine, December 17, 2021*, A. E. Kiv, S. O. Semerikov та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3085, CEUR-WS.org, 2021, с. i–lxxvii. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper00.pdf>.
362. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «Advancing Education in Challenging Times: A Review of the XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024)», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2871, № 1, с. 011 001, 2024. doi: 10.1088/1742-6596/2871/1/011001.
363. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «Advancing educational resilience: Key insights and innovations from the XVII International Conference on Mathematics, Science, and Technology Education (ICon-MaSTEd 2025)», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 3105, № 1, с. 011 001, 2025. doi: 10.1088/1742-6596/3105/1/011001.
364. B. Klímová, «Experience in a Blended Learning Course – A Case Study», в *E-Learning, E-Education, and Online Training – Third International Conference, eLEOT 2016, Dublin, Ireland, August 31 – September 2, 2016, Revised Selected Papers*, G. Vincenti, A. Bucciero, M. Helfert та M. Glowatz, ред., сер. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, т. 180, Springer, 2016, с. 161–168. doi: 10.1007/978-3-319-49625-2_20.
365. M. J. Koehler, P. Mishra та W. Cain, «What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?», *Journal of Education*, т. 193, № 3, с. 13–19, 2013. doi: 10.1177/002205741319300303.
366. J. Koekemoer, «Intermediate Phase Mathematics Teachers’ Integration of ICT Within a Blended Learning Environment», Thesis for the degree of Master of Education in Mathematics, Science and Technology Education, University of Pretoria, South Africa, 2021. url: <http://hdl.handle.net/2263/83378>.
367. *Kombinirano učenje*, 2022. url: https://sl.wikipedia.org/w/index.php?title=Kombinirano_u%C4%8Denje&oldid=5803253.

368. *Kombinované vzdelávanie*, 2013. url: https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Kombinovan%C3%A9_vzdel%C3%A1vanie&oldid=5349604.
369. S.-C. Kong та M. Lai, «Effects of a teacher development program on teachers' knowledge and collaborative engagement, and students' achievement in computational thinking concepts», *British Journal of Educational Technology*, т. 54, № 2, с. 489–512, 2022. doi: 10.1111/bjet.13256.
370. V. I. Kovalchuk, S. V. Maslich та L. H. Movchan, «Digitalization of vocational education under crisis conditions», *Educational Technology Quarterly*, т. 2023, № 1, с. 1–17, 2023. doi: 10.55056/etq.49.
371. O. Kuzmenko, «Blended learning as an innovative form of teaching and learning at school», *The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: pedagogy*, № 3, с. 140–147, 2017. doi: 10.25128/2415-3605.17.3.19.
372. S. Lal та R. Mourya, «For CS Educators, by CS Educators: An Exploratory Analysis of Issues and Recommendations for Online Teaching in Computer Science», *Societies*, т. 12, № 4, с. 1–17, 2022. doi: 10.3390/soc12040116.
373. R. Lami, S. Gastineau, H. Flom та Y. Desdevises, «Big Steps, Little Change: A Case Study in French University Teachers' Cognitions in the Context of Pedagogical Innovation», *Frontiers in Education*, т. 6, 2021. doi: 10.3389/educ.2021.765771.
374. L. R. Larke, G. Hillaire, H. Chen, R. Dutt, C. P. Rose та J. Reich, «Cognitive dissonance and equity: Designing digital simulations for K-12 computer science teacher education», в *Computer-Supported Collaborative Learning Conference, CSCS*, M. Gresalfi та I. S. Horn, ред., т. 4, International Society of the Learning Sciences (ISLS), 2020, с. 2405–2406.
375. L. J. Larsen, «Teacher and student perspectives on a blended learning intensive English program writing course», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Education (Curriculum and Instructional Technology), Iowa State University, 2012. doi: 10.31274/etd-180810-1937.
376. D. Laurillard, *Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology*. New York: Routledge, 2012. doi: 10.4324/9780203125083.
377. P. T. Le та H. T. T. Pham, «Using Blended Learning in Teacher Training Programs: Perspectives of Pre-service Teachers», *Journal of Educational and Social Research*, т. 11, № 2, с. 115, 2021. doi: 10.36941/jesr-2021-0035.

378. S. S. Leake, «A Blended and Face-to-Face Comparison of Teacher Professional Development: What's the Impact?», Thesis for the degree of Doctor of Education in Educational Administration and Supervision, Arizona State University, 2014. url: <http://repository.asu.edu/items/24911>.
379. L. V. Lehka, S. V. Shokaliuk ta V. V. Osadchyi, «Hardware and software tools for teaching the basics of quantum informatics to students of specialized (high) schools», *CTE Workshop Proceedings*, т. 9, с. 228–244, 2022. doi: 10.55056/cte.117.
380. R. Liashenko ta S. Semerikov, «Bibliometric Analysis of Chatbot Training Research: Key Concepts and Trends», *Information Technologies and Learning Tools*, т. 101, № 3, с. 181–199, 2024. doi: 10.33407/itlt.v101i3.5622.
381. S. Lichtsteiner, S. Rizzotti, C. Weber, A. Vögtli, H. Burkhart, R. Neier, V. Van Khov-Tran, G. Folkers ta B. Ernst, «Pharmasquare (Pharma2)», *Chimia*, т. 57, № 3, с. 116–120, 2003. doi: 10.2533/000942903777679604.
382. L. Lorenza ta D. Carter, «Emergency online teaching during COVID-19: A case study of Australian tertiary students in teacher education and creative arts», *International Journal of Educational Research Open*, т. 2, с. 100 057, 2021. doi: 10.1016/j.ijedro.2021.100057.
383. V. Lukarov, «Scaling up learning analytics in blended learning scenarios», Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften, RWTH Aachen University, 2019. url: <https://publications.rwth-aachen.de/record/761837>.
384. S. H. Lytvynova, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, M. I. Striuk, L. S. Kolgatina, V. Y. Velychko, I. S. Mintii, O. O. Kalinichenko ta S. M. Tukalo, «AREdu 2021 – Immersive technology today», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021, S. H. Lytvynova ta S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 1–40. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper00.pdf>.
385. R. K. Makhachashvili, I. S. Mintii, O. B. Protsenko ta S. O. Semerikov, «Preface», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop*, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021, ACM, 2021, с. VI. url: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3526242.3526243>.

386. L. E. Margulieux, W. M. McCracken та R. Catrambone, «A Taxonomy to Define Courses that Mix Face-to-Face and Online Learning», *Educational Research Review*, т. 19, с. 104–118, 2016. doi: 10.1016/j.edurev.2016.07.001.
387. M. C. Martínez, M. J. Gómez, M. Moresi та L. Benotti, «Lessons learned on computer science teachers professional development», в *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*, т. 11-13-July-2016, Association for Computing Machinery, 2016, с. 77–82. doi: 10.1145/2899415.2899460.
388. E. Masie, «E-Learning, the near future», в *The AMA Handbook of E-Learning Effective Design, Implementation, and Technology Solutions*, G. M. Piskurich, ред., AMACOM, 2003, с. 411–418.
389. F. Mayadas, G. Miller та J. Sener, *Definitions of E-Learning Courses and Programs*, 2015. url: <https://onlinelearningconsortium.org/updated-e-learning-definitions-2/>.
390. J. A. Maynard, «Transformational Teaching & Learning Modeled in a Flipped Classroom Environment», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Teaching and Learning, The Ohio State University, 2019. url: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1555355104583446.
391. B. McHugh, «An evaluation of a blended programme of teacher education in Ireland», Thesis for the degree of Doctor of Education, Dublin City University, 2015. url: <http://doras.dcu.ie/20406/>.
392. C. McNerney, «Second level computer science teacher self-efficacy and how it influences the use of teaching and assessment strategies», *PhilosophiæDoctor (PhD)*, University of Limerick, Limerick, 2021.
393. S. McKenney та T. C. Reeves, *Conducting Educational Design Research*. London: Routledge, 2012. doi: 10.4324/9780203206027.
394. B. Means, Y. Toyama, R. Murphy та M. Bakia, «The Effectiveness of Online and Blended Learning: A Meta-Analysis of the Empirical Literature», *Teachers College Record*, т. 115, № 3, с. 1–47, 2013. doi: 10.1177/016146811311500307.
395. S. Mekhitarian, «Effective Instruction in the Blended Learning Classroom», Thesis for the degree of Doctor of Education in Educational Leadership for Social Justice, Loyola Marymount University, 2016. url: <https://digitalcommons.lmu.edu/etd/465>.

396. M. Menekse, «Computer science teacher professional development in the United States: a review of studies published between 2004 and 2014», *Computer Science Education*, т. 25, № 4, с. 325–350, 2015. doi: 10.1080/08993408.2015.1111645.
397. *Mešano učenje*, 2021. url: https://sr.wikipedia.org/w/index.php?title=Me%C5%A1ano_u%C4%8Denje&oldid=23643349.
398. *Mësimi i përzier*, 2022. url: https://sq.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%ABsimi_i_p%C3%ABrzier&oldid=2437047.
399. R. Meulenbroeks, «Suddenly fully online: A case study of a blended university course moving online during the COVID-19 pandemic», *Heliyon*, т. 6, № 12, e05728, 2020. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05728.
400. Z. Mihret, M. Alemu та S. Assefa, «Effects of Blending Virtual and Real Laboratory Experimentation on Pre-Service Physics Teachers' Attitudes Toward Physics Electricity and Magnetism Laboratories», *Science Education International*, т. 33, № 3, с. 313–322, 2022. url: <https://www.icasonline.net/journal/index.php/sei/article/view/434>.
401. I. S. Mintii, *Systematic Review: Data*, 2024. url: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1GBGG0FxAj4hZ3ek67rv4fd-L3XExS12rv2B_r_IYkyE/edit?usp=sharing.
402. I. Mintii, S. Shokaliuk, T. Vakaliuk, O. Merzlykin та M. Mintii, «Development of a Standard Moodle Course to Optimize the Teacher's Work in Distance Education», *Universal Journal of Educational Research*, т. 8, № 12, с. 6659–6666, 2020. doi: 10.13189/ujer.2020.081230.
403. I. S. Mintii, O. V. Bondarenko, S. V. Shokaliuk, K. V. Polhun та M. M. Mintii, «Analysis of the use of LCMS Moodle in the educational process of KrSPU», *Educational Dimension*, т. 3, с. 368–383, 2020. doi: 10.31812/educdim.v55i0.4366.
404. I. S. Mintii, «Using Learning Content Management System Moodle in Kryvyi Rih State Pedagogical University educational process», в *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019, A. E. Kiv та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2643, CEUR-WS.org, 2019, с. 293–305. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2643/paper17.pdf>.
405. I. S. Mintii, «Blended learning: definition, concept, and relevance», *Educational Dimension*, т. 8, с. 85–111, 2023. doi: 10.31812/ed.539.

406. I. S. Mintii, «Blended learning for teacher training: benefits, challenges, and recommendations», *Educational Dimension*, т. 9, с. 1–12, 2023. doi: 10.31812/ed.581.
407. I. S. Mintii, «Approaches to the Blended Learning Organisation», в *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2023)*, SciTePress, 2024, с. 114–121. doi: 10.5220/0012647500003737.
408. I. S. Mintii, «Blended learning in computer science teacher training», в *Conference proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference «Information Technology for Education, Science and Technics» (ITEST-2024)*, Cherkasy, May 23-24, 2024, Cherkasy: ChSTU, 2024, с. 334–336. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10396>.
409. I. S. Mintii, «Blended learning: definition, concept and relevance to education for sustainability», в *Proceedings of the 7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 14, 2024, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3918, CEUR-WS.org, 2025, с. 260–281. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3918/paper303.pdf>.
410. I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «Optimizing Teacher Training and Retraining for the Age of AI-Powered Personalized Learning: A Bibliometric Analysis», в *Information Technology for Education, Science, and Technics*, cep. Lecture Notes in Data Engineering and Communications Technologies, т. 231, Springer, 2024, с. 339–357. doi: 10.1007/978-3-031-71804-5_23.
411. I. S. Mintii, S. V. Shokaliuk, T. A. Vakaliuk, M. M. Mintii та V. N. Soloviev, «Import test questions into Moodle LMS», в *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018, A. E. Kiv та V. N. Soloviev, ред., cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 2433, CEUR-WS.org, 2018, с. 529–540. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper36.pdf>.
412. I. S. Mintii та V. N. Soloviev, «Augmented Reality: Ukrainian Present Business and Future Education», в *Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality in Education*, Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018, A. E. Kiv та V. N. Soloviev, ред., cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 2257, CEUR-WS.org, 2018, с. 227–231. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2257/paper22.pdf>.
413. I. S. Mintii, O. Y. Stetsyshyna, O. Y. Tarasova, O. B. Kanevska та S. O. Semerikov, «A specialized Ukrainian-Polish computer science translator for primary education: Design and implementation», в *Proceedings of the 12th Workshop on*

- Cloud Technologies in Education (CTE 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 12, 2025, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 4043, CEUR-WS.org, 2025, с. 236–253. url: <https://ceur-ws.org/Vol-4043/paper10.pdf>.
414. I. S. Mintii, T. A. Vakaliuk, S. M. Ivanova, O. A. Chernysh, S. M. Hryshchenko та S. O. Semerikov, «Current state and prospects of distance learning development in Ukraine», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 41–55. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper01.pdf>.
415. N. Mirriahi, D. Alonzo та B. Fox, «A blended learning framework for curriculum design and professional development», *Research in Learning Technology*, т. 23, 2015. doi: 10.3402/rlt.v23.28451.
416. N. Mirriahi, D. Alonzo, S. McIntyre, G. Kligyte та B. Fox, «Blended learning innovations: Leadership and change in one Australian institution», *International Journal of Education and Development using ICT*, т. 11, № 1, с. 4–16, 2015. url: <https://www.researchgate.net/publication/311413055>.
417. P. Mishra та M. J. Koehler, «Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge», *Teachers College Record*, т. 108, № 6, с. 1017–1054, 2006. doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.
418. N. V. Moiseienko, M. V. Moiseienko, V. S. Kuznetsov, B. A. Rostalny та A. E. Kiv, «Teaching computer game development with Unity engine: a case study», в *Proceedings of the VII International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT: Person-oriented Approach (3L-Person 2022)*, Virtual Event, Kryvyi Rih, Ukraine, October 25, 2022, O. Y. Burov, S. H. Lytvynova, S. O. Semerikov та Y. V. Yechkalo, ред., cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3482, CEUR-WS.org, 2023, с. 237–251. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3482/paper330.pdf>.
419. N. S. Morais та R. Raposo, «Blended-Learning in contexts conditioned by the pandemic: the perceptions of higher education students», в *23rd International Symposium on Computers in Education, SIIE 2021, Malaga, Spain, September 23-24, 2021*, A. Balderas, A. J. Mendes та J. M. Dodero, ред., IEEE, 2021, с. 1–6. doi: 10.1109/SIIE53363.2021.9583650.
420. V. S. Morkun, S. Semerikov, S. Hryshchenko, I. Mintii та Y. Hryshchenko, «Results of Experimental Work to Check the Effectiveness of the Method of Using Geoinformation Technologies», в *Proceedings of the 2nd Myroslav I. Zhaldak*

- Symposium on Advances in Educational Technology – AET, INSTICC, SciTePress*, 2023, c. 272–280. doi: 10.5220/0012063600003431.
421. A. V. Morozov та T. A. Vakaliuk, «An electronic environment of higher education institution (on the example of Zhytomyr Polytechnic State University)», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1840, № 1, c. 012 061, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1840/1/012061.
 422. A. V. Morozov та T. A. Vakaliuk, «The Administration of the Digital Environment of Higher Educational Institutions: the Identification of Users», в *E-learning*, STUDIO NOA, 2021, c. 309–322. doi: 10.34916/el.2021.13.25. url: <http://dx.doi.org/10.34916/el.2021.13.25>.
 423. *National Education Act of B.E. 2542 (1999)*. Bangkok, Thailand: Office of the National Education Commission, 1999. url: <https://asean.org/wp-content/uploads/2016/08/Thailand184.pdf>.
 424. E. Nelson, «E-learning: A practical solution for training and tracking in patient-care settings», *Nursing Administration Quarterly*, т. 27, № 1, c. 29–32, 2003. doi: 10.1097/00006216-200301000-00007.
 425. L. Ni, G. Bausch та R. Benjamin, «Computer science teacher professional development and professional learning communities: a review of the research literature», *Computer Science Education*, т. 33, № 1, c. 29–60, 2023. doi: 10.1080/08993408.2021.1993666.
 426. D. J. Nicol та D. Macfarlane-Dick, «Formative Assessment and Self-Regulated Learning: A Model and Seven Principles of Good Feedback Practice», *Studies in Higher Education*, т. 31, № 2, c. 199–218, 2006. doi: 10.1080/03075070600572090.
 427. C. P. Niemiec та R. M. Ryan, «Autonomy, Competence, and Relatedness in the Classroom: Applying Self-Determination Theory to Educational Practice», *Theory Into Practice*, т. 48, № 2, c. 133–141, 2009. doi: 10.1080/00405840902776120.
 428. J. Nijenhuis-Voogt, «Algorithms in context: Teacher knowledge and student learning in secondary computer science education», Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de Radboud Universiteit Nijmegen, Radboud University Nijmegen, Nijmegen, 2022. url: <https://repository.ubn.ru.nl/handle/2066/247902>.
 429. J. Nijenhuis-Voogt, P. C. Meijer та E. Barendsen, «Context-based teaching and learning of fundamental computer science concepts: exploring teachers' ideas»,

- В *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, cep. WiPSCE '18, Potsdam, Germany: Association for Computing Machinery, 2018. doi: 10.1145/3265757.3265772. url: <https://doi.org/10.1145/3265757.3265772>.
430. A. Nishikawa-Pacher, «Research Questions with PICO: A Universal Mnemonic», *Publications*, т. 10, № 3, с. 21, 2022. doi: 10.3390/publications10030021.
 431. A. Norberg, C. D. Dziuban та P. D. Moskal, «A Time Based Blended Learning Model», *On the Horizon*, т. 19, № 3, с. 207–216, 2011. doi: 10.1108/10748121111163913. url: <https://www.researchgate.net/publication/233961151>.
 432. *OATD – Open Access Theses and Dissertations*, 2024. url: <https://oatd.org/>.
 433. V. P. Oleksiuk, S. M. Ivanova та I. S. Mintii, «Evaluating the results of scientific and pedagogic research: a foreign review», *Educational Dimension*, т. 4, с. 58–74, 2021. doi: 10.31812/educdim.v56i4.4435.
 434. M. Oliver та K. Trigwell, «Can ‘Blended Learning’ Be Redeemed?», *E-Learning and Digital Media*, т. 2, № 1, с. 17–26, 2005. doi: 10.2304/elea.2005.2.1.17.
 435. I. Onikienko, L. Bratchenko, I. Mintii та O. Chaika, «Remote study for the humanities and social sciences: digitization and coaching», *SHS Web Conf.*, т. 142, с. 03 001, 2022. doi: 10.1051/shsconf/202214203001.
 436. OpenAI, *Hello GPT-4o*, 2024. url: <https://openai.com/index/hello-gpt-4o/>.
 437. OpenAI, *ChatGPT – ScholarGPT*, 2024. url: <https://chatgpt.com/g/g-3DGi2iLag-scholargpt>.
 438. E. Ossiannilsson, «Blended Learning – State of the Nation», В *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education, CSEDU 2018, Funchal, Madeira, Portugal, March 15-17, 2018, Volume 2*, B. M. McLaren, R. Reilly, S. Zvacek та J. O. Uhomobhi, ред., SciTePress, 2018, с. 541–547. doi: 10.5220/0006815005410547.
 439. A. A. Othman, «Design, development and implementation of a blended learning strategy for a computer science course at the Faculty of Sciences, Omer Al-Mukhtar University, Libya», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, University of Huddersfield, England, 2017. url: <https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/34803>.
 440. B. Ouattara, «What effects for pedagogical scenarios based on information and communication technologies? : Case of distance education for obtaining the certificate of skills in computer science and Internet at University Ouaga

- II (Burkina Faso)», Theses, Université de Cergy Pontoise, 2019. url: <https://theses.hal.science/tel-02501539>.
441. F. Owczarek-Jedrkiewicz, «La formation hybride: entre conception et usage : Blended learning: between use and design», Thèse de doctorat en Informatique, University of Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2022. url: <http://www.theses.fr/2022PA01E012>.
 442. H. Owen та N. Dunham, «Reflections on the Use of Iterative, Agile and Collaborative Approaches for Blended Flipped Learning Development», *Education Sciences*, т. 5, № 2, с. 85–103, 2015. doi: 10.3390/educsci5020085.
 443. R. Owston, D. York та S. Murtha, «Student perceptions and achievement in a university blended learning strategic initiative», *The Internet and Higher Education*, т. 18, с. 38–46, 2013, Blended Learning in Higher Education: Policy and Implementation Issues. doi: 10.1016/j.iheduc.2012.12.003.
 444. A. Ożadowicz, «Interactivity - A Key Element of Blended Learning with Flipped Classroom Approach», в *2022 IEEE 9th International Conference on e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)*, 2022, с. 1–6. doi: 10.1109/ICELIE55228.2022.9969439.
 445. M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, I. Boutron, T. C. Hoffmann, C. D. Mulrow, L. Shamseer, J. M. Tetzlaff, E. A. Akl, S. E. Brennan, R. Chou, J. Glanville, J. M. Grimshaw, A. Hróbjartsson, M. M. Lalu, T. Li, E. W. Loder, E. Mayo-Wilson, S. McDonald, L. A. McGuinness, L. A. Stewart, J. Thomas, A. C. Tricco, V. A. Welch, P. Whiting та D. Moher, «The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews», *BMJ*, т. 372, n71, 2021. doi: 10.1136/bmj.n71.
 446. S. Papadakis, A. E. Kiv, H. M. Kravtsov, V. V. Osadchyi, M. V. Marienko, O. P. Pinchuk, M. P. Shyshkina, O. M. Sokolyuk, I. S. Mintii, T. A. Vakaliuk, L. E. Azarova, L. S. Kolgatina, S. M. Amelina, N. P. Volkova, V. Y. Velychko, A. M. Striuk та S. O. Semerikov, «Unlocking the power of synergy: the joint force of cloud technologies and augmented reality in education», в *Joint Proceedings of the 10th Workshop on Cloud Technologies in Education, and 5th International Workshop on Augmented Reality in Education (CTE+AREdu 2022)*, *Kryvyi Rih, Ukraine, May 23, 2022*, S. O. Semerikov та A. M. Striuk, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3364, CEUR-WS.org, 2023, с. 1–23. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3364/paper00.pdf>.

447. S. Papadakis, A. E. Kiv, H. M. Kravtsov, V. V. Osadchyi, M. V. Marienko, O. P. Pinchuk, M. P. Shyshkina, O. M. Sokolyuk, I. S. Mintii, T. A. Vakaliuk, A. M. Striuk ta S. O. Semerikov, «Revolutionizing education: using computer simulation and cloud-based smart technology to facilitate successful open learning», в *Joint Proceedings of the 10th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education, and Workshop on Cloud-based Smart Technologies for Open Education (CoSinEi and CSTOE 2022) co-located with ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education (CITEd 2022) Kyiv, Ukraine, December 22, 2022*, S. Papadakis, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3358, CEUR-WS.org, 2023, с. 1–18. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3358/paper00.pdf>.
448. S. Papadakis, S. H. Lytvynova, I. S. Mintii, S. M. Ivanova, I. A. Selyshcheva ta S. O. Semerikov, «Advancing lifelong learning with AI-enhanced ICT: A review of 3L-Person 2024», в *Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024) co-located with ICTERI 2024, Lviv, Ukraine, September 23, 2024*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3781, CEUR-WS.org, 2024, с. 1–9. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper00.pdf>.
449. S. Papert, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, 1980.
450. K. Patriarcheas, S. Papaloukas ta M. Xenos, «Suitable asynchronous distance education for a size for working groups in informatics teachers training», в *2009 4th Balkan Conference in Informatics, BCI 2009*, 2009, с. 157–162. doi: 10.1109/BCI.2009.9.
451. S. Pavla, V. Hana ta V. Jan, «Blended Learning: Promising Strategic Alternative in Higher Education», *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, т. 171, с. 1245–1254, 2015, 5th ICEEPSY International Conference on Education & Educational Psychology. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.238.
452. A. Pedro, J. Piedade ta J. F. Matos, «Learning scenarios in computer science initial teacher education», *Revista Lusofona de Educacao*, т. 45, № 45, с. 223–238, 2019. doi: 10.24140/issn.1645-7250.rle45.15.
453. A. Picciano, «Blending with purpose: The multimodal model», *Journal of the Research Center for Educational Technology*, т. 5, № 1, с. 4–14, 2009. doi: 10.24059/olj.v13i1.1673.

454. S. Piotto, A. Zürn, W. Uhlig, C. Mensing, B. Rüttimann та R. Nesper, «New media for teaching and communicating inorganic chemistry: The projects CCN and CCI at the department of chemistry and applied biosciences, ETH Zürich», *Chimia*, т. 57, № 3, с. 94–98, 2003. doi: 10.2533/000942903777679622.
455. P. Platen, T. Abel, T. Friedrich, M. Kerres, C. Klose, V. Lalyko, M. Lebenstedt, A. Machanek, C. Menz, N. Ojstersek, S. Schneider, K. Wienold та E. Wouters, «New media in education – New chances in sports medicine! spomedial – Sports medicine interactive learning (Neue medien in der bildung – Neue chancen in der sportmedizin! spomedial – Sportmedizin interaktiv lernen)», *Deutsche Zeitschrift fur Sportmedizin*, т. 54, № 12, с. 361–365, 2003. url: https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv2003/heft12/spomedial12_03.pdf.
456. T. Plomp та N. Nieveen, *Educational Design Research*. Enschede: SLO – Netherlands Institute for Curriculum Development, 2013.
457. *Põimõpe*, 2020. url: <https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=P%C3%B5im%C3%B5pe&oldid=5737010>.
458. N. S. Ponomareva, «Role and place of Informatics in the training of future teachers of mathematics», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1840, № 1, с. 012 035, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1840/1/012035.
459. N. Ponomareva, «Methodical System of Teaching Informatics to Pre-Service Mathematics Teachers», в *Proceedings of the 2nd Myroslav I. Zhaldak Symposium on Advances in Educational Technology – AET*, INSTICC, SciTePress, 2023, с. 794–803. doi: 10.5220/0012067900003431.
460. W. W. Porter, C. R. Graham, K. A. Spring та K. R. Welch, «Blended learning in higher education: Institutional adoption and implementation», *Computers & Education*, т. 75, с. 185–195, 2014. doi: 10.1016/j.compedu.2014.02.011.
461. L. Pospíšilová та L. Rohlíková, «Reforming higher education with ePortfolio implementation, enhanced by learning analytics», *Computers in Human Behavior*, т. 138, с. 107 449, 2023. doi: 10.1016/j.chb.2022.107449.
462. P. Poulova та M. Cerna, «New University Students and Blended Learning Experience», в *2018 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, 2018, с. 18–22. doi: 10.1109/ISET.2018.00014.
463. L. P. Prieto, Y. Dimitriadis, J. I. Asensio-Pérez та C.-K. Looi, «Orchestration in Learning Technology Research: Evaluation of a Conceptual Framework»,

- Research in Learning Technology*, т. 23, с. 28 019, 2015. doi: 10.3402/rlt.v23.28019.
464. C. T. Procter, «Blended Learning in Practice», в *Education in a Changing Environment, 17th-18th September 2003, Conference Proceedings*, University of Salford, 2003. url: <https://usir.salford.ac.uk/27428/2/BlendedLearningInPractice.pdf>.
 465. E. B. Pulham, «K-12 Blended Teaching Competencies», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Instructional Psychology and Technology, Brigham Young University, 2018. url: <https://scholarsarchive.byu.edu/context/etd/article/9802/viewcontent/etd10411.pdf>.
 466. J. Quast, C. Rubach та R. Lazarides, «Professional digital competence beliefs of student teachers, pre-service teachers and teachers: Validating an instrument based on the DigCompEdu framework», *European Journal of Teacher Education*, 2023. doi: 10.1080/02619768.2023.2251663.
 467. C. Redecker, «European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu», Joint Research Centre, European Commission, Luxembourg, JRC Science for Policy Report, 2017. doi: 10.2760/159770.
 468. R. Ridwan, H. Hamid та I. Aras, «Blended Learning in Research Statistics Course at The English Education Department of Borneo Tarakan University», *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, т. 15, № 07, с. 61–73, 2020. doi: 10.3991/ijet.v15i07.13231.
 469. B. Rienties, J. Domingue, C. Herodotou та R. Vuorikari, «Education 4.0 in higher education and computer science: A systematic review», *Computer Applications in Engineering Education*, т. 31, № 5, с. 1339–1357, 2023. doi: 10.1002/cae.22643.
 470. A. Rossett та R. V. Frazee, «Blended Learning Opportunities», American Management Association, AMA Special Report, 2006. url: <https://www.researchgate.net/publication/228669485>.
 471. M. Roszak, B. Kołodziejczak, W. Kowalewski та A. Ren-Kurc, «Academic blended learning – competences and tools», *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, т. 24, № 3–4, с. 286–301, 2014. doi: 10.1504/IJCEELL.2014.063100.
 472. J. C. d. Roza, «Aprendizagem na/da docência digital na perspectiva do B-Learning e do TPACK na produção compartilhada de novas pedagogias», Tese

- de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Santa Maria, 2019. url: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/19485>.
473. C. Ruiz Bolívar, «El *blended-learning*: evaluación de una experiencia de aprendizaje en el nivel de postgrado», *Investigación y Postgrado*, т. 23, № 1, с. 11–36, 2008. url: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-00872008000100002.
 474. R. M. Ryan та E. L. Deci, «Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being», *American Psychologist*, т. 55, № 1, с. 68–78, 2000. doi: 10.1037/0003-066X.55.1.68.
 475. D. R. Sadler, «Formative Assessment and the Design of Instructional Systems», *Instructional Science*, т. 18, № 2, с. 119–144, 1989. doi: 10.1007/BF00117714.
 476. M. Saeli, J. Perrenet, W. M. G. Jochems та B. Zwaneveld, «Teaching Programming in Secondary School: A Pedagogical Content Knowledge Perspective», *Informatics in Education*, т. 10, № 1, с. 73–88, 2011. doi: 10.15388/infedu.2011.06.
 477. J.-M. Sáez-López, M. Román-González та E. Vázquez-Cano, «Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two-year case study using Scratch in five schools», *Computers & Education*, т. 97, с. 129–141, 2016. doi: 10.1016/j.compedu.2016.03.003.
 478. N. Salleh, «Investigating the Effect of Students' Personality Traits Towards Improving Pair Programming's Effectiveness as a Pedagogical Tool for CS Education», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Computer Science, The University of Auckland, Auckland, 2010.
 479. A. O. Salonen, A. Tapani та S. Suhonen, «Student Online Activity in Blended Learning: A Learning Analytics Perspective of Professional Teacher Education Studies in Finland», *SAGE Open*, т. 11, № 4, с. 21 582 440 211 056 612, 2021. doi: 10.1177/21582440211056612.
 480. M. R. C. Santos, «Blended Learning Compared to Online Learning in Business, Management, and Accounting Education: A Bibliometric Analysis and Literature Review», в *Interdisciplinary and Practical Approaches to Managerial Education and Training*, L. C. Carvalho, N. Teixeira та P. Pardal, ред., IGI Global, 2022, с. 46–55. doi: 10.4018/978-1-7998-8239-8.ch003.
 481. R. L. Santos, «Andragogy Content Knowledge Technology: A Training Model for Teaching Adults», Thesis for the degree of Doctor of Education in Leadership

- and Innovation, Arizona State University, 2012. url: <http://repository.asu.edu/items/14717>.
482. K. Schildkamp, F. M. van der Kleij, M. C. Heitink, W. B. Kippers та B. P. Veldkamp, «Formative Assessment: A Systematic Review of Critical Teacher Prerequisites for Classroom Practice», *International Journal of Educational Research*, т. 103, с. 101 602, 2020. doi: 10.1016/j.ijer.2020.101602.
 483. D. A. Schön, *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books, 1983.
 484. J. Schreurs, R. Moreau та I. Picart, «E-blended learning management system», в *Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2003*, A. Rossett, ред., Phoenix, Arizona, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2003, с. 2409–2412. url: <https://www.learntechlib.org/p/11900>.
 485. S. O. Semerikov, I. O. Teplytskyi, V. N. Soloviev, V. A. Hamaniuk, N. S. Ponomareva, O. H. Kolgatin, L. S. Kolgatina, T. V. Byelyavtseva, S. M. Amelina та R. O. Tarasenko, «Methodic quest: Reinventing the system», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1840, № 1, с. 012 036, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1840/1/012036.
 486. S. O. Semerikov, O. M. Spirin, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, S. M. Ivanova та O. Shymon, «Assessing the effectiveness of research and academic staff’s scientific activity: definition of criteria and indicators», *Educational Dimension*, с. 215–227, 2023. doi: 10.31812/ed.605. url: <https://acnsci.org/journal/index.php/ed/article/view/605>.
 487. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та D. S. Shepiliev, «Design methodology for immersive educational resources», *Educational Dimension*, т. 6, с. 176–199, 2022. doi: 10.31812/educdim.4716.
 488. S. O. Semerikov, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Student elective course selection patterns and satisfaction determinants identified through educational data mining», *Scientific Reports*, т. 16, с. 6965, 2026. doi: 10.1038/s41598-026-37712-7.
 489. S. O. Semerikov, M. V. Foki, D. S. Shepiliev, M. M. Mintii, I. S. Mintii та O. H. Kuzminska, «Teaching WebAR development with integrated machine learning: a

- methodology for immersive and intelligent educational experiences», *Educational Dimension*, т. 10, с. 198–234, 2024. doi: 10.55056/ed.660.
490. S. O. Semerikov, M. V. Foki, D. S. Shepiliev, M. M. Mintii, I. S. Mintii та O. H. Kuzminska, «Methodology for teaching development of web-based augmented reality with integrated machine learning models», в *Proceedings of the 11th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education (CoSinE 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 15, 2024, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3820, CEUR-WS.org, 2024, с. 118–145. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3820/paper249.pdf>.
 491. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Mapping lifelong learning quality: a bibliometric study», *Educational Dimension*, т. 3, с. 1–8, 2020. doi: 10.31812/ed.622.
 492. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Automating literature screening with large language models», в *Conference proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference «Information Technology for Education, Science and Technics» (ITEST-2024)*, Cherkasy, May 23-24, 2024, Cherkasy: ChSTU, 2024, с. 130–132. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10385>.
 493. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Multi-dimensional bibliometric framework for analyzing research adaptation during crisis: evidence from Ukrainian educational psychology», *Social Sciences & Humanities Open*, т. 13, с. 102 709, 2026. doi: 10.1016/j.ssaho.2026.102709.
 494. S. O. Semerikov, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та P. P. Nechypurenko, «Institutional heterogeneity in crisis response: A mixed-methods analysis of Ukrainian higher education strategic adaptation during war», *International Journal of Educational Research Open*, т. 11, с. 100 580, 2026. doi: 10.1016/j.ijedro.2026.100580.
 495. S. O. Semerikov, I. S. Mintii та R. K. Makhachashvili, «Digital Humanities Event Horizon», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 1–28. doi: 10.1145/3526242.3526243.
 496. S. O. Semerikov, I. S. Mintii та N. V. Moiseienko, «Teaching logic programming: a review», *CTE Workshop Proceedings*, т. 12, с. 399–425, 2025. doi: 10.55056/cte.838.
 497. S. O. Semerikov, I. S. Mintii, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko та S. L. Malchenko, «Geographic Information Systems for Space Science Education: A Review», *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, т. 26, с. 46, 2026. doi: 10.1007/s42330-026-00422-3.

498. S. O. Semerikov, M. M. Mintii та I. S. Mintii, «Review of the course «Development of Virtual and Augmented Reality Software» for STEM teachers: implementation results and improvement potentials», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021), Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021*, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 159–177. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper09.pdf>.
499. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Resilience through crisis: an integrated framework for entrepreneurial STEM education in conflict-affected contexts», *Discover Education*, т. 5, с. 24, 2026. doi: 10.1007/s44217-025-01041-0.
500. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Mathematical exclusion as social injustice: a critical analysis of inclusive education discourse and practice in grades 5-6», *SN Social Sciences*, т. 6, с. 17, 2026. doi: 10.1007/s43545-025-01305-4.
501. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Mapping the intellectual landscape of geometry education in inclusive settings: A bibliometric analysis of teaching squares, cubes, areas, and volumes and the SPACE framework», *Social Sciences & Humanities Open*, т. 14, с. 103 437, 2026. doi: 10.1016/j.ssaho.2026.103437.
502. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та L. O. Fadieieva, «Differential effects of Moodle course design on student subpopulations: advancing personalized learning in higher education», *Smart Learning Environments*, т. 12, с. 46, 2025. doi: 10.1186/s40561-025-00400-6.
503. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та L. O. Fadieieva, «Multivariate analysis of Moodle components and grade distribution patterns for adaptive learning environments», *Discover Education*, т. 5, с. 15, 2026. doi: 10.1007/s44217-025-01024-1.
504. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та L. O. Fadieieva, «Development and validation of an adaptive learning readiness assessment framework for Moodle courses», *Journal of New Approaches in Educational Research*, т. 15, с. 19, 2026. doi: 10.1007/s44322-026-00069-w.
505. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та A. O. Kolhatin, «Vision-Based Autonomous UAV Landing: A Comprehensive Review

- of Technologies, Techniques, and Applications», *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, т. 111, с. 115, 2025. doi: 10.1007/s10846-025-02314-4.
506. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та A. O. Kolhatin, «Energy-efficient neuromorphic computing for ultra-low latency cognitive radio: a hardware-software co-design framework for 6G spectrum intelligence», *Discover Artificial Intelligence*, т. 6, с. 363, 2026. doi: 10.1007/s44163-026-01093-7.
 507. S. O. Semerikov, M. P. Shyshkina, A. M. Striuk, M. I. Striuk, I. S. Mintii, O. O. Kalinichenko, L. S. Kolgatina та M. Y. Karpova, «8th Workshop on Cloud Technologies in Education: Report», в *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*, *Kyryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2020*, S. O. Semerikov та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2879, CEUR-WS.org, 2020, с. 1–69. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2879/paper00.pdf>.
 508. S. O. Semerikov, A. M. Striuk, M. V. Marienko, O. P. Pinchuk, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, I. S. Mintii, A. V. Iatsyshyn, O. V. Gorda, O. B. Kanevska та I. I. Donchev, «AREdu 2024: Where augmented reality meets augmented intelligence», в *Proceedings of the 7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)*, *Kyryvyi Rih, Ukraine, May 14, 2024*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3918, CEUR-WS.org, 2025, с. 1–28. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3918/paper000.pdf>.
 509. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та O. B. Kanevska, «Mapping the Emergence: A Bibliometric Analysis of the Convergence Gap in GeoAI Teacher Education Research», *SN Computer Science*, т. 7, с. 114, 2026. doi: 10.1007/s42979-026-04731-0.
 510. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та O. B. Kanevska, «From science fiction to smart reality: a technology foresight review of smartdust evolution through the lens of Hamilton’s Great North Road», *European Journal of Futures Research*, т. 14, с. 4, 2026. doi: 10.1186/s40309-026-00266-y.
 511. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та S. O. Didkivska, «Challenges facing distance learning during martial law: results of a survey of Ukrainian students», *Educational Technology Quarterly*, т. 2023, № 4, с. 401–421, 2023. doi: 10.55056/etq.637.
 512. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Development of

- digital competencies in immersive cloud-based educational environment», в *Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024) co-located with ICTERI 2024, Lviv, Ukraine, September 23, 2024*, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3781, CEUR-WS.org, 2024, с. 203–208. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper27.pdf>.
513. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Immersive cloud-based educational environment of the university: Design principles», в *Proceedings of the 3rd Workshop on Digital Transformation of Education (DigiTransfEd 2024) co-located with ICTERI 2024, Lviv, Ukraine, September 23-27, 2024*, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3771, CEUR-WS.org, 2024, с. 126–135. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3771/paper27.pdf>.
 514. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Designing an immersive cloud-based educational environment for universities: a comprehensive approach», в *Proceedings of the 6th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2023), Kryvyi Rih, Ukraine, May 17, 2023*, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3844, CEUR-WS.org, 2024, с. 107–116. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3844/paper09.pdf>.
 515. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Immersive cloud-based mobile learning tools in higher education: a systematic review of integration frameworks and implementation strategies», в *Proceedings of the 8th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2025), Kryvyi Rih, Ukraine, May 13, 2025*, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 4060, CEUR-WS.org, 2025, с. 24–51. url: <https://ceur-ws.org/Vol-4060/paper02.pdf>.
 516. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та V. R. Ruban, «Mask and Emotion: Computer Vision in the Age of COVID-19», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 103–124. doi: 10.1145/3526242.3526263.
 517. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та D. S. Shepiliev, «Immersive E-Learning Resources: Design Methods», в *DHW*

- 2021: *Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, c. 37–47. doi: 10.1145/3526242.3526264.
518. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, I. S. Mintii та O. V. Bondarenko, «Shifting sands: analyzing trends in educational technology research published in Educational Technology Quarterly (2021-2023)», в *Proceedings of the 6th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2023)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 17, 2023, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3844, CEUR-WS.org, 2024, c. 72–82. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3844/paper10.pdf>.
 519. P. M. Senge, *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*, Revised. New York: Doubleday/Currency, 2006.
 520. S. Sentance та A. Csizmadia, «Computing in the curriculum: Challenges and strategies from a teacher's perspective», *Education and Information Technologies*, т. 22, № 2, c. 469–495, 2017. doi: 10.1007/s10639-016-9482-0.
 521. C. Şentürk, «Effects of the blended learning model on preservice teachers' academic achievements and twenty-first century skills», *Education and Information Technologies*, т. 26, № 1, c. 35–48, 2021. doi: 10.1007/s10639-020-10340-y.
 522. A. Settelmeyer, G. Münchhausen та K. Schneider, *Integriertes Lernen von Sprache und Fach in der Berufsorientierung und Berufsvorbereitung von Geflüchteten: wissenschaftliche Expertise zum Programm «Berufsorientierung für Flüchtlinge» (BOF)* (Wissenschaftlichen Diskussionspapiere 207). Bonn: Bundesinstituts für Berufsbildung, 2019, т. 207. url: <https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/10599>.
 523. E. Shein, «The CS Teacher Shortage», *Communications of the ACM*, т. 62, № 10, c. 17–18, 2019. doi: 10.1145/3355375.
 524. D. S. Shepiliev, S. O. Semerikov, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, O. M. Markova, Y. O. Modlo, I. S. Mintii, M. M. Mintii, T. V. Selivanova, N. K. Maksyshko, T. A. Vakaliuk, V. V. Osadchyi, R. O. Tarasenko, S. M. Amelina та A. E. Kiv, «Development of career guidance quests using WebAR», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1840, № 1, c. 012 028, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1840/1/012028.
 525. D. S. Shepiliev, Y. O. Modlo, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, M. M. Mintii, I. S. Mintii, O. M. Markova, T. V. Selivanova, O. M. Drashko, O. O. Kalinichenko, T. A. Vakaliuk, V. V. Osadchyi та S. O. Semerikov, «WebAR development tools: An overview», *CEUR Workshop Proceedings*, т. 2832, A. E. Kiv, S. O. Semerikov,

- V. N. Soloviev та A. M. Striuk, ред., с. 84–93, 2020. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2832/paper12.pdf>.
526. I. Shibley, «Ten Strategies to Improve Blended Course Design», Magna Publications, Madison, White Paper, 2013. url: <https://tinyurl.com/mtxn36x>.
 527. C. R. Short, «Preparing K-12 Teachers for Blended Teaching: An Exploration of Peer-reviewed Research, Important Practices, and Teacher Experiences», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Instructional Psychology and Technology, Brigham Young University, 2021. url: https://scholarsarchive.byu.edu/context/etd/article/10119/viewcontent/8192137322259720170902_etd.pdf.
 528. C. R. Short, C. R. Graham, T. Holmes, L. Oviatt та H. Bateman, «Preparing Teachers to Teach in K-12 Blended Environments: A Systematic Mapping Review of Research Trends, Impact, and Themes», *TechTrends*, т. 65, № 6, с. 993–1009, 2021. doi: 10.1007/s11528-021-00626-4.
 529. L. S. Shulman, «Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching», *Educational Researcher*, т. 15, № 2, с. 4–14, 1986. doi: 10.3102/0013189X015002004.
 530. D. Sichau, «Technology Enhanced Scaling of Large-Scale Blended Learning Courses», Thesis for the degree of Doctor of Sciences, ETH Zürich, 2018. doi: 10.3929/ethz-b-000301253.
 531. G. Siemens, «Learning Analytics: The Emergence of a Discipline», *American Behavioral Scientist*, т. 57, № 10, с. 1380–1400, 2013. doi: 10.1177/0002764213498851.
 532. M. Sirén, «Sulautuva oppiminen : kirjallisuuskatsaus opettajan ja opiskelijan uusista rooleista (Blended Learning: Literary Review of the New Roles of Teacher and Student)», Pro Gradu – thesis, University of Turku, 2017. url: <https://www.utupub.fi/handle/10024/144025>.
 533. M. Spach, «Robotic activities in primary school and learning computer concepts : what is the role of the pedagogical scenario?», Theses, Université Sorbonne Paris Cité, 2017. url: <https://theses.hal.science/tel-02271924>.
 534. O. Spirin, «Informatics teachers training standards, programs and curricula in Ukraine», в *Information Technologies at School*, V. Dagiene та R. Mittermeir, ред., 2006, с. 340–348.
 535. O. Spirin, V. Oleksiuk, O. Oleksiuk та S. Sydorenko, «The Group Methodology of Using Cloud Technologies in the Training of Future Computer Science Teachers»,

- В *Proceedings of the 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops, Kyiv, Ukraine, May 14-17, 2018*, V. Ermolayev, M. C. Suárez-Figueroa, V. Yakovyna, V. S. Kharchenko, V. Kobets, H. Kravtsov, V. S. Peschanenko, Y. Prytula, M. S. Nikitchenko та A. Spivakovsky, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2104, CEUR-WS.org, 2018, с. 294–304. url: https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_154.pdf.
536. O. M. Spirin, O. V. Matviienko, S. M. Ivanova, O. V. Ovcharuk, I. S. Mintii, I. V. Ivaniuk та L. A. Luparenko, «The Use of Open Electronic Scientific and Educational Systems to Support the Professional Activities of Research and Teaching Staff of Ukrainian Universities and Scientific Institutions», В *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 169–176. doi: 10.1145/3526242.3526261.
 537. O. M. Spirin, T. A. Vakaliuk, V. V. Ievdokymov та S. I. Sydorenko, «Criteria for selecting a cloud-based learning management system for a higher education institution», *Information Technologies and Learning Tools*, т. 89, № 3, с. 105–120, 2022. doi: 10.33407/itlt.v89i3.4958.
 538. H. Staker та M. B. Horn, *Classifying K-12 blended learning*. Boston, MA: Innosight Institute, 2012.
 539. J. Stanja, W. Gritz, J. Krugel, A. Hoppe та S. Dannemann, «Formative Assessment Strategies for Students' Conceptions—The Potential of Learning Analytics», *British Journal of Educational Technology*, т. 54, № 1, с. 58–75, 2023. doi: 10.1111/bjet.13288.
 540. A. M. Striuk, *Theoretical and methodological foundations of blended learning of system programming of future specialists in software engineering* (Theory and methods of e-learning). Kryvyi Rih, 2015, т. 6. doi: 10.55056/e-learn.v6i1.581.
 541. I. K. Suartama, P. Setyosari, S. Sulthoni та S. Ulfa, «Development of an Instructional Design Model for Mobile Blended Learning in Higher Education», *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, т. 14, № 16, с. 4–22, 2019. doi: 10.3991/ijet.v14i16.10633.
 542. *Sulautuva oppimine*, 2023. url: https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Sulautuva_oppiminen&oldid=21183165.
 543. W. Sumarni, S. Sudarmin та S. Kadarwati, «Creative skill improvement of the teacher candidates in designing learning programs through a project-based

- blended learning», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1918, № 3, с. 032 026, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1918/3/032026.
544. L. Sun, L. Hu та D. Zhou, «Promoting the AI teaching competency of K-12 computer science teachers: A TPACK-based professional development approach», *Education and Information Technologies*, т. 28, с. 1509–1533, 2022. doi: 10.1007/s10639-022-11252-5.
 545. S. Sutiah, S. Slamet, A. Shafqat та S. Supriyono, «Implementation of distance learning during the COVID-19 pandemic in faculty of education and teacher training», *Cypriot Journal of Educational Sciences*, т. 15, № 5, с. 1204–1214, 2020. doi: 10.18844/CJES.V15I5.5151.
 546. J. Sweller, J. J. G. van Merriënboer та F. G. W. C. Paas, «Cognitive Architecture and Instructional Design», *Educational Psychology Review*, т. 10, № 3, с. 251–296, 1998. doi: 10.1023/A:1022193728205.
 547. M. Tan та K. F. Hew, «Incorporating meaningful gamification in a blended learning research methods class: Examining student learning, engagement, and affective outcomes», *Australasian Journal of Educational Technology*, т. 32, № 5, 2016. doi: 10.14742/ajet.2232.
 548. E. Y. Tarasova та I. S. Mintii, «Web application for facial wrinkle recognition», в *Proceedings of the 4th Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2021), Virtual Event, Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2021*, A. E. Kiv, S. O. Semerikov, V. N. Soloviev та A. M. Striuk, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3077, CEUR-WS.org, 2022, с. 198–210. url: <http://ceur-ws.org/Vol-3077/paper19.pdf>.
 549. Teaching & Learning Centre, *Inquiry Through Blended Learning*, 2007. url: <http://web.archive.org/web/20070206204101/http://commons.ucalgary.ca/teaching/programs/itbl/>.
 550. J. Tej та M. Vagaš, «Vzdelávanie a rozvoj talentov po COVID-19 (Talent education and development after COVID-19)», в *RELIK 2020: Reproduction of human capital – mutual links and connections: conference proceedings*, Praha: Prague University of Economics та Business, 2020, с. 559–568. url: <https://relik.vse.cz/2020/download/pdf/317-Vagas-Matus-paper.pdf>.
 551. D. T. Tempelaar, «Supporting the Less-Adaptive Student: The Role of Learning Analytics, Formative Assessment and Blended Learning», *Assessment & Evaluati-*

- on in Higher Education*, т. 45, № 4, с. 579–593, 2020. doi: 10.1080/02602938.2019.1677855.
552. H. Theelen, M. C. Willems, A. van den Beemt, R. Conijn та P. den Brok, «Virtual internships in blended environments to prepare preservice teachers for the professional teaching context», *British Journal of Educational Technology*, т. 51, № 1, с. 194–210, 2020. doi: 10.1111/bjet.12760.
 553. L. R. Tiell, «An Ethnographic Case Study on the Phenomena of Blended Learning Teachers», Thesis for the degree of Doctor of Education in Education, University of Findlay, 2017. url: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=findlay150056494394115.
 554. H. Tkachuk, «Blended learning and features of the use of the rotation model in the educational process», *Journal of Information Technologies in Education (ITE)*, № 33, с. 143–156, 2017. url: <https://ite.kspu.edu/index.php/ite/article/view/47>.
 555. T. Torres-Coronas та M.-A. Vidal-Blasco, «MOOC y modelos de aprendizaje combinado. Una aproximación práctica», *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, т. 22, № 2, с. 325–343, 2019. doi: 10.5944/ried.22.2.24093.
 556. J. Trujillo-Trejo, A. Fermin-Perez, R. Trujillo-Huaman, V. Bustamante-Olivera, A. Espinoza-Robles та G. Salinas-Azana, «Using Facebook as a pedagogical tool for helping the teaching and learning process in a Faculty of Computer Science», в *EDUNINE 2019 – 3rd IEEE World Engineering Education Conference: Modern Educational Paradigms for Computer and Engineering Career, Proceedings*, C. D. R. Brito та M. M. Ciampi, ред., Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019, с. 1–4. doi: 10.1109/EDUNINE.2019.8875806.
 557. Y. V. Tryus та I. V. Herasymenko, «The combined study as innovative educational technology in higher education», *Theory and methods of e-learning*, т. 3, № 1, с. 299–308, 2012. doi: 10.55056/e-learn.v3i1.353.
 558. J. Tsan, M. Coenraad, Z. Crenshaw, J. Palmer, D. Eatinger, K. Beck, D. Weintrop та D. Franklin, «Reimagining Professional Development for K-8 CS Teachers: Evaluating a Virtual, Diffuse Model», в *SIGCSE 2022 – Proceedings of the 53rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, т. 1, Association for Computing Machinery, Inc, 2022, с. 530–536. doi: 10.1145/3478431.3499361.
 559. S. H. Tuiloma, «Understanding the Role of Institutional Support for Student Academic Engagement in Higher Education Online and Blended Learning Settings

- Through the Lens of the Academic Communities of Engagement Framework», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Instructional Psychology and Technology, Brigham Young University, Utah, United States, 2022. url: <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/9750>.
560. C. A. Twigg, «Improving quality and reducing cost: Designs for effective learning», *Change: The Magazine of Higher Learning*, т. 35, № 4, с. 22–29, 2003. doi: 10.1080/00091380309604107.
 561. UNESCO, *Unpacking Sustainable Development Goal 4: Education 2030; guide*, 2017. url: https://unesdoc.unesco.org/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_a9ade2d4-3d1e-4263-b202-7f1de46e478a?_=246300eng.pdf&to=32&from=1#pdfjs.action=download.
 562. V. Uskov, «Student-centered learning in online and blended education on computer information systems», в *33rd Annual Frontiers in Education, 2003. FIE 2003.*, т. 1, 2003, T4F–17. doi: 10.1109/FIE.2003.1263391.
 563. V. O. Ustinova, S. V. Shokaliuk, I. S. Mintii та A. V. Pikilnyak, «Modern techniques of organizing computer support for future teachers' independent work in German language», в *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018*, A. E. Kiv та V. N. Soloviev, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2433, CEUR-WS.org, 2018, с. 308–321. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper20.pdf>.
 564. T. A. Vakaliuk, O. M. Spirin, N. M. Lobanchykova, L. A. Martseva, I. V. Novitska та V. V. Kontsedailo, «Features of distance learning of cloud technologies for the organization educational process in quarantine», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1840, № 1, с. 012 051, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1840/1/012051.
 565. T. A. Vakaliuk, O. V. Chyzhmotria, S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Mathematical Model of a Two-Factor Transportation Problem With Weighting Coefficients», в *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, 2023, с. 1–6. doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324171.
 566. M. A. G. Vallim, «Vivências de professores formadores para a Educação Profissional e formação crítico-reflexiva em EaD: um estudo de caso», Tese de Doutorado em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem, Pontifical Catholic University of São Paulo, 2018. url: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/21863>.

567. S. Van Laer та J. Elen, «In search of attributes that support self-regulation in blended learning environments», *Education and Information Technologies*, т. 22, № 4, с. 1395–1454, 2017. doi: 10.1007/s10639-016-9505-x.
568. I. P. Varava, A. P. Bohinska, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Soft Skills in Software Engineering technicians education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1946, с. 012 012, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1946/1/012012.
569. C. Viebig, «Blended learning in entrepreneurship education: a systematic literature review», *Education + Training*, т. 64, № 4, с. 533–558, 2022. doi: 10.1108/ET-05-2021-0164.
570. J. E. Vielma Puente та M. A. Ruano, «Analysis of the usefulness of the basic program of teacher training in a blended learning modality», *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, т. 47, с. 289–298, 2021. doi: 10.4067/S0718-07052021000200289.
571. R. Vivian та K. Falkner, «Identifying Teachers’ Technological Pedagogical Content Knowledge for Computer Science in the Primary Years», в *Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research (ICER ’19)*, ACM, 2019, с. 147–155. doi: 10.1145/3291279.3339410.
572. T. Vukadynova, S. Terzyeva та M. Popov, «Developing Professional and Communication Skills of Students in Engineering Disciplines», *Chuzhdoezykovo obuchenye*, т. 48, № 3, с. 255–265, 2021. doi: 10.53656/for21.33razv. url: <https://tinyurl.com/2p8ax4ud>.
573. R. Vuorikari, S. Kluzer та Y. Punie, «DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens», Joint Research Centre, European Commission, JRC Science for Policy Report, 2022. doi: 10.2760/115376.
574. J. R. Warner, P. J. Guo та U. Wolz, «Growing the High School Computer Science Teacher Workforce: Strategies to Recruit and Retain CS Teachers», в *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE ’18)*, ACM, 2018, с. 1068. doi: 10.1145/3159450.3162278.
575. S. Waterhouse, *The Power of eLearning: The Essential Guide for Teaching in the Digital Age*. Boston: Allyn and Bacon, 2005.
576. D. Weintrop та U. Wilensky, «Transitioning from introductory block-based and text-based environments to professional programming languages in high school computer science», *Computers & Education*, т. 142, с. 103 646, 2019. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103646.

577. P. Whiting, J. Savović, J. P. T. Higgins, D. M. Caldwell, B. C. Reeves, B. Shea, P. Davies, J. Kleijnen та R. Churchill, «ROBIS: A new tool to assess risk of bias in systematic reviews was developed», *Journal of Clinical Epidemiology*, т. 69, с. 225–234, 2016. doi: 10.1016/j.jclinepi.2015.06.005.
578. G. Wiggins та J. McTighe, *Understanding by Design*, 2nd. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2005.
579. D. Wilson та E. M. Smilanich, *The other blended learning: A classroom-centered approach*. Pfeiffer, 2005.
580. A. F. Wise та D. W. Shaffer, «Why Theory Matters More than Ever in the Age of Big Data», *Journal of Learning Analytics*, т. 2, № 2, с. 5–13, 2015. doi: 10.18608/jla.2015.22.2.
581. Z. Xu, A. D. Ritzhaupt, F. Tian та K. Umapathy, «Block-based versus text-based programming environments on novice student learning outcomes: a meta-analysis study», *Computer Science Education*, т. 29, № 2-3, с. 177–204, 2019. doi: 10.1080/08993408.2019.1565233.
582. A. Yadav, «Computer Science Teacher Professional Development: Towards a Research Agenda on Teacher Thinking and Learning», в *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, cep. WiPSCE '17, Nijmegen, Netherlands: Association for Computing Machinery, 2017, с. 1–2. doi: 10.1145/3137065.3137066. url: <https://doi.org/10.1145/3137065.3137066>.
583. A. Yadav, M. Berges, P. Sands та J. Good, «Measuring computer science pedagogical content knowledge: An exploratory analysis of teaching vignettes to measure teacher knowledge», в *Proceedings of the 11th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, cep. WiPSCE '16, Münster, Germany: Association for Computing Machinery, 2016, с. 92–95. doi: 10.1145/2978249.2978264. url: <https://doi.org/10.1145/2978249.2978264>.
584. A. Yadav, C. Connolly, M. Berges, C. Chytas, C. Franklin, R. Hijón-Neira, V. Macann, L. Margulieux, A. Ottenbreit-Leftwich та J. R. Warner, «A Review of International Models of Computer Science Teacher Education», в *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*, Association for Computing Machinery, 2022, с. 65–93. doi: 10.1145/3571785.3574123.
585. J.-J. Yan, «The Impact of Blended Learning Integrating QR Code on Motivation, Flow Experience and Learning Performance in Drafting Practice Course for

- Vocational High School Students», Thesis for the degree of Master in Industrial Education, National Taiwan Normal University, Taiwan, 2017. doi: 10.6345/THE.NTNU.DIE.005.2018.E01.
586. Y. Yan та H. Chen, «Developments and Emerging Trends of Blended Learning: A Document Co-citation Analysis (2003–2020)», *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, т. 16, № 24, с. 149–164, 2021. doi: 10.3991/ijet.v16i24.25971.
 587. H. Yip, «From design to practice: teachers' experiences and perspectives of blended professional development in Hong Kong», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in E-Research and Technology Enhanced Learning, Lancaster University, 2019. doi: 10.17635/lancaster/thesis/719.
 588. A. Youde, *The Emotionally Intelligent Online Tutor: Effective Tutoring in Blended and Distance Learning Environments*. 2020, с. 1–185. doi: 10.4324/9780429322389.
 589. A. M. F. Yousef, M. A. Chatti та U. Schroeder, «Video-based learning: A critical analysis of the research published in 2003-2013 and future visions», в *eLmL 2014, The Sixth International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning*, M. Marquand, S. White та M. A. Lakhanie, ред., Barcelona: Iaria, 2014, с. 112–119.
 590. N. Z. Zacharis, «A multivariate approach to predicting student outcomes in web-enabled blended learning courses», *The Internet and Higher Education*, т. 27, с. 44–53, 2015. doi: 10.1016/j.iheduc.2015.05.002.
 591. C. Zagouras, D. Egarchou, P. Skiniotis та M. Fountana, «Face to face or blended learning? A case study: Teacher training in the pedagogical use of ICT», *Education and Information Technologies*, т. 27, № 9, с. 12 939–12 967, 2022. doi: 10.1007/s10639-022-11144-y.
 592. O. V. Zaika, T. A. Vakaliuk, A. V. Riabko, R. P. Kukharchuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «Selection of online tools for creating math tests», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021), Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021*, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 82–106. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper04.pdf>.
 593. A. Zendler та D. Klaudt, «Instructional methods to computer science education as investigated by computer science teachers», *Journal of Computer Science*, т. 11, № 8, с. 915–927, 2015. doi: 10.3844/jcssp.2015.915.927.

594. H. Zhang, «Towards blended learning: Educational technology to improve and assess teaching and learning», Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Computer Science, University of California, Santa Barbara, California, United States, 2009. doi: 10.5555/1751391.
595. L. Zhang та J. Nouri, «A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9», *Computers & Education*, т. 141, с. 103 607, 2019. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103607.
596. N. Zhou, H. Nguyen, C. Fischer, D. Richardson та M. Warschauer, «High School Teachers' Self-efficacy in Teaching Computer Science», *ACM Transactions on Computing Education*, т. 20, № 3, с. 1–18, 2020. doi: 10.1145/3410631.
597. B. J. Zimmerman, «Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview», *Theory Into Practice*, т. 41, № 2, с. 64–70, 2002. doi: 10.1207/s15430421tip4102_2.
598. *Zmishane navchannia*, 2019. url: https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%97%D0%BC%D1%96%D1%88%D0%B0%D0%BD%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F&oldid=25980322.

ДОДАТОК А

Підходи до тлумачення поняття «blended learning»

Таблиця А.1 – Підходи до тлумачення поняття «blended learning»

Мова, оригінальний термін	Визначення мовою оригіналу	Узагальнений відповідник (опорне слово тлумачення)
українська, змішане навчання [13], [51], [54], [132], [371], [598], комбіноване навчання [120], [540], [557]	різновид гібридної методики, коли відбувається поєднання онлайн навчання, традиційного та самостійного навчання. Мається на увазі не просто використання сучасних інтер-активних технологій на додаток до традиційних, а якісно новий підхід до навчання, що трансформує, а іноді і «перевортає» клас	змішане навчання
албанська, mësimi i përzier [222], [398]	është një qasje ndaj arsimit dhe edukimit që <i>kombinon</i> materiale arsimore në internet dhe mundësi tjera për ndërveprim në internet me metodat tradicionale të mësimdhënies klasore në shkollë	змішане навчання («комбінування»)
англійська, blended learning [204], [207], [301], [302]	the <i>combination</i> of online educational materials and interactions with traditional classroom teaching	blended learning («комбінування»)
болгарська, гибридно обучение [319], [572]	<i>гибридно</i> или <i>смесено</i> обучение е подход в ученето и съответно в педагогиката в образованието, който съчетава онлайн образователни материали и възможности за взаимодействие онлайн с традиционни методи на класната стая или студентска зала, като лекционна среда	гібридне, змішане навчання
данська, blended learning [197], [218], [569]	er et begreb der anvendes inden for uddannelsesverdenen. Det betegner typisk <i>kombinationen</i> af e-learning og tilstedeværelseskurser, f.eks. instruktørledede kurser	blended learning («комбінування»)
естонська, põimõpe [457]	on õppevorm, mille puhul osa õppest toimub lähiõppena ja osa – veebiõppena või paindõppena	–

Мова, оригінальний термін	Визначення	Узагальнений відповідник (опорне слово тлумачення)
іспанська, aprendizaje semi- presencial [163], [244]	el aprendizaje semipresencial (en inglés blended learning o b-learning) se refiere a la <i>combinación</i> del trabajo presencial (en aula), y del trabajo en lónea (<i>combinando</i> Internet y medios digitales), en donde la persona que es estudiante puede controlar algunos factores como el lugar, momento y espacio de trabajo	напівприсутнє на- вчання («комбіну- вання»)
італійська, apprendimento misto [163], [244]	nella ricerca educativa si riferisce ad un <i>mix</i> di ambienti d'apprendimento diversi. Esso <i>combina</i> il metodo tradizionale frontale in aula con attività mediata dal computer (ad esempio apprendimento online, uso di DVD, ecc.) e/o da sistemi mobili (come smartphone e tablet)	змішане, гібридне навчання («змішу- вання», «комбінува- ння»)
каталонська, aprenentatge mixt [160], [164]	aprenentatge que <i>combina</i> els elements de l'aprenentatge electrònic no presencial i els de l'aprenentatge tradicional a l'aula	змішане навчання («комбінування»)
нідерландська, blended learning [175], [201], [262]	eén definitie is «een <i>combinatie</i> van online leren en contactonderwijs», een andere «een <i>combinatie</i> van campusonderwijs en e-learning»	blended learning («комбінування»)
німецька, integriertes lernen [249], [331], [522]	bezeichnet eine Lernform, bei der die Vorteile von Präsenzveranstaltungen und E-Learning <i>kombiniert</i> werden sollen	інтегроване навча- ння («комбінуван- ня»)
норвезька, blandet læring [196], [342]	er et begrep som benyttes innenfor utdanning og betegner vanligvis en <i>kombinasjon</i> av flere ulike tilnærminger til læring som e-læring og eksempelvis kurs ledet av en instruktør. Det kan også være ulike <i>kombinasjoner</i> som eksempelvis selvstudier, e-læring og gruppediskusjoner via Internett	blended learning («комбінування»)
польська, blended learning [200], [444], [471]	mieszana (<i>zintegrowana</i> , <i>hybrydowa</i>) metoda kształcenia, łącząca tradycyjne metody nauki (bezpośredni kontakt z prowadzącym) z aktywnościami prowadzonymi zdalnie za pomocą komputera (M-learning)	змішане навчання (інтегроване, гібри- дне навчання)
португальська, blended learning [198], [419], [480]	é um derivado do e-learning, e refere-se a um sistema de formação onde a maior parte dos conteúdos é transmitido em curso à distância, normalmente pela internet, entretanto inclui necessariamente situações presenciais, daí a origem da designação <i>blended</i> , algo <i>misto</i> , <i>combinado</i>	blended learning, змішане, комбінова- не навчання

Продовження таблиці А.1

Мова, оригінальний термін	Визначення	Узагальнений відповідник (опорне слово тлумачення)
румунська, învățare mixtă [333]	reprezintă procesul încorporării a diverse stiluri de învățare, care se pot realiza prin intermediul resurselor fizice și virtuale <i>mixte</i>	змішане навчання
сербська, mešano učenje [397]	obrazovni program (formalni i neformalni) koji <i>kombinuje</i> onlajn digitalne medije sa tradicionalnim metodama koji se koriste u učionici. Ono zahteva fizičko prisustvo i nastavnika i učenika. Učenici i dalje pohađaju tradicionalne škole u kojima je prisutan nastavnik, ali «lice u lice» predavanja su <i>kombinovana</i> sa aktivnostima na kompjuteru	змішане навчання («комбінування»)
словацька, kombinované vzdelávanie [368], [550]	<i>kombinácia</i> štandardnej výuky (prezenčnej, prezentačnej, face-to-face) s e-learningom. <i>Kombinované</i> vzdelávanie sa snaží kompenzovať niektoré nevýhody e-vzdelávania pri plnení vzdelávacích cieľov <i>kombináciou</i> s prvkami štandardnej výuky, kedy je napríklad <i>kombinovaný</i> v distančnom štúdiu e-learningový kurz s úvodným či záverečným seminárom alebo workshopom. Tento prístup je vhodný predovšetkým tam, kde cieľová skupina nie je zvyknutá používať moderné komunikačné nástroje, ako je chat, diskusné fórum, videokonferencie a pod	комбіноване навчання
словенська, kombinirano učenje [194], [352], [367]	koncept učenja in poučevanja, pri katerem se spajajo in <i>mešajo</i> različni učni slogi in se uporabljajo najrazličnejši učni pripomočki – od virtualnih do fizičnih. Učni slogi se nanašajo na številne različne načine, ki jih ljudje uporabljajo pri učenju. <i>Kombinirano</i> učenje prav učnim slogom daje prednost: na eni strani z vključevanjem najrazličnejših nalog in dejavnosti v pouk, na drugi pa z uporabo računalniške tehnologije, e-gradiv, interakcije med mentorjem in udeleženci ter med samimi udeleženci učnega procesa oz. tečaja	комбіноване навчання («змішування»)
угорська, blended learning [173], [199], [314]	egy újabb oktatási forma, amelyben az internet és a digitális média nyújtotta lehetőségeket és a hagyományos tantermi oktatás módszereit együttesen használják. Tananyag elsajátítása közben az oktató ellenőrző és segítő szerepe megmarad: ebben a modellben fontos szerepet kap a személyes kontaktus, az órák megadott helyén és idején való személyes részvétel, míg az online tér tanulástámogató felületein keresztül a diákok szintén kapcsolatba léphetnek a tanárokkal és egymással is	blended learning

Мова, оригінальний термін	Визначення	Узагальнений відповідник (опорне слово тлумачення)
фінська, sulautuva oppimi- nen [274], [532], [542]	tarkoittaa oppimisen ympäristöjen sulautumista. Oppimisympäristön sulattaminen tarkoittaa esimerkiksi sitä, että luokkahuone ja virtuaalinen oppimisympäristö sulautetaan yhdeksi kokonaisuudeksi, jossa oppiminen tapahtuu. Usein opetuksen sulauttaminen tarkoittaa, että sulautetaan synkronista ja asynkronista opetusta	
французька, apprentissage hybride [162], [183], [184]	est une formule pédagogique qui résulte d'une <i>combinaison</i> de séquences de formation en ligne (e-learning) et de formation en présentiel. Elle offre certains avantages comme un espace de travail plus collaboratif pour les apprenants. L'utilisation des technologies de l'information et de la communication donne l'opportunité à l'apprenant d'avoir, dans une certaine mesure, un contrôle sur le temps, le lieu, les moyens et la vitesse ¹ . À ce titre, on distingue l'apprentissage synchrone: les formateurs et les élèves suivent en même temps un module de formation et asynchrone : les élèves suivent de façon différée grâce à des ressources pré-établies par l'enseignant (vidéo, diaporama, contenu interactif...)	гібридне, змішане («комбінування»)
чеська, blended learning [202], [364], [462]	označení pro kombinovanou výuku, tedy pro kombinaci standardní výuky (prezenční, prezentační, face-to-face) s e-learningem. Jedná se o specifickou formu vzdělávání, která kombinuje tradiční metody výuky s online studijním obsahem. Využívá různé kombinace tradičního vzdělávání tváří v tvář (face-to-face), e-learningu a individuálního vzdělávání vlastní rychlostí (self-paced learning). Účelem je, aby se jednotlivé metody navzájem doplňovaly	blended learning («комбінування»)
шведська, blended learning [203], [323], [438]	avser just en blandning av olika lärmiljöer. Blended learning <i>kombinerar</i> traditionella klassrumsmetoder med mer moderna datormedierade aktiviteter	blended learning («комбінування»)

ДОДАТОК Б

Ключові дослідження підходів до організації комбінованого навчання

Таблиця Б.1 – Підходи щодо впровадження КН

Назва дослідження	Підходи щодо впровадження КН
«Face to face or blended learning? A case study: Teacher training in the pedagogical use of ICT» [591]	при розробці моделі КН акцент був зроблений на взаємодії, ефективній комунікації та співпраці між викладачем та слухачами, а також між самими слухачами шляхом проведення регулярних (щонайменше, щотижня) синхронних дистанційних навчальних сесій з використанням платформи Blackboard Collaborate, а також невеликої кількості очних навчальних сесій, що супроводжувалися асинхронними заходами протягом усього курсу, для підтримки яких використано систему управління навчанням (learning management system – LMS) Moodle. Програма тривала 24 тижні, кожна група налічувала близько 12 учасників. Після перших 8 тижнів було запроваджено щотижневі «зустрічі підтримки», де слухачі тренувалися під керівництвом тренерів щодо провадження освітніх заходів з використанням ІКТ на своїх уроках зі своїми учнями та/або обговорювали їх результати після їх застосування в школі. Очні тренінги проходили протягом вихідних днів (3 години в суботу та 3 години в неділю). LMS Moodle також використовувалась для призначення завдань, завантаження робіт, оцінювання та виставлення оцінок, комунікації та співпраці тощо. Інструменти для віртуального управління та роботи з класом, такі як відеоконференції, спільний доступ до додатків Дошка, чат, голосування, запис тощо також були доступні на платформі синхронного дистанційного навчання Blackboard Collaborate. Перший пілотний етап включав десять програм (по дві для кожної педагогічної спеціальності), які були реалізовані з метою тестування та вдосконалення методів, інструментів та навчального матеріалу (формувальне оцінювання). За цим етапом послідував другий етап, що включав сорок п'ять програм, щоб запропонувати можливість подальшого вивчення результатів, перш ніж застосовувати модель у більш широкому масштабі
«Analyzing an Appropriate Blend of Face-to-Face, Offline and Online Learning Approaches for the In-Service Vocational Teacher's Training Program» [169]	підвищення кваліфікації викладачів професійно-технічних навчальних закладів проводилося із застосуванням різних форм навчання (очне, онлайн та офлайн навчання). Лекції, презентації, групові заняття відбувалися очно, з використанням мультимедійних засобів. Для онлайн навчання використовувався цілий спектр апаратного та програмного забезпечення – комп'ютери, ноутбуки, мобільні телефони, WhatsApp та Gmail, для організації офлайн навчання використовувались навчальні посібники у вигляді CD ROM, нотатки та електронна бібліотека. Цікавим аспектом є виокремлення суто офлайн навчання як окремої складової КН

Назва дослідження	Підходи щодо впровадження КН
«Design an international blended professional development model for gifted education: An evaluation study» [339]	програма складалась з 20% очних інструктажів та 80% онлайн навчання. Навчання тривало півтора року і містило три очних курси (семінари) та п'ять онлайн курсів. Для організації освітнього процесу на початку проведено вступний очний семінар, далі очно був семінар між курсами та наприкінці заключний очний семінар. Кожен семінар тривав три дні. Під час семінарів запропоновано лекції, дискусії та практичні заняття. Онлайн заходи містили короткі змістовні інформаційні ролики, записи лекторів, завдання для читання, дискусійні дошки, щотижневі відеоблоги, онлайн вебінари, індивідуальні зустрічі, письмові завдання та звіти для саморефлексії
«Suddenly fully online: A case study of a blended university course moving online during the COVID-19 pandemic» [399]	курс розпочався очно, за планом мало відбутися дев'ять синхронних зустрічей, після четвертої зустрічі курс переведено в онлайн у зв'язку з необхідністю соціального дистанціювання через пандемію COVID-19. Зустрічі з п'ятої по дев'яту переплановано як двогодинні синхронні онлайн зустрічі, які проводилися за допомогою платформи для відеоконференцій, декількох інструментів для онлайн-голосування, онлайн-чатів і онлайн-форуму. Групова робота була полегшена завдяки використанню окремих кімнат на платформі для проведення відеоконференцій, і студенти могли використовувати ці кімнати як під час синхронних зустрічей, так і поза ними. Таким чином, вони також могли працювати в малих групах над «особистими навчальними цілями». Оцінки та система оцінювання залишилися ідентичними після того, як курс повністю перейшов в онлайн
«Analysis of the usefulness of the basic program of teacher training in a blended learning modality» [570]	у якості віртуального класу використано платформу edX, де учасникам були доступні різні навчальні матеріали, такі як відео, список рекомендованих джерел, силабус, завдання для оцінювання. Заходи, що проводились з використанням платформи, розроблялись таким чином, щоб організувати спільну роботу студентів та викладачів (через використання Screencast-o-matic, Plickers, Playposit, Padlet та ін.)
«Challenges of using a blended learning approach: A flipped classroom in an English teacher education program in Mexico» [285]	зادля організації навчального процесу використано платформу Edmodo. Студенти отримували матеріали для читання (теорія) та повинні були дослідити і використати платформи для розробки своїх ресурсів, а також спроектувати повний урок для фінального проєкту. Усі матеріали, інструкції до виконання завдань та електронний контроль були доступні слухачам протягом усього курсу на платформі. Взаємодія з викладачем здійснювалась також через платформу. Під час очних занять студенти зустрічалися з викладачем та колегами, щоб застосувати на практиці ресурси та провести заходи, які вони розробили на онлайн платформах (іноді шляхом мікровикладання, тобто створення навчальних ситуацій)
«Creative skill improvement of the teacher candidates in designing learning programs through a project-based blended learning» [543]	для організації комбінування очного та онлайн навчання потрібна наявність трьох компонентів: наставника або лектора, навчального матеріалу в режимі онлайн та практичного навчання. Матеріали були доступні в онлайн курсі, що розроблений в LMS Elena

Продовження таблиці Б.1

Назва дослідження	Підходи щодо впровадження КН
«Effects of Blending Virtual and Real Laboratory Experimentation on Pre-Service Physics Teachers' Attitudes Toward Physics Electricity and Magnetism Laboratories» [400]	реальна експериментальна група виконувала всі лабораторні роботи очно, віртуальна експериментальна група – з використанням симуляторів, а змішана експериментальна група – як з використанням реальних, так і з використанням віртуальних маніпуляторів. Кожна робота лабораторного курсу спочатку аналізувалася, а потім приймалося рішення щодо режиму проведення експерименту. В основних групах проводились змішані та віртуальні лабораторні експерименти, в той час як в групі порівняння – реальні лабораторні експерименти
«Effects of the blended learning model on preservice teachers' academic achievements and twenty-first century skills» [521]	експериментальне впровадження здійснювалося шляхом поєднання синхронного та асинхронного онлайн навчання у віртуальному класі та очного навчання в аудиторії. У віртуальному класі відбувався обмін матеріалами, у тому числі відео, анімацією та документами, студенти мали можливість коментування, обговорення, викладач здійснював оцінювання. Крім того, час від часу проводилися онлайн чати та дискусії з використанням різного програмного забезпечення, де розглядалися теми, які не були розглянуті або недостатньо зрозумілі під час очного навчання
«Big Steps, Little Change: A Case Study in French University Teachers' Cognitions in the Context of Pedagogical Innovation» [373]	над створенням матеріалів КН курсів працювала команда з двох освітніх інженерів та вебдизайнера, які співпрацювали з викладачами для переосмислення результатів навчання, вибору відповідних форматів матеріалів та їх створення, а також надавали допомогу (технічну підтримку, індивідуальні консультації) як викладачам, так і студентам після завершення створення курсів. Кінцевим результатом проекту стала онлайн платформа з тематичними модулями, що відповідають різним курсам або темам, кожен з яких містив серію відеолекцій

Назва дослідження	Підходи щодо впровадження КН
«Blended Learning in Research Statistics Course at The English Education Department of Borneo Tarakan University» [468]	під час розробки навчального курсу використано модель ADDIE, яка складається з п'яти етапів: аналіз, проектування, розробка, впровадження та оцінка. На першому етапі (аналізу) проаналізовано результати навчання, навчальні ресурси, стан та характеристики студентів. На етапі проектування розроблено навчальні матеріали, визначено стратегії навчання, спроектовано навчальні засоби (план уроку, модулі, презентації, навчальні інструменти), створено форум онлайн навчання. На стадії виробництва здійснено все, що було описано на етапі проектування. Навчальні стратегії: рішення про те, як навчати студентів, були різними для кожної зустрічі. Перші дві зустрічі повністю проведено онлайн шляхом надання студентам матеріалів у форматі pdf, URL-посилань та відеоматеріалів. Крім того, студентам було запропоновано висловити свої зауваження або поставити запитання через наданий дискусійний форум у CMS курсу. Це було зроблено тому, що зміст матеріалів перших двох зустрічей був не надто складним для сприйняття та самостійного опрацювання студентами. Зустрічі з третьої по сьому проведено в більш різноманітному форматі: очне навчання з доступом до матеріалів онлайн з різним співвідношенням: 25% – очне навчання, 75% – індивідуальне навчання або навчання в групах за допомогою онлайн навчання, або навпаки. Для зустрічей з дев'ятої по п'ятнадцяту (восьма зустріч – проміжний, шістнадцята – підсумковий тести), частка очного навчання була безпосередньо збільшена. На стадії реалізації здійснено впровадження розробленої моделі курсу, а на етапі оцінювання здійснено експертне оцінювання засобів навчання та отримано рекомендації щодо незначного доопрацювання курсу, зокрема додавання інструкцій, перегляд планів занять
«Implementation of Blended Learning in English as a Lingua Franca (Elf)-Aware Pre-Service Teacher Education» [349]	розроблена КН модель інтегрувала вебсайт з рекомендованими джерелами, пов'язаними з викладанням англійської мови професійного спрямування, відео та відповідними питаннями для роздумів, на які студенти повинні були відповісти, дискусійною онлайн платформою, на якій регулярно обговорювалися ключові аспекти кожної заданої літератури та / або відеоматеріалів, компонент мобільного навчання, за допомогою якого значущі цитати з наведеної літератури та/або відео систематично надсилалися на мобільні телефони студентів у вигляді повідомлень в чати для обговорень та очними навчальними та дискусійними сесіями, що проводилися щотижня для обговорення публікацій/завдань/відеоматеріалів тижня, відповідей на питання. Відвідування цих зустрічей було оголошено обов'язковим, а участь у дискусіях – такою, що впливає на оцінки студентів. Загалом з групою було проведено чотирнадцять аудиторних занять. Зустрічі проходили у форматі трьох 45-хвилинних сесій на тиждень. Портал онлайн-навчання містив літературу з англійської мови професійного спрямування, відеоматеріали та питання для роздумів для теоретичної підготовки, а також розділ для завантаження практичних завдань. Для онлайн дискусій обрано групи Google, а для мобільного навчання та спілкування – WhatsApp

Продовження таблиці Б.1

Назва дослідження	Підходи щодо впровадження КН
«Knowledge sharing among teacher trainees in a transnational blended learning exchange» [152]	для обміну досвідом створено віртуальну платформу, в рамках якої учасники обмінювалися знаннями, отриманими під час стажування у дошкільних закладах та школах. До і під час процесу комунікації відбувалися особисті зустрічі, де розроблялися і регулювалися інструменти обміну, а також здійснювалась міжкультурна взаємодія учасників
«Pre-service Music Teachers' Understanding of Blended Learning: Implications for Teaching Post COVID-19» [340]	протягом всього семестру (12 тижнів) щотижня клас зустрічався очно на 3 години. Завдяки послідовному використанню технологій, зокрема, планшетів, ноутбуків і смартфонів, очне навчання переважно було безпаперове. Студенти розуміли, що їм завжди потрібно мати під рукою технологічний пристрій під час занять, тож вони регулярно брали участь в онлайн форумах як під час, так і поза розкладом занять. Ці форуми доповнювали і розширювали зміст очних занять. Це було досягнуто шляхом надання проблемних питань, які спонукали всіх студентів брати участь в онлайн-дискусії, а також шляхом мозкового штурму та обміну підходами до викладання, прикладами та планами уроків. Під час занять викладачі робили дописи в режимі реального часу, які використовувалися як каталізатор для стимулювання та організації дискусії в класі. Усі матеріали курсу були розміщені в CMS Moodle.
«'Staying Apart Yet Keeping Together': Challenges and Opportunities of Teaching During COVID-19 Across the Tasman» [344]	автори намагалися максимально залучити студентів до співпраці, наприклад, створюючи музичні «гуртки». Секційні заняття також надали можливість створити простір для дискутування та виконання практичних робіт. Наприклад, в рамках Tasman Dawn студенти створювали ритмічні візерунки для супроводу пісень – звукові пейзажі, використовуючи перкусію тіла (плескання, тупання, клацання), звуки з дому (відра або стільниці в якості барабанів, ложки, терки, рис або боби в контейнері в якості шейкера) або електронні звуки (комп'ютер або мобільні телефони). Виявлено, що випробування зразків і спів у невеликих групах є позитивним способом підтримки і зміцнення впевненості студентів. Також цікавим досвідом було запрошення спікерів (як керівників закладів, так і викладачів) з різних країн світу з доповідями на поточні теми курсу. Студенти відзначили, що їм сподобався цей досвід і вони визнали можливість запрошення членів громади, музикантів або художників для викладання, наприклад, мультикультурної музики або музики корінних народів. Така співпраця буде продовжуватись, оскільки вона виявилась корисною як для студентів, так і для викладачів. Викладачі максимально враховували побажання студентів. Так, наприклад, коли студенти зазначили, що вони підтримували зв'язок із сім'єю та друзями за допомогою соціальних мереж, викладачі реалізували таку взаємодію і у навчанні

Назва дослідження	Підходи щодо впровадження КН
«Student Online Activity in Blended Learning: A Learning Analytics Perspective of Professional Teacher Education Studies in Finland» [479]	навчальна програма розрахована на рік, хоча студенти мають право завершити її за три роки. Очне навчання реалізовувалось протягом семи днів для всієї групи, окрім цього, було проведено дев'ять обов'язкових вебінарів та ще три для студентів, які раніше не вивчали педагогіку. Лекції під час очного навчання записувались, щоб студенти могли їх повторно переглядати. Записи вебінарів також надавались студентам. Усі матеріали розміщувались у CMS Moodle. Викладачі також інформували студентів про те, які матеріали необхідно вивчити (наприклад, перед очними зустрічами), надсиланням повідомлень електронною поштою або у WhatsApp. Студенти, які не змогли бути присутніми на онлайн або очних зустрічах, також мали змогу переглядати вебінари або відеозаписи зустрічей на Moodle. Студенти писали навчальні щоденники та звіти з педагогічної практики, а також виконували завдання в режимі онлайн на платформі Moodle. Для більшості студентів, які мали змогу брати участь у груповій роботі, матеріал в Moodle використовувався як для самостійного, так і для спільного навчання. Деякі студенти брали меншу участь у груповій роботі з особистих причин, пов'язаних, наприклад, з роботою або сімейним життям. Ці студенти мали змогу більше використовувати онлайн матеріал для самостійного вивчення. Для студентів, які більш активно брали участь у груповій роботі, очне навчання надавало можливість для повторного вивчення та поглиблення засвоєння і розуміння матеріалу
«Supporting school teachers' rapid engagement with online education» [144]	зادля підтримки педагогічних працівників щодо використання ЦТ у освітньому процесі під час екстреного онлайн навчання, обумовленого COVID-19, створено університетську команду, що запропонувала щотижневі онлайн вебінари і тижневу онлайн конференцію (з квітня по червень 2020 року). Ці заходи відвідало близько 900 унікальних учасників протягом серії з восьми семінарів і близько 550 учасників онлайн конференції. Вони містили виступи науковців та експертів у галузі освіти та ЦТ, а також керівників закладів освіти, які поділилися своїм досвідом. Онлайн семінари було побудовано так, щоб запропонувати поєднання практичного досвіду у презентаціях колег-викладачів та теоретичних ідей, які допомогли б вчителям. Через певний час вчителі почали ділитися і власним досвідом, заохочуючи та мотивуючи один одного до цього у чаті онлайн конференції. Навчання у цій ситуації було скоріше ситуативним, ніж плановим, і не мало чіткої тривалості через невизначеність щодо того, коли школи повернуться до нормального стану, який існував до COVID-19. Спілкування та співпраця з колегами, які перебувають на аналогічних посадах, стали критично важливими для професійного розвитку. Співпраця, рефлексія та оцінка успіхів та обмежень онлайн навчання є ключовими факторами при проектуванні КН. Крім того, критично важливою є і підтримка учнів

Продовження таблиці Б.1

Назва дослідження	Підходи щодо впровадження КН
«Using Blended Learning in Teacher Training Programs: Perspectives of Pre-service Teachers» [377]	основний зміст КН курсів зазвичай викладається під час очних сесій. Онлайн сесії часто призначалися для опрацювання, закріплення або обговорення матеріалу, отриманого під час очного викладання, а також для підготовки студентів до іспитів та набуття ними навичок і знань, необхідних для складання іспитів. Записані лекції та презентації були доступні на онлайн платформах для полегшення опрацювання та обговорення контенту під час онлайн сесій

Таблиця Б.2 – Результати, висновки, рекомендації впровадження КН

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«Face to face or blended learning? A case study: Teacher training in the pedagogical use of ICT» [591]	фактори, що вплинули на покращення результатів КН-слухачів: а) сильна інтеграція між різними формами навчання моделі КН – навчальні заходи були розроблені таким чином, щоб забезпечити задовільне продовження та міцний зв'язок між очними навчальними сесіями та синхронними онлайн сесіями з асинхронними заходами; б) гнучкість технологічної моделі КН, яка дозволила слухачам отримати більш персоналізований досвід навчання, що зміцнило їхню впевненість у складанні сертифікаційних іспитів
«Analyzing an Appropriate Blend of Face-to-Face, Offline and Online Learning Approaches for the In-Service Vocational Teacher's Training Program» [169]	думки респондентів щодо співвідношення очного-онлайн-офлайн навчання розділились, більшість акцентувала увагу на необхідності тісної співпраці з тренерами для обговорення нових ідей і проблем та їх взаємного вирішення, «тому що DVD та онлайн дані, які були надані, були такими, що ви можете зробити це належним чином тільки тоді, коли ви працюєте в ІТ-сфері, інакше це важко, якщо ви не з ІТ-сфери», проте певна частина була цілком задоволена співвідношенням «один тиждень на місяць для очних занять», «якщо щодня приділяти півгодини для роботи в режимі офлайн та онлайн, то можна легко підготувати свої завдання». Висновки: основною проблемою у організації КН є час, необхідний викладачам для освоєння ЦТ, пов'язаних з КН. Іншою проблемою є раптовий перехід до КН. Також проблемою є відсутність навичок використання інноваційних технологій, фінансовий тягар, а також те, що вчителям складно перейти від ролі постачальника контенту до ролі фасилітатора. Дослідники вважають, що великими викликами в отриманні повних переваг КН є технічні вимоги, методика проведення навчання, знання про теорію КН та її реалізацію, а також роз'єднання учасників освітнього процесу, складність організації адекватного зворотного зв'язку, дистанціювання від членів групи

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«Students' Intention toward Self-Regulated Learning under Blended Learning Setting: PLS-SEM Approach» [343]	великий вплив на ставлення до саморегуляції у навчанні має задоволеність студентів своєю спеціальністю, як тільки студенти стають незадоволеними своєю спеціальністю, вони, швидше за все, втрачають позитивне ставлення до навчання, особливо до саморегульованого навчання, яке вимагає самоспостереження, самооцінки та самоконтролю. Зацікавленим студентам перешкоди для навчання здаються меншими. Важливе значення для саморегуляції має також підтримка викладачів, студенти хочуть виправдати очікування своїх викладачів, таким чином, це можна розглядати як цінний позитивний актив для саморегульованих студентів у контексті КН, в якому підтримка викладача може допомогти їм впоратися з труднощами або перешкодами, пов'язаними з плануванням, моніторингом, контролем. Отож, високий рівень підтримки, переконання, заохочення та рекомендації викладачів формують позитивне ставлення студентів до навчання
«Design an international blended professional development model for gifted education: An evaluation study» [339]	контент-аналіз виявив дві основні позитивні переваги КН: доступність та гнучкість (індивідуальний підхід). Основні проблеми КН: підтримка взаємодії, підготовка студентів до навчання онлайн, якість онлайн курсів. Викладачі, які визначили, що не мають проблем, мали досвід викладання онлайн. Серед позитивних аспектів учасники оцінили детально продуманий проект курсу, який забезпечує якісне навчання, позитивну взаємодію та якісний зворотній зв'язок
«Suddenly fully online: A case study of a blended university course moving online during the COVID-19 pandemic» [399]	студенти загалом (78%) віддають перевагу синхронним очним зустрічам перед синхронними онлайн зустрічами, аргументуючи це вищим рівнем організації взаємодії як між собою, так і з викладачами курсу, більшою зосередженістю на очних заняттях та звичною фізичною атмосферою під час очних зустрічей. Вищому рівню взаємодії сприяють швидке реагування на зауваження один одного; прямий зоровий контакт між студентами та викладачами. Проте, обговорюючи роботу в малих групах в класі та поза ним, студенти, як правило, віддали перевагу онлайн зустрічам
«Emergency online teaching during COVID-19: A case study of Australian tertiary students in teacher education and creative arts» [382]	недоліки КН: зниження мотивації, присутність відволікаючих чинників під час онлайн навчання, втрата особистої взаємодії, більша втомлюваність, зміна системи оцінювання, відсутність досвіду у викладачів щодо проведення онлайн навчання, необхідність придбання обладнання, втрата практичних компонентів своїх курсів, менша співпраця з одногрупниками, перенасичення матеріалом. Позитивні аспекти КН: розвиток допоміжних навичок, доступу до ресурсів, зворотного зв'язку та підтримки онлайн. Наведемо деякі коментарі студентів: «... перехід до онлайн-навчання дозволив нам вивчати різні навички, які ми, можливо, ніколи б не використали протягом усього курсу, якби не пандемія», «я дізнався більше про те, як я навчаюся». Студенти виявили, що в LMS їхніх університетів є набагато більше можливостей, ніж вони могли собі уявити під час очного навчання – «є велика кількість ресурсів, якими мало хто користується». До того ж, доступ до попередньо записаних лекцій надає можливість студентам багаторазового їх перегляду – «повернутися і вчитися безпосередньо з лекції, а не тільки з конспекту», адже «... записи можна ставити на паузу, щоб закінчити писати нотатки, або перемотувати назад, щоб переглянути культові теми»

Продовження таблиці Б.2

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«An integrated blended learning approach for physical education teacher education programmes: teacher educators' and pre-service teachers' experiences» [224]	викладачі визначили такі особливості КН: великою перевагою є записи лекцій, але це мають бути невеликі відео (наприклад, три по 5 хвилин), які до того ж мають якийсь вхідний контроль задля підвищення ефективності таких записів – вбудовані завдання, посилання у відео на інші ресурси, статті чи відео на YouTube, та/або виконання завдань для наступної очної лекції (так званий «квиток на заняття»). Хвилювання викладачів щодо ефективності живих чатів було даремним, адже «живі чати були приголомшливо успішними», окрім цього «тихіші» студенти активніше висловлюються в живих чатах, до того ж студенти визначили, що онлайн чати – це можливість висловити свою думку. Проте КН «звільняє викладання і навчання з-під контролю викладача». Адже, «коли ви читаете лекцію віч-на-віч . . . Ви бачите студентів, Ви можете поставити їм запитання». Незважаючи на це занепокоєння, студенти позитивно відреагували на записані лекції, відзначили переваги перегляду записів у вільний час та можливість повторного перегляду записів
«Analysis of the usefulness of the basic program of teacher training in a blended learning modality» [570]	результати опитування щодо задоволення КН показали високий рівень задоволення студентів: жоден учасник не оцінив навчання як погане або дуже погане, 25% – добре, 40% учасників оцінили як дуже добре і 35% – відмінне. Одним з найбільш важливих аспектів цього дослідження було виявлення того, що знання щодо технічної складової КН, отримані в рамках даного курсу, можна застосувати в різних навчальних середовищах очної форми навчання у вищій освіті, що є відображенням корисності цієї програми. Учасники відзначили, що цифрові інструменти оцінювання (Kahoot, Plickers, Padlet тощо) є найбільш використовуваними в їхніх класах після завершення програми, що свідчить про розвиток більш об'єктивного та точного оцінювання навчання, а також про те, ЦТ відіграють важливу роль для навчання як у класі, так і за його межами. Учасники підкреслили важливість використання відеороликів, а також інфографіки (концептуальних або ментальних карт). Покращення, які відзначили студенти: вони стали більш активними та вмотивованими на заняттях, що створює сприятливе середовище для педагогічної практики, більша впевненість
«Virtual internships in blended environments to prepare preservice teachers for the professional teaching context» [552]	учасники відзначили значне зниження професійної тривожності після проходження віртуального стажування, адже отримали більш реалістичне уявлення про викладання та відчули себе краще підготовленими до викладання на практиці, також була високо оцінена технологічна складова та співпраця. Щодо освітніх можливостей, то виявилось, що перегляд відео з автентичними подіями в класі є хорошою підготовкою до професійного викладання. Як рекомендацію запропоновано використання надалі онлайн систем з відео, електронною поштою, сервісами спільної роботи
«Challenges of using a blended learning approach: A flipped classroom in an English teacher education program in Mexico» [285]	в цілому студенти сприйняли практику КН як інноваційну та корисну, проте зазначили, що автономія, яка вимагалася від них, і прийняття більшої відповідальності за власне навчання були особливо складними через відсутність досвіду КН. Автори рекомендують перед впровадженням підходів КН слід вивчити готовність студентів до таких підходів і надати їм підтримку у здійсненні такого навчання

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«Changes and Perspectives in Teacher Training Methodology» [312]	студенти визначили більше можливостей для міжособистісних зв'язків, інтерактивності, командної роботи, безпосередньої, спонтанної взаємодії; швидку взаємодію з вчителем; жести, фізичні рухи і дії роблять навчання і запам'ятовування легшим і веселішим; можливість легшого та довшого зосередження, більшу мотивацію. Переваги навчання в режимі онлайн: легше відтворювати відео, звукові файли, запускати онлайн-ігри на уроці; можливість навчатися будь-де і не запізнюватись на заняття, економія часу, вчителю потрібно менше часу витратити на вирішення конфліктних ситуацій. Недоліки онлайн навчання: технічні труднощі (слабкий інтернет-зв'язок; відсутність сучасних, відповідних пристроїв); відсутність необхідних цифрових навичок; необхідність проводити багато часу за комп'ютером, ноутбуком чи планшетом не є зручним і втомлює; спілкування ускладнене через відсутність фізичної, особистої взаємодії (невидимі жести, міміка та рухи); перерви не можна заповнити іграми або рухами; менше можливостей співпраці поміж студентами; менше можливостей для командної, групової роботи; відчуття самотності та ізольованості; навчання в онлайн просторі є більш обмеженим; викладачеві важче контролювати студентів та слідкувати за тим, щоб кожен був уважним і не займався чимось зовсім іншим. Щодо змін у студентській автономії, більшість респондентів зазначили, що студенти стали більш незалежними під час роботи в Інтернеті. Автономність також пов'язана з тим, що студенти не можуть контактувати один з одним або з викладачами так спонтанно і часто, як раніше, а натомість звертаються до онлайн ресурсів, намагаючись бути поінформованими, знайти певні рішення. Студенти відзначили зміну ролей викладачів: вони доносять інформацію, надають технічну підтримку, координують онлайн роботу. Респонденти назвали кілька можливих змін використання КН, таких як: цифрові інструменти будуть відігравати все більш важливу роль, а також впливатимуть на зміни в методах викладання. Вони вважають, що цифрові інструменти є корисними і стають все більш популярними, але вони не можуть замінити вчителя. Учні люблять використовувати електронні гаджети, додатки та програми, тому ці засоби можуть бути корисними у викладанні та вивченні мови. Однак, вони також підкреслили важливість підтримки особистого спілкування, командної роботи, роботи в парах, рольових ігор, симуляцій, фізичної активності, навчання на практиці та роботи в класі, заснованої на інтерактивності. Студенти відзначили, що було б корисно включити до матеріалів методичного курсу наступне: управління інтерфейсами для онлайн-уроків (такими як Google Classrooms); організація групової або парної роботи онлайн; відпрацювання навичок реорганізації, адаптації певних типів завдань до роботи онлайн; розвиток навичок письма в онлайн-просторі; розв'язання проблем та управління класом в онлайн-режимі. У сфері викладання іноземної мови та суспільних наук було легше знайти онлайн рішення для продовження викладання, в той час як в інженерній освіті, де викладання було засноване на більш очній практиці за допомогою різного обладнання та інструментів, було складніше адаптуватися до нової системи викладання. Є кілька галузей, пов'язаних з інженерією, де просто неможливо створити онлайн-версію для практики. Тому при підготовці інженерно-педагогічних кадрів слід більше уваги приділяти методичній підготовці студентів-інженерів для того, щоб вони могли обирати доступні інструменти

Продовження таблиці Б.2

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«Core Competencies for Interprofessional Collaborative Practice Among Teacher Education, Health and Social Care Students in a Large Scaled Blended Learning Course» [150]	60,6% студентів повністю погодилися з тим, що КН є доцільним, тоді як 8,9% категорично не погодилися. Серед респондентів 46,8%, 50,2%, 56,8% та 62,3% отримали більш глибоке розуміння ролей та обов'язків, цінностей та етики, міжпрофесійної комунікації, а також команд та командної роботи відповідно. У порядку зростання студенти були найбільш задоволені навчальним планом (28,6%), завданнями для самостійної роботи (42,4%), цифровим навчальним контентом Canvas (43,8%), поєднанням усього (43,8%) та груповими дискусіями в рамках міжпрофесійного навчання (78,6%). Наостанок студенти погодилися з тим, що КН є прийнятним підходом, хоча результати навчання від очних дискусій були значно вищими, ніж від інших компонентів курсу
«Effects of Blending Virtual and Real Laboratory Experimentation on Pre-Service Physics Teachers' Attitudes Toward Physics Electricity and Magnetism Laboratories» [400]	результати аналізу показали, що студенти, які навчалися за комбінованою формою фізичного експериментування, більше, ніж інші групи, полюбили лабораторні роботи з фізики та мали статистично значущу різницю в середніх результатах після тестування. Як висновок, змішування лабораторних експериментів з фізики може бути використано для оптимізації лабораторного експерименту в навчанні фізики. Втім, не обійшлося і без критичних зауважень. Деякі автори стверджують, що не сам підхід, а час на виконання завдання, додаткові навчальні ресурси та інноваційні навчальні стратегії вказують на те, що КН підхід є кращим, ніж кожен з методів окремо
«Effects of the blended learning model on preservice teachers' academic achievements and twenty-first century skills» [521]	результати дослідження показали, що КН модель мала більш позитивний вплив на навчальні досягнення студентів. Іншим важливим результатом є те, що КН модель сприяла формуванню у майбутніх учителів навичок XXI століття (інформаційно-технологічна грамотність, критичне мислення та розв'язання проблем, підприємництво та інновації, соціальна відповідальність та лідерство, а також усвідомлення кар'єрних перспектив). Крім того, викладачі усвідомили, що вони можуть більш ефективно контролювати навчальний процес без обмежень у часі та просторі, покращили свою самопідготовку та самостійне навчання, а також розвинули інформаційно-технологічну грамотність
«Big Steps, Little Change: A Case Study in French University Teachers' Cognitions in the Context of Pedagogical Innovation» [373]	в цілому викладачі оцінили досвід КН як позитивний, але з іншого боку, багато колег зараз уникають будь-якого онлайн викладання через його (вимушене та поспішне) надмірне використання під час пандемії. Це свідчить про те, що, незважаючи на колективно пройдений швидкий курс адаптації до різних варіацій КН викладання, професійний розвиток, включаючи навчання з використання сучасних педагогічних технологій, все ще є важливим у постпандемічний період

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«Blended Learning in Research Statistics Course at The English Education Department of Borneo Tarakan University» [468]	результати відповідей студентів свідчать про те, що вони позитивно оцінили КН підхід та вважають це корисним, цікавим, мотивуючим до виконання завдань та стимулюючим до практичної роботи. Ретельне проєктування КН курсу покращує навчальні досягнення студентів. Відмічено, що студенти, які опрацьовували матеріали онлайн курсу на додаток до очної лекції, мали кращі результати під час тестування або іспиту, ніж ті, хто покладався лише на звичайну лекцію в аудиторії. Крім того, онлайн матеріали надають можливість студентам навчатися відповідно до власної швидкості засвоєння матеріалу. Роль викладачів у КН більше не знаходиться в центрі безпосереднього надання контенту. Вона переходить до навчання, орієнтованого на студента, в якому студенти стають активними та інтерактивними учнями. Викладач стає фасилітатором, який забезпечує змістовну основу, інформаційні ресурси, індивідуальну підтримку або групове виконання навчальних завдань та вирішення проблем. Таким чином, реалізація моделі КН може бути використана як доповнення очної форми навчання з доступом до онлайн навчання, а також системне поєднання очного та онлайн навчання
«Implementation of Blended Learning in English as a Lingua Franca (Elf)-Aware Pre-Service Teacher Education» [349]	переваги впровадження КН моделі полягають у можливості навчатися як в аудиторії, так і за її межами, а також користуватися перевагами не лише традиційного очного навчання, але й онлайн. За визначенням студентів, одна з найбільших переваг очного навчання – справжня і щира атмосфера в аудиторії, що надало можливість учасникам легше висловлювати свої думки і емоції, а обмін думками і почуттями був більш вільним. Іншою загальновизнаною перевагою було те, що такі зустрічі сприяли підвищенню мотивації до вивчення англійської мови професійного спрямування та її компонентів завдяки активній, динамічній та рефлексивній взаємодії, яка відбувалася між студентами під час очних занять. Деякі учасники також зазначили, що очні зустрічі були унікальним компонентом курсу, який забезпечував реальну взаємодію

Продовження таблиці Б.2

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«Implementation of distance learning during the COVID-19 pandemic in faculty of education and teacher training» [545]	задля оптимального впровадження КН слід забезпечити відповідні матеріально-технічні та інфраструктурні умови. Онлайн середовище буде ефективним, якщо воно забезпечує: контакт між студентами та викладачами, взаємодію між студентами, швидкий зворотній зв'язок, лімітування часу на виконання завдання, активні методи навчання, повагу до різноманітності та способів навчання кожного студента. До того ж, пристрій/гаджет є обов'язковим елементом для підтримки КН. Результати опитування показали, що більше половини учасників мали достатньо хороші пристрої для онлайн навчання, але в той же час майже половина учасників мали поганий інтернет-зв'язок. Це показує необхідність фінансової підтримки. Третина респондентів зазначили, що їм досить цікаво спробувати можливості онлайн навчання з використанням різних платформ. Проте більше половини зазначили, що КН позбавляє студентів можливості максимально взаємодіяти та співпрацювати з одногрупниками, наявність відчуття занепокоєння, що не змогли досягти результатів навчання. І той же час третина студентів заявили, що вони з великим ентузіазмом ставляться до можливості досягти результатів навчання за допомогою КН, що КН відкрило для них нові творчі можливості і вони відчують себе більш комфортно, навчаючись або виконуючи завдання в Інтернеті
«Knowledge sharing among teacher trainees in a transnational blended learning exchange» [152]	формат транснаціонального обміну має суттєвий вплив на характер та динаміку співпраці та взаємодії між учасниками, саме тому особлива увага має бути приділена організації, управлінню та регулюванню всіх процесів. КН зберігає і поєднує переваги обох форматів навчання: з одного боку, зміцнення міжкультурної взаємодії через візити і особисті зустрічі, а з іншого – процеси діалогу і спільних роздумів між учасниками, яким сприяє онлайн середовище

Назва дослідження	Результати, висновки, рекомендації впровадження КН
«Negotiating teacher educators' beliefs about blended learning: Using stimulated recall to explore design choices» [216]	на етапі проєктування КН слід урахувати чотири аспекти: гнучкість, стимулювання взаємодії, полегшення процесу навчання та створення сприятливого навчального середовища. У результаті скринінгу виявлено, що викладачі педагогічних навчальних закладів мають сформовані переконання щодо гнучкості та взаємодії під час КН. Крім того, в результаті зв'язку між переконаннями про КН та практикою, для професійного зростання з'явилися напрямки вдосконалення зворотного зв'язку зі студентами, покращення онлайн структури та збільшення взаємодії в онлайн навчальних матеріалах. Наведемо деякі цікаві тези викладачів про КН: «КН – це хороший спосіб досягти більш глибокого навчання. Ми застосовуємо КН для того, щоб під час очних зустрічей ми могли максимально зосередитися на інтеграції, щоб дійсно працювати над інтеграцією теорії і практики, над поглибленням знань. Щоб дійсно копати глибше в моменти контакту». Онлайн середовище також відіграло важливу роль у тому, що надало можливість студентам працювати у власному темпі та у зручний час. «Завдяки КН студенти можуть обирати, коли їм працювати з навчальними матеріалами. КН допомагає опрацьовувати великі обсяги матеріалу у власному темпі». Учасники також відзначили важливість очної взаємодії. Показово, що жоден з учасників не висловив директивного переконання щодо КН, на кшталт «Я вважаю, що КН потрібно застосовувати, тому що мені так сказали в університеті»

ДОДАТОК В

Карта огляду для статті

1. Бібліографічне посилання.
2. Мова документу: українська, англійська, російська, польська, французька.
3. Тип документу: дисертація, книга, глава книги, стаття у журналі, стаття у матеріалах конференції, звіт, інший.
4. Назва.
5. Рік публікації.
6. Країни авторів статті.
7. Країни, що згадуються у статті.
8. Мета статті.
9. Рівень освіти, на якому здійснюється професійна підготовка учителів інформатики: бакалавр, магістр, інший, не вказаний.
10. Вимоги до вступу на програму підготовки вчителів інформатики: іспит в університеті, іспит у школі, зовнішнє незалежне оцінювання, мотиваційний лист, інші, не вказані.
11. Чи акредитована програма підготовки: так, ні, не вказано.
12. Чи відбувається підготовка за стандартом: державним, галузевим, інституційним, іншим, не вказано.
13. Чи передбачає програма підготовки дуальну освіту: так, ні, не вказано.
14. Обсяг програми підготовки у кредитах ЄКТС.
15. З яких частин складається зміст підготовки?
16. Які інформатичні дисципліни наявні у програмі підготовки?
17. Які методичні дисципліни, тобто спрямовані на підготовку саме вчителя, наявні у програмі підготовки?
18. Які інші, не інформатичні та не методичні, дисципліни наявні у програмі підготовки?
19. Які види та обсяг педагогічної практики?
20. Які методи, форми організації та засоби навчання є провідними у програмі підготовки?
21. Які види та кількість контрольних заходів передбачає програма підготовки?
22. Які методи розвитку соціальних навичок пропонуються у програмі підготовки?

ДОДАТОК Г

Контрольний список PRISMA 2020

Таблиця Г.1 – Контрольний список PRISMA 2020 для систематичних оглядів

№	Елемент	Розташування
1.	Заголовок: ідентифікація як систематичний огляд	Заголовок розділу 2
2.	Резюме	Висновки до розділу 2
3.	Обґрунтування	Підрозділ 2.1
4.	Цілі	Підрозділ 2.1 (ДЗ)
5.	Критерії прийнятності	Підрозділ 2.2.1
6.	Джерела інформації	Підрозділ 2.2.2
7.	Стратегія пошуку	Підрозділ 2.2.2
8.	Процес відбору	Підрозділ 2.2.3
9.	Процес збору даних	Підрозділ 2.2.4
10.	Елементи даних	Підрозділи 2.2.4, 2.2.5
11.	Оцінка РУ окремих досліджень	Підрозділ 2.2.6
12.	Показники ефекту	Не застосовується (якісний синтез)
13.	Методи синтезу	Підрозділ 2.2.7
14.	Оцінка ризику зміщення звітування	Підрозділ 2.2.8
15.	Оцінка достовірності доказів	Підрозділ 2.2.7 (GRADE не застосовувався; адаптація ROBIS – підрозділ 2.2.6)
16.	Відбір досліджень (результати)	Підрозділ 2.3.1, рис. 2.1
17.	Характеристики досліджень (цитування кожного включеного)	Підрозділ 2.3.2
18.	РУ у включених дослідженнях	Підрозділ 2.3.3
19.	Результати окремих досліджень	[401]
20.	Результати синтезу	Підрозділ 2.3.4
21.	Ризики зміщення звітування (результати)	Підрозділи 2.2.8, 2.4.5
22.	Достовірність доказів (результати)	Підрозділ 2.4.3
23.	Обговорення: інтерпретація, обмеження, імплікації	Підрозділи 2.4.1–2.4.5
24.	Реєстрація та протокол	Підрозділ 2.4.5 (не зареєстровано; протокол зафіксовано у карті огляду [401])
25.	Фінансування	Підрозділ 2.2.9
26.	Конфлікт інтересів	Підрозділ 2.2.9
27.	Доступність даних, коду та інших матеріалів	Підрозділ 2.2.9; [401]

ДОДАТОК Д

Географічний розподіл включених досліджень

Наведені нижче таблиці деталізують географію включених до систематичного огляду досліджень (підрозділ 2.3): розподіл за країнами афіліації авторів (табл. Д.1) та за країнами, освітні системи яких розглядаються у публікаціях (табл. Д.2). Дослідження з авторами з кількох країн ураховано в кожній відповідній країні, тому суми перевищують 300.

Таблиця Д.1 – Розподіл досліджень за країнами авторів

Країна	n	%
США	89	29,7
Україна	38	12,7
Німеччина	24	8,0
Ізраїль	15	5,0
Казахстан	9	3,0
Велика Британія	8	2,7
Греція	8	2,7
Ірландія	7	2,3
Франція	6	2,0
Нідерланди	6	2,0
Туреччина	5	1,7
Нова Зеландія	4	1,3
Швейцарія	4	1,3
Канада	3	1,0
Норвегія	3	1,0
Австралія	3	1,0
Словаччина	3	1,0
Бразилія	3	1,0
Португалія	3	1,0
Чехія	3	1,0
Бельгія	3	1,0
Китай	3	1,0
Болгарія	2	0,7
Італія	2	0,7
Фінляндія	2	0,7
Аргентина	2	0,7
Австрія	2	0,7

Продовження таблиці Д.1

Країна	n	%
Куба	2	0,7
Кіпр	2	0,7
Литва	2	0,7
Швеція	2	0,7
Саудівська Аравія	1	0,3
Мексика	1	0,3
Уругвай	1	0,3
Азербайджан	1	0,3
Шрі-Ланка	1	0,3
Індія	1	0,3
Буркіна-Фасо	1	0,3
Малайзія	1	0,3
Японія	1	0,3
Польща	1	0,3
Перу	1	0,3
Іспанія	1	0,3

Таблиця Д.2 – Розподіл досліджень за згаданими країнами

Країна	n	%
США	110	36,7
Україна	40	13,3
Велика Британія	35	11,7
Німеччина	29	9,7
Ізраїль	22	7,3
Австралія	14	4,7
Нова Зеландія	11	3,7
Польща	10	3,3
Ірландія	10	3,3
Канада	9	3,0
Казахстан	9	3,0
Греція	8	2,7
Франція	7	2,3
Швейцарія	7	2,3
Нідерланди	7	2,3
Фінляндія	6	2,0
Португалія	5	1,7
Австрія	5	1,7
Туреччина	5	1,7

Продовження таблиці Д.2

Країна	n	%
Болгарія	4	1,3
Італія	4	1,3
Аргентина	4	1,3
Бразилія	4	1,3
Кіпр	4	1,3
Швеція	4	1,3
Чехія	4	1,3
Чилі	3	1,0
Норвегія	3	1,0
Словаччина	3	1,0
Іспанія	3	1,0
Литва	3	1,0
Китай	3	1,0
Данія	3	1,0
Малайзія	2	0,7
Японія	2	0,7
Саудівська Аравія	2	0,7
Сербія	2	0,7
Індія	2	0,7
Куба	2	0,7
Бельгія	2	0,7
Катар	1	0,3
Йорданія	1	0,3
Естонія	1	0,3
Нігерія	1	0,3
Філіппіни	1	0,3
Сінгапур	1	0,3
В'єтнам	1	0,3
Мексика	1	0,3
Уругвай	1	0,3
Азербайджан	1	0,3
Шрі-Ланка	1	0,3
Південна Корея	1	0,3
Бурунді	1	0,3
Буркіна-Фасо	1	0,3
Ісландія	1	0,3
Південно-Африканська Республіка	1	0,3
Угорщина	1	0,3
Латвія	1	0,3

Продовження таблиці Д.2

Країна	n	%
Словенія	1	0,3
Перу	1	0,3
Румунія	1	0,3

ДОДАТОК Е

Перелік опублікованих освітньо-програмних матеріалів

Практичні результати дослідження – освітньо-професійні програми (ОПП) та силабуси навчальних дисциплін підготовки бакалаврів спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика) у Криворізькому державному педагогічному університеті – оприлюднено у відкритому доступі за покликанням: <https://drive.google.com/drive/folders/1NqhYL-5qIJRSZ-Ox1l-qorvGb9-azFy1>.

За цим покликанням розміщено такі матеріали.

1. Освітньо-професійна програма «Інформатика. Програмування» – чотири послідовні редакції: 2022, 2023, 2024 та 2025 рр. (динаміку їх еволюції проаналізовано у п. 6.5, табл. 6.21).

2. Силабуси навчальних дисциплін підготовки, згруповані за змістовими блоками:

- *інформатичні та методичні*: Вступ до програмування; Програмування; Технології програмування; Вебпрограмування; Базы даних; Комп'ютерні мережі; Архітектура інформаційних систем; Комп'ютерна графіка; Операційні системи; Кібербезпека; Методика навчання інформатики; Цифрові технології в освіті; Розробка цифрових освітніх ресурсів; STEM-практики в освіті;
- *психолого-педагогічні*: Педагогіка; Психологія (загальна, вікова, педагогічна); Методика виховної роботи; Основи інклюзивної освіти;
- *математично-природничі*: Дискретна математика; Теорія ймовірностей та математична статистика; Фізика;
- *гуманітарні та мовні*: Філософія; Українська мова (за професійним спрямуванням); Іноземна мова; Актуальні проблеми української історії та культури; Основи академічного письма;
- *здоров'язбережувальні*: Основи здоров'язбереження та безпеки життєдіяльності.

Вісім із зазначених дисциплін визначено високопріоритетними носіями компонентів методичної системи КН; відповідність їхніх силабусів розділам методики (розділ 5) наведено у табл. 6.22.

ДОДАТОК Ж

Список публікацій І. С. Мінтій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. І. С. Мінтій та С. В. Шокалюк, «Засоби реалізації чисельних методів розв’язування нелінійних рівнянь з однією змінною», *Актуальні питання природничо-математичної освіти*, т. 9, с. 95–100, 2017. doi: 10.31812/0564/1362
2. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк, В. М. Пірогов, А. М. Горло та М. М. Мінтій, «Аналіз програмних засобів для людей із порушеннями зору», *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*, № 4 (95), с. 108–116, 2018. doi: 10.35433/pedagogy.4(95).2018.108-116
3. I. S. Mintii, «Using Learning Content Management System Moodle in Kryvyi Rih State Pedagogical University educational process», в *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019, А. Е. Кив та М. Р. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2643, CEUR-WS.org, 2019, с. 293–305. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2643/paper17.pdf> (**Scopus**)
4. І. Мінтій, С. Шокалюк, С. Литвинова та О. Пінчук, «Проектування електронних навчальних курсів на основі типового Moodle-курсу університету», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні науки»*, № 14(43), с. 66–84, 2020. doi: 10.32405/2218-7650-2020-14(43)-66-84
5. I. S. Mintii, O. V. Bondarenko, S. V. Shokaliuk, K. V. Polhun та М. М. Mintii, «Analysis of the use of LCMS Moodle in the educational process of KrSPU», *Educational Dimension*, т. 3, с. 368–383, 2020. doi: 10.31812/educdim.v55i0.4366
6. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Mapping lifelong learning quality: a bibliometric study», *Educational Dimension*, т. 3, с. 1–8, 2020. doi: 10.31812/ed.622
7. D. S. Shepiliev, Y. O. Modlo, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, М. М. Mintii, I. S. Mintii, O. M. Markova, T. V. Selivanova, O. M. Drashko, O. O. Kalinichenko, T. A. Vakaliuk, V. V. Osadchyi та S. O. Semerikov, «WebAR development tools: An overview», *CEUR Workshop Proceedings*, т. 2832, А. Е. Кив, S. O. Semerikov, V. N. Soloviev та А. М. Striuk, ред., с. 84–93, 2020. url: <https://ceur-ws.org/Vol->

2832/paper12.pdf (**Scopus**)

8. D. S. Shepiliev, S. O. Semerikov, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, O. M. Markova, Y. O. Modlo, I. S. Mintii, M. M. Mintii, T. V. Selivanova, N. K. Maksyshko, T. A. Vakaliuk, V. V. Osadchyi, R. O. Tarasenko, S. M. Amelina та A. E. Kiv, «Development of career guidance quests using WebAR», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1840, № 1, с. 012 028, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1840/1/012028 (**Scopus**)
9. I. S. Mintii, T. A. Vakaliuk, S. M. Ivanova, O. A. Chernysh, S. M. Hryshchenko та S. O. Semerikov, «Current state and prospects of distance learning development in Ukraine», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 41–55. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper01.pdf> (**Scopus**)
10. S. O. Semerikov, M. M. Mintii та I. S. Mintii, «Review of the course «Development of Virtual and Augmented Reality Software» for STEM teachers: implementation results and improvement potentials», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 159–177. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper09.pdf> (**Scopus**)
11. I. P. Varava, A. P. Bohinska, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Soft Skills in Software Engineering technicians education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1946, с. 012 012, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1946/1/012012 (**Scopus**)
12. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, В. А. Гаманюк, В. М. Соловійов, О. В. Бондаренко, П. П. Нечипуренко, С. В. Шокалюк, Н. В. Моїсеєнко та В. Р. Рубан, «Розробка системи комп'ютерного зору на основі машинного навчання для освітніх цілей», *Освітній вимір*, т. 5, с. 8–60, 2021. doi: 10.31812/educdim.4717
13. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та D. S. Shepiliev, «Immersive E-Learning Resources: Design Methods», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop*, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021, ACM,

2021, с. 37–47. doi: 10.1145/3526242.3526264 (**Scopus; WoS**)

14. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та С. М. Іванова, «Використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності досліджень: результати констатувального експерименту», *Інноваційна педагогіка*, т. 47, с. 309–315, 2022. doi: 10.32843/2663-6085/2022/47.59
15. О. М. Спірін, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, С. М. Іванова та О. Шимон, «Технологія використання наукометричної бази даних Scopus для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні науки»*, т. 22(51), с. 116–136, 2022. doi: 10.32405/2218-7650-2022-22(51)-116-136
16. С. М. Іванова, Т. Л. Новицька, А. В. Кільченко, Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Технологія використання наукових електронних бібліотек для оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень», *Освіта. Інноватика. Практика*, т. 10, № 6, с. 14–23, 2022. doi: 10.31110/2616-650X-vol10i6-002
17. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк, С. М. Іванова та А. В. Кільченко, «Окремі компоненти технології використання наукометричної бази даних Web of Science для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, т. 208, с. 177–187, 2023. doi: 10.36550/2415-7988-2023-1-208-177-187
18. О. М. Спірін, Т. А. Вакалюк, В. П. Олексюк, С. М. Іванова, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Модель використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень», *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, т. 14, с. 50–62, 2023. doi: 10.28925/2414-0325.2023.145
19. I. S. Mintii, «Blended learning: definition, concept, and relevance», *Educational Dimension*, т. 8, с. 85–111, 2023. doi: 10.31812/ed.539
20. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та S. O. Didkivska, «Challenges facing distance learning during martial law: results of a survey of Ukrainian students», *Educational Technology Quarterly*, т. 2023, № 4, с. 401–421, 2023. doi: 10.55056/etq.637
21. I. S. Mintii, «Blended learning for teacher training: benefits, challenges, and recommendations», *Educational Dimension*, т. 9, с. 1–12, 2023. doi: 10.31812/ed.581
22. I. S. Mintii, «Blended learning: definition, concept and relevance to education for

- sustainability», в *Proceedings of the 7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 14, 2024, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3918, CEUR-WS.org, 2025, с. 260–281. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3918/paper303.pdf> (**Scopus**)
23. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Development of digital competencies in immersive cloud-based educational environment», в *Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024) co-located with ICTERI 2024*, Lviv, Ukraine, September 23, 2024, cep. CEUR Workshop Proceedings, т. 3781, CEUR-WS.org, 2024, с. 203–208. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper27.pdf> (**Scopus**)
 24. I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «Optimizing Teacher Training and Retraining for the Age of AI-Powered Personalized Learning: A Bibliometric Analysis», в *Information Technology for Education, Science, and Technics*, cep. Lecture Notes in Data Engineering and Communications Technologies, т. 231, Springer, 2024, с. 339–357. doi: 10.1007/978-3-031-71804-5_23 (**Scopus, Q4**)
 25. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та L. O. Fadieieva, «Differential effects of Moodle course design on student subpopulations: advancing personalized learning in higher education», *Smart Learning Environments*, т. 12, с. 46, 2025. doi: 10.1186/s40561-025-00400-6 (**Scopus, Q1; WoS, Q1**)
 26. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та L. O. Fadieieva, «Multivariate analysis of Moodle components and grade distribution patterns for adaptive learning environments», *Discover Education*, т. 5, с. 15, 2026. doi: 10.1007/s44217-025-01024-1 (**Scopus, Q2**)
 27. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Resilience through crisis: an integrated framework for entrepreneurial STEM education in conflict-affected contexts», *Discover Education*, т. 5, с. 24, 2026. doi: 10.1007/s44217-025-01041-0 (**Scopus, Q2**)
 28. S. O. Semerikov, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Student elective course selection patterns and satisfaction determinants identified through educational data mining», *Scientific Reports*, т. 16, с. 6965, 2026. doi: 10.1038/s41598-026-37712-7 (**Scopus, Q1; WoS, Q1**)
 29. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та O. B. Kanevska,

«Mapping the Emergence: A Bibliometric Analysis of the Convergence Gap in GeoAI Teacher Education Research», *SN Computer Science*, т. 7, с. 114, 2026. doi: 10.1007/s42979-026-04731-0 (**Scopus, Q2**)

30. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та L. O. Fadiieva, «Development and validation of an adaptive learning readiness assessment framework for Moodle courses», *Journal of New Approaches in Educational Research*, т. 15, с. 19, 2026. doi: 10.1007/s44322-026-00069-w (**Scopus, Q1; WoS, Q1**)
31. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Multi-dimensional bibliometric framework for analyzing research adaptation during crisis: evidence from Ukrainian educational psychology», *Social Sciences & Humanities Open*, т. 13, с. 102 709, 2026. doi: 10.1016/j.ssaho.2026.102709 (**Scopus, Q1**)
32. S. O. Semerikov, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та P. P. Nechypurenko, «Institutional heterogeneity in crisis response: A mixed-methods analysis of Ukrainian higher education strategic adaptation during war», *International Journal of Educational Research Open*, т. 11, с. 100 580, 2026. doi: 10.1016/j.ijedro.2026.100580 (**Scopus, Q1**)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

33. І. С. Мінтій, «Розвиток ІК-компетентностей викладачів математичних дисциплін в мобільному освітньому середовищі», в *Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (10 жовтня 2017 р.)*, Н. П. Франчук, ред., Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2017, с. 125–126. doi: 10.31812/0564/1524
34. І. С. Мінтій та С. О. Семеріков, «Мобільно орієнтоване середовище навчання студентів природничо-математичних спеціальностей педагогічних вищих навчальних закладів», в *Актуальні питання сучасної інформатики: Тези доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці», присвяченої 10-ій річниці функціонування Інтернет-порталу E-OLYMP (09-10 листопада 2017 р.)*, т. 5, Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2017, с. 142–143. doi: 10.31812/0564/1521
35. І. С. Мінтій, С. О. Семеріков та В. М. Соловйов, «Кафедрі інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету –

- 25: історія, аналіз здобутків та перспективи розвитку», в *Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Наукова молодь-2017» (14 груд. 2017 р.)*, О. М. Спірін та А. В. Яцишин, ред., Київ: Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 2017, с. 167–171. doi: 10.31812/0564/1961
36. І. С. Мінтій та Т. В. Придача, «Використання Google Forms у роботі майбутнього класного керівника», в *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці: Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції ІТОНТ-2018 (17-18 травня 2018 р.)*, Черкаси: ЧДТУ, 2018, с. 216–218. doi: 10.31812/0564/2243
37. В. М. Пірогов, І. С. Мінтій, М. М. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Програмні засоби для людей із порушеннями зору», в *Актуальні питання сучасної інформатики: Тези доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці» (08-09 листопада 2018 р.)*, Т. А. Вакалюк, ред., т. 6, Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2018, с. 166–170. doi: 10.31812/123456789/2768
38. I. S. Mintii та V. N. Soloviev, «Augmented Reality: Ukrainian Present Business and Future Education», в *Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality in Education, Kryvyi Rih, Ukraine, October 2, 2018*, А. Е. Ків та V. N. Soloviev, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2257, CEUR-WS.org, 2018, с. 227–231. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2257/paper22.pdf> (**Scopus**)
39. В. М. Пірогов, А. М. Горло та І. С. Мінтій, «Програмна розробка алгоритму адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», *CEUR Workshop Proceedings*, т. 2292, А. Ю. Ків, С. О. Семеріков, В. М. Соловйов та А. М. Стрюк, ред., с. 103–108, 2018. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2292/paper11.pdf> (**Scopus**)
40. I. S. Mintii, S. V. Shokaliuk, T. A. Vakaliuk, M. M. Mintii та V. N. Soloviev, «Import test questions into Moodle LMS», в *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018*, А. Е. Ків та V. N. Soloviev, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2433, CEUR-WS.org, 2018, с. 529–540. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper36.pdf> (**Scopus**)
41. V. O. Ustinova, S. V. Shokaliuk, I. S. Mintii та A. V. Pikilnyak, «Modern techniques of organizing computer support for future teachers' independent work in German

- language», в *Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018, A. E. Kiv та V. N. Soloviev, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2433, CEUR-WS.org, 2018, с. 308–321. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2433/paper20.pdf> (**Scopus**)
42. І. С. Мінтій, М. М. Мінтій та С. В. Шокалюк, «Імпорт питань в систему управління навчанням Moodle», в *Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції «MoodleMoot Ukraine 2019. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle»* (24 травня 2019 р.), Київ, 2019, с. 103–108. url: <https://2019.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=5>
 43. А. М. Горло, В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Алгоритм адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», в *Інтелектуальний потенціал – 2019*, т. Ч. 3: Математичне моделювання та інженерія програмного забезпечення, 2019, с. 28–30. doi: 10.31812/123456789/3573
 44. І. В. Зезуль та І. С. Мінтій, «Розробка хмаро орієнтованого курсу шкільної інформатики», в *Матеріали XIII Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі»* (24-26 березня 2020 р.), Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2020, с. 202–204. doi: 10.31812/123456789/3832
 45. Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Поняття хмаро орієнтованого навчального середовища закладу вищої освіти», в *Імплементация європейських стандартів в українські освітні дослідження: збірник матеріалів IV Міжнародної наукової конференції Української асоціації дослідників освіти* (26 червня 2020 р.), С. Щудло, О. Заболотна та Л. Загоруйко, ред., ТзОВ «Трек-ЛТД», 2020, с. 32–34. doi: 10.31812/123456789/4107
 46. S. O. Semerikov, M. P. Shyshkina, A. M. Striuk, M. I. Striuk, I. S. Mintii, O. O. Kalinichenko, L. S. Kolgatina та M. Y. Karpova, «8th Workshop on Cloud Technologies in Education: Report», в *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2020, S. O. Semerikov та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2879, CEUR-WS.org, 2020, с. 1–69. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2879/paper00.pdf> (**Scopus**)
 47. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Огляд наукометричних баз Google Scholar та ORCID», в *Звітна наукова конференція ІТЗН НАПН України: матеріали наук.-практ. конф.* (11 лютого 2021 р.), Київ: ІТЗН НАПН України, 2021,

- с. 63–66. doi: 10.31812/123456789/5085
48. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Огляд можливостей референс-менеджера Mendeley», в *Сучасні ІТ в освіті та науці: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (18-19 листопада 2021 р.)*, Житомир: ЖДУ, 2021, с. 98–102. doi: 10.31812/123456789/6070
 49. І. В. Зезуль, В. В. Подолянчук та І. С. Мінтій, «Використання системи Human школа в освітньому процесі», в *Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (23-25 березня 2021 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2021, с. 144–147. doi: 10.31812/123456789/4268
 50. S. H. Lytvynova, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, M. I. Striuk, L. S. Kolgatina, V. Y. Velychko, I. S. Mintii, O. O. Kalinichenko та S. M. Tukalo, «AREdu 2021 – Immersive technology today», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021), Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021*, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 1–40. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper00.pdf> (**Scopus**)
 51. O. V. Zaika, T. A. Vakaliuk, A. V. Riabko, R. P. Kukharchuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «Selection of online tools for creating math tests», в *Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021), Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021*, S. H. Lytvynova та S. O. Semerikov, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 2898, CEUR-WS.org, 2021, с. 82–106. url: <https://ceur-ws.org/Vol-2898/paper04.pdf> (**Scopus**)
 52. Д. В. Головка, І. В. Зезуль та І. С. Мінтій, «Використання додатків WPS Office у шкільному курсі інформатики», в *Сучасні інформаційні технології в освіті і науці: 12 Всеукр. студ. наук. Інтернет-конф. (22-23 квітня 2021 р.)*, М. О. Медведєва, Г. В. Ткачук та О. В. Жмуд, ред., Умань: Візаві, 2021, с. 41–43. doi: 10.31812/123456789/4424
 53. І. С. Мінтій та С. М. Іванова, «Референс-менеджери як засоби керування бібліографічними даними», в *Інформаційні технології в освіті та науці*, т. 12, Мелітополь: ФОП «Однорог Т. В.», 2021, с. 102–105. doi: 10.31812/123456789/5066
 54. І. С. Мінтій та В. М. Коваленко, «Проблеми впровадження інформаційно-

- цифрових технологій в галузі освіти і науки», в *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності: тези доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. (2 лист. 2021 р.)*, Київ: Національний авіаційний університет, 2021, с. 89–93. doi: 10.31812/123456789/6053
55. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, M. P. Shyshkina, A. M. Striuk, M. I. Striuk, Y. V. Yechkalo, I. S. Mintii, P. P. Nechypurenko, O. O. Kalinichenko, L. S. Kolgatina, K. V. Vlasenko, S. M. Amelina та O. V. Semenikhina, «9th Workshop on Cloud Technologies in Education: Report», в *Proceedings of the 9th Workshop on Cloud Technologies in Education, CTE 2021, Kryvyi Rih, Ukraine, December 17, 2021*, A. E. Kiv, S. O. Semerikov та M. P. Shyshkina, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3085, CEUR-WS.org, 2021, с. i–lxxvii. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper00.pdf> (**Scopus**)
 56. Т. А. Вакалюк, С. М. Іванова та І. С. Мінтій, «Результати аналітико-констатувального етапу дослідження «Методика використання інформаційно-цифрових технологій для оцінювання результативності педагогічних досліджень»», в *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України (10 лютого 2022 р.)*, О. П. Пінчук та Н. В. Яськова, ред., Київ, 2022, с. 13–16. doi: 10.31812/123456789/6467
 57. Е. У. Tarasova та І. С. Mintii, «Web application for facial wrinkle recognition», в *Proceedings of the 4th Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2021), Virtual Event, Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2021*, A. E. Kiv, S. O. Semerikov, V. N. Soloviev та A. M. Striuk, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3077, CEUR-WS.org, 2022, с. 198–210. url: <http://ceur-ws.org/Vol-3077/paper19.pdf> (**Scopus**)
 58. В. С. Січкара та І. С. Мінтій, «Програмні засоби для підтримки вивчення 3D-моделювання у старшій школі», в *Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (22-24 березня 2022 р.)*, Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2022, с. 118–120. doi: 10.31812/123456789/6238
 59. В. Подолянчук та І. С. Мінтій, «Тестові завдання курсу «Сервіси Google в освітньому процесі»», в *Матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (22-24 березня 2022 р.)*, Кривий Ріг:

- Криворізький національний університет, 2022, с. 128–130. doi: 10.31812/123456789/6239
60. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та С. М. Іванова, «Огляд можливостей онлайн-сервісу Lens», в *Тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2022) (23-25 червня 2022 р.)*, Черкаси: ЧДТУ, 2022, с. 96–97. doi: 10.31812/123456789/6468
 61. S. Papadakis, A. E. Kiv, H. M. Kravtsov, V. V. Osadchyi, M. V. Marienko, O. P. Pinchuk, M. P. Shyshkina, O. M. Sokolyuk, I. S. Mintii, T. A. Vakaliuk, A. M. Striuk та S. O. Semerikov, «Revolutionizing education: using computer simulation and cloud-based smart technology to facilitate successful open learning», в *Joint Proceedings of the 10th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education, and Workshop on Cloud-based Smart Technologies for Open Education (CoSinEi and CSTOE 2022) co-located with ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education (CITEd 2022) Kyiv, Ukraine, December 22, 2022*, S. Papadakis, ред., сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3358, CEUR-WS.org, 2023, с. 1–18. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3358/paper00.pdf> (**Scopus**)
 62. І. С. Мінтій та В. А. Доценко, «Дистанційна підтримка комбінованого навчання інформатики у 5 класі», в *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (6 квітня, 2023)*, Тернопіль: Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2023, с. 124–126. doi: 10.31812/123456789/7248
 63. В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Програмні засоби для людей з порушеннями зору: аналіз досліджень у наукометричній базі даних Scopus», в *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті та науці» (25-26 травня 2023 р.)*, Запоріжжя-Мелітополь: Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 2023, с. 124–126. doi: 10.31812/123456789/7249
 64. І. С. Мінтій, «Комбіноване навчання: аналіз досвіду», в *Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація освіти України в умовах воєнного стану» (24 лютого 2023 р.)*, Київ: ІЦО НАПН України, 2023, с. 43–45. doi: 10.31812/123456789/7415
 65. V. A. Hamaniuk, V. A. Karpiuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «2nd International

- Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education», в *2nd International Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education (3L-Edu 2022)*, Kryvyi Rih, Ukraine, 18 May 2022, V. A. Hamaniuk, V. A. Karpiuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, ред., сер. ACNS Conference Series: Social Sciences and Humanities, т. 3, ACNS, 2023, с. 01 001. doi: 10.55056/cs-ssh/3/01001
66. I. S. Mintii, O. Y. Stetsyshyna, O. Y. Tarasova, O. B. Kanevska та S. O. Semerikov, «A specialized Ukrainian-Polish computer science translator for primary education: Design and implementation», в *Proceedings of the 12th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 12, 2025, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 4043, CEUR-WS.org, 2025, с. 236–253. url: <https://ceur-ws.org/Vol-4043/paper10.pdf> (**Scopus**)
 67. I. S. Mintii, «Approaches to the Blended Learning Organisation», в *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2023)*, SciTePress, 2024, с. 114–121. doi: 10.5220/0012647500003737
 68. I. S. Mintii, «Blended learning in computer science teacher training», в *Conference proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference «Information Technology for Education, Science and Technics» (ITEST-2024)*, Cherkasy, May 23-24, 2024, Cherkasy: ChSTU, 2024, с. 334–336. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10396>
 69. S. O. Semerikov та I. S. Mintii, «Automating literature screening with large language models», в *Conference proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference «Information Technology for Education, Science and Technics» (ITEST-2024)*, Cherkasy, May 23-24, 2024, Cherkasy: ChSTU, 2024, с. 130–132. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10385>
 70. S. O. Semerikov, A. M. Striuk, M. V. Marienko, O. P. Pinchuk, Y. V. Yechkalo, V. V. Tkachuk, I. S. Mintii, A. V. Iatsyshyn, O. V. Gorda, O. B. Kanevska та I. I. Donchev, «AREdu 2024: Where augmented reality meets augmented intelligence», в *Proceedings of the 7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 14, 2024, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3918, CEUR-WS.org, 2025, с. 1–28. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3918/paper000.pdf> (**Scopus**)
 71. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Immersive cloud-based

- educational environment of the university: Design principles», в *Proceedings of the 3rd Workshop on Digital Transformation of Education (DigiTransfEd 2024) co-located with ICTERI 2024, Lviv, Ukraine, September 23-27, 2024*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3771, CEUR-WS.org, 2024, с. 126–135. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3771/paper27.pdf> (**Scopus**)
72. S. Papadakis, S. H. Lytvynova, I. S. Mintii, S. M. Ivanova, I. A. Selyshcheva та S. O. Semerikov, «Advancing lifelong learning with AI-enhanced ICT: A review of 3L-Person 2024», в *Proceedings of the IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024) co-located with ICTERI 2024, Lviv, Ukraine, September 23, 2024*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3781, CEUR-WS.org, 2024, с. 1–9. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper00.pdf> (**Scopus**)
73. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, I. S. Mintii та O. V. Bondarenko, «Shifting sands: analyzing trends in educational technology research published in Educational Technology Quarterly (2021-2023)», в *Proceedings of the 6th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2023), Kryvyi Rih, Ukraine, May 17, 2023*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3844, CEUR-WS.org, 2024, с. 72–82. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3844/paper10.pdf> (**Scopus**)
74. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Designing an immersive cloud-based educational environment for universities: a comprehensive approach», в *Proceedings of the 6th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2023), Kryvyi Rih, Ukraine, May 17, 2023*, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 3844, CEUR-WS.org, 2024, с. 107–116. url: <https://ceur-ws.org/Vol-3844/paper09.pdf> (**Scopus**)
75. І. С. Мінтій, «SWOT-аналіз комбінованого навчання», в *Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану» (23 лютого 2024 р.)*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 46–49. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10397>
76. В. В. Подолянчук та І. С. Мінтій, «Використання мобільних додатків та ігрових технологій для залучення учнів до навчання», в *XV Всеукраїнська науково-практична конференція для молодих учених та здобувачів освіти*

- «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці» (25–26 квітня 2024 р.), Умань: Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, 2024. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10398>
77. В. В. Подолянюк та І. С. Мінтій, «Переваги та недоліки використання штучного інтелекту в освітньому процесі», в *Міжнародна наукова конференція «Штучний інтелект у науці та освіті (AISE 2024)» (1-2 березня 2024 р.)*, Київ, 2024, с. 46–49. url: <https://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/10399>
 78. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «Advancing Education in Challenging Times: A Review of the XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024)», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2871, № 1, с. 011 001, 2024. doi: 10.1088/1742-6596/2871/1/011001 (**Scopus**)
 79. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «Advancing educational resilience: Key insights and innovations from the XVII International Conference on Mathematics, Science, and Technology Education (ICon-MaSTEd 2025)», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 3105, № 1, с. 011 001, 2025. doi: 10.1088/1742-6596/3105/1/011001 (**Scopus**)
 80. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk та N. V. Moiseienko, «Immersive cloud-based mobile learning tools in higher education: a systematic review of integration frameworks and implementation strategies», в *Proceedings of the 8th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2025)*, Kryvyi Rih, Ukraine, May 13, 2025, сер. CEUR Workshop Proceedings, т. 4060, CEUR-WS.org, 2025, с. 24–51. url: <https://ceur-ws.org/Vol-4060/paper02.pdf> (**Scopus**)
 81. S. O. Semerikov, I. S. Mintii та N. V. Moiseienko, «Teaching logic programming: a review», *CTE Workshop Proceedings*, т. 12, с. 399–425, 2025. doi: 10.55056/cte.838
 82. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Цифрові ідентифікатори як інструмент академічної видимості: методичні аспекти», в *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: матеріали XV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (10 квітня 2025 р.)*, Тернопіль: ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2025, с. 160–163. url:

<https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/745832/>

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

83. І. С. Мінтій, Н. А. Хараджян та С. В. Шокалюк, «Розвиток ІК-компетентностей викладачів педагогічних ВНЗ за програмою курсів підвищення кваліфікації «Інформаційно-комунікаційні технології в очно-дистанційному (комбінованому) навчанні»», *New computer technology*, т. XV, с. 240–244, 2017. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/1075>
84. С. В. Шокалюк, І. С. Мінтій та М. В. Моїсеєнко, «Моделювання уроку інформатики майбутніми вчителями», *New computer technology*, т. XVI, с. 84–93, 2018. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/2222>
85. А. М. Горло та І. С. Мінтій, «Адаптація дизайну сайту для людей із порушенням кольоросприйняття», *New computer technology*, т. XVI, с. 182–187, 2018. url: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/0564/2226>
86. І. С. Мінтій та М. М. Мінтій, «Проектування засобів доповненої реальності навчального призначення», в *Інформаційні технології у вищій школі*, Т. А. Вакалюк та С. Г. Литвинова, ред., Житомир: ФОП «О. О. Євенок», 2019, с. 290–306. doi: 10.31812/123456789/3607
87. В. Устінова, С. Шокалюк, І. Мінтій та А. Пікільняк, «Сучасні методи організації комп'ютерної підтримки самостійної роботи майбутніх учителів німецької мови», *Педагогіка вищої та середньої школи*, т. 52, с. 135–152, 2019. doi: 10.31812/pedag.v52i0.3781
88. Т. А. Вакалюк, В. В. Концедайло та І. С. Мінтій, «Професійні м'які компетенції майбутніх інженерів-програмістів: ключові поняття», *Освітній вимір*, т. 2, с. 101–110, 2020. doi: 10.31812/educdim.v54i2.3859
89. В. М. Пірогов та І. С. Мінтій, «Реалізація алгоритмів конвертації та імітації в системі адаптації дизайну сайту для людей з порушенням кольоросприйняття», в *Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ)*, Кривий Ріг: Криворізький державний педагогічний університет, 2020, с. 95–97. doi: 10.31812/123456789/4203
90. М. М. Мінтій та І. С. Мінтій, «МООС як форма підвищення ІКТ-компетентності педагогічних працівників», в *Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету (приурочено до 90-річчя КДПУ)*, Кривий Ріг: Криворізький державний педа-

гогічний університет, 2020, с. 77–79. doi: 10.31812/123456789/4202

91. I. Mintii, S. Shokaliuk, T. Vakaliuk, O. Merzlykin та M. Mintii, «Development of a Standard Moodle Course to Optimize the Teacher's Work in Distance Education», *Universal Journal of Educational Research*, т. 8, № 12, с. 6659–6666, 2020. doi: 10.13189/ujer.2020.081230
92. A. E. Kiv, V. N. Soloviev, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XIII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 1946, с. 011001, 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1946/1/011001 (**Scopus**)
93. Т. А. Вакалюк, О. М. Спірін, І. С. Мінтій, С. М. Іванова та Т. Л. Новицька, «Наукометричні показники оцінювання результативності педагогічних досліджень науковців та науково-педагогічних працівників», *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*, т. 60, с. 167–184, 2021. doi: 10.31652/2412-1142-2021-60-167-184
94. В. Ю. Биков, О. М. Спірін, С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Наукометричні показники оцінювання результативності досліджень наукових установ і закладів освіти», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 86, № 6, с. 289–312, 2021. doi: 10.33407/itlt.v86i6.4656 (**WoS**)
95. V. P. Oleksiuk, S. M. Ivanova та I. S. Mintii, «Evaluating the results of scientific and pedagogic research: a foreign review», *Educational Dimension*, т. 4, с. 58–74, 2021. doi: 10.31812/educdim.v56i4.4435
96. Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій, В. А. Гаманюк та С. М. Іванова, «Врахування показників діяльності науково-педагогічних працівників за проектною діяльністю та підготовкою переможців у конкурсах та олімпіадах», *Наукові інновації та передові технології (Серія «Державне управління», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»)*, № 4 (6), с. 22–34, 2022. doi: 10.52058/2786-5274-2022-4(6)-22-34
97. В. С. Моркун, С. М. Грищенко, І. С. Мінтій, М. В. Мар'єнко та Ю. В. Єчкало, «Вимоги до змісту та підготовки докторів філософії зі спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»», *Освітній вимір*, т. 4, с. 77–88, 2021. doi: 10.31812/educdim.v56i4.4436

98. С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, І. С. Мінтій та А. В. Кільченко, «Інформаційно-цифрові технології як засоби оцінювання результативності науково-педагогічних досліджень», *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, т. 4, № 1, 2022. doi: 10.37472/v.naes.2022.4114
99. С. М. Іванова, А. В. Кільченко, І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Оцінювання результативності наукової діяльності засобами інформаційно-цифрових систем окремої установи», *Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*, т. 3, с. 39–53, 2021. doi: 10.31812/123456789/5052
100. O. M. Spirin, O. V. Matviienko, S. M. Ivanova, O. V. Ovcharuk, I. S. Mintii, I. V. Ivaniuk та L. A. Luparenko, «The Use of Open Electronic Scientific and Educational Systems to Support the Professional Activities of Research and Teaching Staff of Ukrainian Universities and Scientific Institutions», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 169–176. doi: 10.1145/3526242.3526261 (**Scopus; WoS**)
101. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та V. R. Ruban, «Mask and Emotion: Computer Vision in the Age of COVID-19», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 103–124. doi: 10.1145/3526242.3526263 (**Scopus; WoS**)
102. S. O. Semerikov, I. S. Mintii та R. K. Makhachashvili, «Digital Humanities Event Horizon», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. 1–28. doi: 10.1145/3526242.3526243 (**Scopus; WoS**)
103. R. K. Makhachashvili, I. S. Mintii, O. B. Protsenko та S. O. Semerikov, «Preface», в *DHW 2021: Digital Humanities Workshop, Kyiv, Ukraine, 23 December 2021*, ACM, 2021, с. VI. url: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3526242.3526243> (**Scopus**)
104. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, V. A. Hamaniuk, V. N. Soloviev, O. V. Bondarenko, P. P. Nechypurenko, S. V. Shokaliuk, N. V. Moiseienko та D. S. Shepiliev, «Design methodology for immersive educational resources», *Educational Dimension*, т. 6, с. 176–199, 2022. doi: 10.31812/educdim.4716
105. A. E. Kiv, V. N. Soloviev, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2288, с. 011001, 2022. doi:

10.1088/1742-6596/2288/1/011001 (**Scopus**)

106. I. Onikienko, L. Bratchenko, I. Mintii та O. Chaika, «Remote study for the humanities and social sciences: digitization and coaching», *SHS Web Conf.*, т. 142, с. 03 001, 2022. doi: 10.1051/shsconf/202214203001
107. A. E. Kiv, S. O. Semerikov, A. M. Striuk, V. V. Osadchyi, T. A. Vakaliuk, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko, I. S. Mintii та S. L. Malchenko, «XV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education», *Journal of Physics: Conference Series*, т. 2611, № 1, с. 011 001, 2023. doi: 10.1088/1742-6596/2611/1/011001 (**Scopus**)
108. V. S. Morkun, S. Semerikov, S. Hryshchenko, I. Mintii та Y. Hryshchenko, «Results of Experimental Work to Check the Effectiveness of the Method of Using Geoinformation Technologies», в *Proceedings of the 2nd Myroslav I. Zhaldak Symposium on Advances in Educational Technology – AET*, INSTICC, SciTePress, 2023, с. 272–280. doi: 10.5220/0012063600003431
109. S. M. Ivanova, O. M. Spirin, O. M. Shymon, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та S. O. Semerikov, «A Comprehensive Framework for Assessing Scientific Research Effectiveness Among Academic and Research Staff», в *Proceedings of the 4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2023)*, SciTePress, 2024. doi: 10.5220/0000176600003737
110. О. М. Спiрiн, С. М. iванова, В. П. Олексюк, I. С. Мiнтiй, Т. А. Вакалюк та А. В. Кiльченко, «Експеримент з розвитку компетентностi з використання iнформацiйно-цифрових технологiй для оцiнювання результативностi педагогiчних дослiджень», *Вiсник пiслядипломної освiти. Серiя «Педагогiчнi науки»*, т. 27(56), с. 148–170, 2024. doi: 10.58442/2218-7650-2024-27(56)-147-170
111. I. С. Мiнтiй, Т. А. Вакалюк та В. А. Ткаченко, «Використання сервісу VOSviewer у науковiй дiяльностi», *iнновацiйна педагогiка*, № 75, с. 279–285, 2024. doi: 10.32782/2663-6085/2024/75.54
112. I. С. Мiнтiй, О. Ю. Стецишина, О. Ю. Тарасова, Т. А. Вакалюк та С. О. Семеріков, «iнформатична термiнологiя: мiж неповнотою та надлишковiстю», *iнформацiйнi технологiї в освiтi*, № 2(56), с. 14–34, 2024. doi: 10.14308/ite000784
113. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, I. С. Мiнтiй та В. П. Олексюк, «На перетинi знань: XVI мiжнародна конференцiя з математичної, природничо-наукової

- та технологічної освіти», *Вісник Національної академії педагогічних наук України*, т. 6, № 1, с. 1–5, 2024. doi: 10.37472/v.naes.2024.6124
114. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Навчальний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського*, № 4(149), с. 33–39, 2024. doi: 10.24195/2617-6688-2024-4-5
 115. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Методичний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Освітологічний дискурс*, т. 47, № 4, с. 64–72, 2024. doi: 10.28925/2312-5829/2024.4.7
 116. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Дослідницький складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, т. 23(30), с. 16–25, 2024. doi: 10.31392/UDU-nc.series2.2024.23(30).02
 117. С. О. Семеріков та І. С. Мінтій, «Оптимізація підготовки та перепідготовки вчителів для персоналізованого навчання на основі штучного інтелекту: бібліометричний аналіз з великими мовними моделями», в *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 214–239. doi: 10.33407/lib.NAES.id/eprint/744025
 118. С. О. Семеріков, Т. А. Вакалюк, П. П. Нечипуренко, І. С. Мінтій та О. В. Бондаренко, «Аналіз тенденцій досліджень з освітніх технологій, опублікованих у Educational Technology Quarterly (2021-2023)», в *Цифрова трансформація відкритих науково-освітніх середовищ*, Київ: ІЦО НАПН України, 2024, с. 292–306. doi: 10.33407/lib.NAES.id/eprint/744025
 119. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Формування цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами наукометричних баз даних: аналіз сучасного стану досліджень», *Інноваційна педагогіка*, т. 2, № 84, с. 169–173, 2025. doi: 10.32782/2663-6085/2025/84.2.33
 120. І. С. Мінтій та Т. А. Вакалюк, «Організаційно-виховний складник цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників: результати констатувального експерименту», *Збірник наукових праць Уманського дер-*

жавного педагогічного університету, № 2, с. 47–58, 2025. doi: 10.31499/2307-4906.2.2025.332123

121. І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та В. А. Ткаченко, «Окремі компоненти методики розвитку цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників з використанням наукометричних баз даних», *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського*, № 3(152), с. 138–145, 2025. doi: 10.24195/2617-6688-2025-3-19
122. Т. А. Вакалюк та І. С. Мінтій, «Окремі компоненти методики використання журнальних та конференційних систем у рецензуванні наукових праць», *Освітологічний дискурс*, т. 50, № 3, с. 63–75, 2025. doi: 10.28925/2312-5829/2025.3.6
123. В. П. Олексюк, О. М. Спірін, С. М. Іванова, І. С. Мінтій, Т. А. Вакалюк та А. В. Кільченко, «Огляд досвіду використання штучного інтелекту для розвитку цифрової компетентності науково-педагогічних працівників», *Інформаційні технології в освіті*, № 2(58), с. 146–158, 2025. doi: 10.14308/ite000806
124. О. М. Спірін, С. М. Іванова, Т. А. Вакалюк, А. В. Кільченко, Ю. А. Лабжинський, І. С. Мінтій, Т. Л. Новицька, В. П. Олексюк, К. П. Осадча, Я. Б. Сікора, С. О. Семеріков, В. А. Ткаченко, Н. П. Франчук, О. М. Шимон, М. А. Шиненко, О. В. Чижмотря та Т. І. Чернецька, *Розвиток цифрової компетентності наукових і науково-педагогічних працівників засобами відкритих освітньо-наукових інформаційних систем: методичний посібник*. Київ: ІЦО НАПН України, 2025. url: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/746838>
125. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та A. O. Kolhatin, «Vision-Based Autonomous UAV Landing: A Comprehensive Review of Technologies, Techniques, and Applications», *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, т. 111, с. 115, 2025. doi: 10.1007/s10846-025-02314-4 (**Scopus, Q1; WoS, Q3**)
126. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Mathematical exclusion as social injustice: a critical analysis of inclusive education discourse and practice in grades 5-6», *SN Social Sciences*, т. 6, с. 17, 2026. doi: 10.1007/s43545-025-01305-4 (**Scopus, Q2**)
127. S. O. Semerikov, I. S. Mintii, P. P. Nechypurenko, O. V. Bondarenko та S. L. Malchenko, «Geographic Information Systems for Space Science Education: A

- Review», *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, т. 26, с. 46, 2026. doi: 10.1007/s42330-026-00422-3 (**Scopus, Q2; WoS, Q3**)
128. S. O. Semerikov, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii, O. V. Bondarenko та O. B. Kanevska, «From science fiction to smart reality: a technology foresight review of smartdust evolution through the lens of Hamilton's Great North Road», *European Journal of Futures Research*, т. 14, с. 4, 2026. doi: 10.1186/s40309-026-00266-y (**Scopus, Q1; WoS, Q1**)
129. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk, I. S. Mintii та A. O. Kolhatin, «Energy-efficient neuromorphic computing for ultra-low latency cognitive radio: a hardware-software co-design framework for 6G spectrum intelligence», *Discover Artificial Intelligence*, т. 6, с. 363, 2026. doi: 10.1007/s44163-026-01093-7 (**Scopus, Q1**)
130. S. O. Semerikov, P. P. Nechypurenko, T. A. Vakaliuk та I. S. Mintii, «Mapping the intellectual landscape of geometry education in inclusive settings: A bibliometric analysis of teaching squares, cubes, areas, and volumes and the SPACE framework», *Social Sciences & Humanities Open*, т. 14, с. 103 437, 2026. doi: 10.1016/j.ssaho.2026.103437 (**Scopus, Q1**)

Таблиця Ж.1 – Відомості про апробацію результатів дисертації

Назва заходу	Місце та дата проведення
X Всеукраїнська науково-методична конференція (присвячена 25 річниці створення кафедри інформатики та прикладної математики КДПУ) «Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освіті» (КМІТО'2017)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 27-28 квітня 2017 р.
Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми інформатизації навчального процесу в школі та вищому педагогічному навчальному закладі»	Київ, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, 10 жовтня 2017 р.
II Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці», присвячена 10-ій річниці функціонування Інтернет-порталу E-OLYMP	Житомир, Житомирський державний університет імені Івана Франка, 9-10 листопада 2017 р.
V Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених «Наукова молодь-2017»	Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 14 грудня 2017 р.
IV Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2018)	Черкаси, Черкаський державний технологічний університет, 17-18 травня 2018 р.

Продовження таблиці Ж.1

Назва заходу	Місце та дата проведення
XI Всеукраїнська науково-методична конференція «Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в освіті» (КМІТО-2018)	Кривий Ріг – Одеса, Криворізький державний педагогічний університет – Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського, 27-28 травня 2018 р.
1st International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2018)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 2 жовтня, 2018 р.
III Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології в освіті та науці»	Житомир, Житомирський державний університет імені Івана Франка, 8-9 листопада 2018 р.
1st Student Workshop on Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2018)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 30 листопада, 2018 р.
6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 21 грудня, 2018 р.
Сьома міжнародна науково-практична конференція «Moodle Moot Ukraine 2019. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle»	Київ, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, 24 травня 2019 р.
Всеукраїнська конференція студентів та молодих науковців «Інтелектуальний потенціал 2019»	Хмельницький, Хмельницький національний університет, 20-22 листопада 2019 р.
7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 20 грудня, 2019 р.
XIII Всеукраїнська науково-практична WEB конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (KICM 2020)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 24-26 березня 2020 р.
IV Міжнародна наукова онлайн конференція УАДО «Імплементация європейських стандартів в українські освітні дослідження»	Київ, 26 червня 2020 р.
XII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2020)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 15-17 жовтня 2020 р.
Symposium on Advances in Educational Technology (AET 2020)	Київ, ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України, 12-13 листопада 2020 р.
3rd Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2020)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 27 листопада 2020 р.
8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 18 грудня 2020 р.
Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України	Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 11 лютого 2021 р.
XIV Всеукраїнська науково-практична WEB конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (KICM 2021)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 23-25 березня 2021 р.
XII Всеукраїнська студентська наукова Інтернет-конференція «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці»	Умань, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, 22-23 квітня 2021 р.

Продовження таблиці Ж.1

Назва заходу	Місце та дата проведення
4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 11 травня 2021 р.
XIII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2021)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 12-14 травня 2021 р.
Науково-практична конференція з міжнародною участю «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності»	Київ, Національний авіаційний університет, 2 листопада 2021 р.
2nd Myroslav I. Zhaldak Symposium on Advances in Educational Technology (AET 2021)	Київ, ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України, 11-12 листопада 2021 р.
VI Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні ІТ в освіті та науці»	Житомир, Житомирський державний університет імені Івана Франка, 18-19 листопада 2021 р.
9th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2021)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 17 грудня 2021 р.
4th Workshop for Young Scientists in Computer Science & Software Engineering (CS&SE@SW 2021)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 18 грудня 2021 р.
Digital Humanities Workshop (DHW 2021)	Київ, Київський університет імені Бориса Грінченка, 23 грудня 2021 р.
Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України	Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 10 лютого 2022 р.
XV Всеукраїнська науково-практична WEB конференція аспірантів, студентів та молодих вчених «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» (KICM 2022)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 22-24 березня 2022 р.
3rd International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2022)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 16-17 травня 2022 р.
2nd International Conference on New Trends in Linguistics, Literature and Language Education (3L-Edu 2022)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 18 травня 2022 р.
XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2022)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 18-20 травня 2022 р.
10th Workshop on Cloud Technologies in Education, and 5th International Workshop on Augmented Reality in Education (CTE+AREdu 2022)	Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 23 травня 2022 р.
VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОІТ-2022)	Черкаси, Черкаський державний технологічний університет, 23-25 червня 2022 р.
ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education (CITED 2022)	Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 21-22 грудня 2022 р.
10th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education, and Workshop on Cloud-based Smart Technologies for Open Education (CoSinE 2022+CSTOE 2022)	Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 22 грудня 2022 р.
International Digital Forum	Bydgoszcz (Poland), The University of Economy in Bydgoszcz, 24 січня 2023 р.

Продовження таблиці Ж.1

Назва заходу	Місце та дата проведення
Звітна науково-практична конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація освіти України в умовах воєнного стану»	Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 24 лютого 2023 р.
XI Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи»	Тернопіль, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 6 квітня 2023 р.
XV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2023)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 16-19 травня 2023 р.
III Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті та науці»	Запоріжжя-Мелітополь, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, 25-26 травня 2023 р.
4th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2023)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 12-13 жовтня 2023 р.
IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2023)	Львів, Національний університет «Львівська політехніка», 19-21 жовтня 2023 р.
Міжнародна науково-практична конференція «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності»	Київ, Національний авіаційний університет, 10 листопада 2023 р.
VI Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення»	Житомир, Державний університет «Житомирська політехніка», 29-30 листопада 2023 р.
Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану»	Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 23 лютого 2024 р.
XV Всеукраїнська науково-практична конференція для молодих учених та здобувачів освіти «Сучасні інформаційні технології в освіті і науці»	Умань, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, 25–26 квітня 2024 р.
Міжнародна наукова конференція «Штучний інтелект у науці та освіті» (AISE 2024)	Київ, 1-2 березня 2024 р.
VII International Scientific and Practical Conference «Information Technology for Education, Science, and Technics» (ITEST-2024)	Черкаси, Черкаський державний технологічний університет, 23-24 травня 2024 р.
7th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2024)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 14 травня 2024 р.
11th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education (CoSinE 2024), XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 15–17 травня 2024 р.
3rd Workshop on Digital Transformation of Education (DigiTransfEd 2024), 19th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications (ICTERI 2024)	Львів, Національний університет «Львівська політехніка», 23–27 вересня 2024 р.

Продовження таблиці Ж.1

Назва заходу	Місце та дата проведення
IX International Workshop on Professional Retraining and Life-Long Learning using ICT (3L-Person 2024), ICTERI 2024	Львів, Національний університет «Львівська політехніка», 23–27 вересня 2024 р.
Звітна наукова конференція Інституту цифровізації освіти НАПН України «Цифрова трансформація науково-освітніх середовищ в умовах воєнного стану»	Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України, 27 лютого 2025 р.
XV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи»	Тернопіль, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 10 квітня 2025 р.
12th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2024), 6th International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (ICHTML 2025)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 12 травня 2025 р.
8th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2025), ICHTML 2025	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 13 травня 2025 р.
XVII International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2025)	Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний університет, 14–16 травня 2025 р.

ДОДАТОК И

Довідки про впровадження результатів дослідження

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в освітній процес таких закладів вищої освіти:

1. Криворізький державний педагогічний університет (довідка № 08-300/3 від 29.06.2026);
2. Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди (довідка № 01/10-458 від 30.06.2026);
3. Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (довідка № 53-10/623 від 29.06.2026);
4. Український державний університет імені Михайла Драгоманова (довідка № 369 від 30/06/2026);
5. Житомирський державний університет імені Івана Франка (довідка № 963-01-09/2026 від 29.06.2026);
6. Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка (довідка № 922/17.03-33 від 30.06.2026);
7. Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка (довідка № 62-н від 30.06.2026);
8. Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського (довідка № 06/57 від 29.06.2026);
9. Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького (довідка № 01-15/1249 від 01.07.2026);
10. Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького (довідка № 168/04 від 08.07.2026).

Копії довідок наведено нижче.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(КДПУ)

просп. Університетський, 54, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область, 50086, тел. (056) 470-13-34
 E-mail : kdpu@kdpu.edu.ua, Код ЄДРПОУ 40787802

29 ЧЕР 2026

№ 08-300/3

На № _____

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження
 Мінтій Ірини Сергіївни
 на тему «Методична система комбінованого навчання
 майбутніх учителів інформатики»,
 поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
 за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Цією довідкою підтверджуємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики» були розроблені, апробовані та впроваджені в освітній процес Криворізького державного педагогічного університету.

Упровадження здійснювалося на фізико-математичному факультеті, на базі кафедри інформатики та прикладної математики під час професійної підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014.09 Середня освіта (Інформатика), зокрема в межах освітньо-професійної програми «Інформатика. Програмування».

Криворізький державний педагогічний університет був основною експериментальною базою дисертаційного дослідження. Упродовж 2015-2024 рр. у закладі було проведено педагогічний експеримент, що охоплював констатувальний, формувальний і контрольний етапи. На констатувальному етапі здійснено аналіз освітньо-професійних програм, стану використання LMS Moodle, цифрової компетентності здобувачів освіти та наявного досвіду організації комбінованого навчання. На формуальному етапі розроблену методичну систему було послідовно впроваджено в освітній процес. На контрольному етапі перевірено її ефективність за визначеними критеріями та показниками.

У практику підготовки майбутніх учителів інформатики було впроваджено цілісну методичну систему комбінованого навчання, що охоплює цільовий, змістовий, технологічний, організаційний і діагностично-результативний компоненти. Її реалізація здійснювалася на основі поєднання

0997

очної, дистанційної та самостійної роботи студентів, використання електронного освітнього середовища, навчальної аналітики, формувального оцінювання та педагогічного супроводу здобувачів освіти.

У межах дослідження було обґрунтовано й реалізовано комплекс організаційно-педагогічних умов ефективної підготовки майбутніх учителів інформатики в умовах комбінованого навчання: інтеграцію інформатичної, педагогічної та методичної складових підготовки; добір і поєднання форм, методів і засобів навчання; цілеспрямований розвиток цифрової компетентності; моніторинг результатів навчання на основі навчальної аналітики; психолого-педагогічний супровід і підтримку навчальної мотивації студентів.

В освітній процес КДПУ було впроваджено сім взаємопов'язаних авторських методик: використання LMS Moodle у підготовці майбутніх учителів інформатики; організації синхронної та асинхронної взаємодії; розвитку цифрової компетентності; мікрОВикладання та моделювання уроків інформатики; проєктного навчання у фахових дисциплінах; використання імерсивних технологій AR/VR; навчання програмування на основі поступового переходу від навчальних середовищ до текстових мов програмування та фізичного обчислення.

Зазначені методики було використано під час викладання дисциплін «Методика навчання інформатики», «Сучасний урок інформатики, Цифрові технології в освіті», «Шкільний курс інформатики», «Програмування» та інших освітніх компонентів, пов'язаних із формуванням професійної компетентності майбутнього вчителя інформатики.

У процесі впровадження розроблено й використано навчально-методичне забезпечення комбінованого навчання, зокрема 10 електронних курсів у Moodle, що містять навчальні матеріали, практичні завдання, тести, банки питань, засоби зворотного зв'язку та елементи навчальної аналітики.

Особливе значення мало впровадження методики розгортання електронних навчальних курсів у Moodle на основі типового курсу-шаблону. Такий підхід забезпечив уніфіковану структуру курсів, упорядкування навчальних матеріалів, логічне поєднання теоретичного змісту, практичних завдань, тестового контролю, самостійної роботи студентів і підсумкового оцінювання. Moodle використовувався не лише як сховище матеріалів, а як середовище організації навчальної діяльності, моніторингу результатів і підтримки комбінованого навчання.

У межах освітнього процесу було впроваджено систему оцінювання цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики, побудовану за чотири критеріями: когнітивним, операційно-діяльним, мотиваційно-ціннісним і рефлексивно-оцінювальним. Для кожного критерію визначено чотири рівні сформованості та порогові значення, що дало змогу здійснювати вхідне, поточне, формувальне, підсумкове оцінювання й самооцінювання здобувачів освіти в електронному освітньому середовищі.

На інституційному рівні результати дослідження було використано під час оновлення освітньо-професійної програми «Інформатика.

Програмування». Упродовж 2022-2025 рр. підготовлено чотири редакції освітньо-професійної програми, у яких посилено інтеграцію інформатичної, педагогічної та методичної складових підготовки майбутніх учителів інформатики. Зміст програми було узгоджено з логікою ТРАСК-картографування, що дало змогу простежити взаємозв'язок предметного змісту, педагогічних підходів і цифрових технологій.

Упровадження методичної системи забезпечило посилення практичної спрямованості підготовки студентів, розширення частки активних, конструктивних та інтерактивних форм навчальної діяльності, системніше використання Moodle і Google Workspace, розвиток проєктної діяльності, мікрОВикладання, моделювання уроків інформатики та створення цифрових освітніх ресурсів. Особливу увагу було приділено готовності майбутніх учителів інформатики до організації навчання в умовах дистанційного, очного та комбінованого форматів, зокрема в кризових умовах.

Ефективність упровадженної методичної системи підтверджено результатами контрольного етапу педагогічного експерименту. Вибірку склали 140 здобувачів освіти, з яких 68 увійшли до експериментальної групи, 72 – до контрольної. Статистичний аналіз засвідчив базову еквівалентність груп і значущі позитивні відмінності за всіма критеріями сформованості цифрової компетентності. Зафіксовано зростання показників за когнітивним, операційно-діяльнісним, мотиваційно-ціннісним і рефлексивно-оцінювальним критеріями; інтегральний показник в експериментальній групі зріс на 23 відсоткові пункти.

Результати апробації та впровадження дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету (протокол № 10 від «20» квітня 2026 р.).

Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. повною мірою впроваджено в освітній процес Криворізького державного педагогічного університету та підтверджено результатами багаторічної дослідно-експериментальної роботи. Розроблена методична система комбінованого навчання має важливе теоретичне і практичне значення для вдосконалення професійної підготовки майбутніх учителів інформатики та може бути рекомендована до використання в освітньому процесі закладів вищої освіти.

РЕКТОР



Ярослав ШРАМКО



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені Г.С. СКОВОРОДИвул. Алчевських, 29, м. Харків, 61002, тел. (057) 700-35-23, факс (057) 700-69-09
e-mail: rector@hnpu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125585Від 19.06.2016 № 01/М-458

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження

Мінтій Ірини Сергіївни

на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики» поданої на здобуття наукового ступеня доктора наук зі спеціальності А1 Освітні науки (13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті)

Цією довідкою підтверджуємо, що окремі положення та результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики» були використані в освітньому процесі Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди у 2024–2026 рр. Упровадження здійснювалося викладачами кафедри інформатики під час підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності А4 Середня освіта (Інформатика), а також у роботі зі здобувачами суміжних предметних спеціальностей. Матеріали дослідження використовувалися насамперед у тих освітніх компонентах, де поєднуються інформатична, методична й педагогічна підготовка майбутніх учителів.

У процесі викладання навчальних дисциплін «Методика навчання інформатики в школі», «Теоретичні основи інформатики», «Практикум з програмування», «Технології STEAM-освіти», «Педагогічна кваліметрія» було враховано такі результати дисертаційного дослідження: підходи до організації комбінованого навчання із використанням системи управління навчанням Moodle; елементи чотирифазної логіки «перевернутого класу», що передбачає послідовний перехід від ознайомлення з матеріалом до активної, конструктивної та інтерактивної навчальної діяльності; способи поєднання синхронної та асинхронної взаємодії студентів і викладача; підходи до розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики; елементи мікрОВикладання та моделювання уроків інформатики, зокрема роботу студентів у ролях «учня» і «методиста»; завдання проектного характеру, спрямовані на створення або аналіз цифрових освітніх ресурсів; окремі методичні прийоми використання імерсивних технологій доповненої та віртуальної реальності.

Упровадження результатів дослідження дало змогу посилити практичну й методичну спрямованість підготовки майбутніх учителів інформатики, розширити використання електронного освітнього середовища, урізноманітнити форми самостійної роботи студентів і підвищити роль навчальних завдань, пов'язаних із майбутньою професійною діяльністю вчителя інформатики. Окрему увагу було приділено узгодженню аудиторної та дистанційної складових навчання. Такий підхід сприяв більш системному використанню цифрових інструментів не лише як допоміжних засобів, а як складників методичної підготовки майбутнього вчителя.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інформатики Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (протокол № 28 від 26 травня 2026 р.). Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають практичне значення для вдосконалення професійної підготовки майбутніх учителів інформатики та можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої педагогічної освіти.

Проректор з наукової
інноваційної і міжнародної діяльності



Світлана БЕРЕЖНА



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
**КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО**

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Полтавська обл., 39600, т./ф. (0536) 75-81-86, т.75-83-89
e-mail: office@kdu.edu.ua, www.kdu.edu.ua, ЄДРПОУ 05385631

29.06.2024 № 53-10/623

на № _____

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження

Мінтій Ірини Сергіївни

на тему «Методична система комбінованого навчання
майбутніх учителів інформатики»,

поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Цією довідкою підтверджуємо, що окремі результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики» були використані в освітньому процесі та науково-методичній роботі Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського у 2024–2026 рр.

Упровадження здійснювалося на базі кафедри освітніх, математичних наук та інформатики навчально-наукового інституту електричної інженерії та інформаційних технологій під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю А4.09 Середня освіта (Інформатика).

У процесі апробації було використано насамперед методологічні та діагностичні напрацювання дисертаційного дослідження, зокрема підходи до вивчення стану комбінованого навчання, оцінювання цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики та аналізу ефективності освітніх компонентів, що реалізуються із застосуванням електронного освітнього середовища.

У навчальній і науково-методичній роботі кафедри враховано такі результати дослідження:

- підходи до аналізу організації комбінованого навчання у підготовці майбутніх учителів інформатики;
- діагностичні анкети для вивчення цифрової компетентності здобувачів освіти та їхнього досвіду навчання в комбінованому форматі;

- критерії та рівні оцінювання цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики;
- елементи SWOT-аналізу для визначення сильних і слабких сторін організації комбінованого навчання;
- результати систематичного огляду досліджень із професійної підготовки вчителів інформатики, використані під час оновлення змісту окремих навчальних занять і науково-методичних обговорень.

Застосування зазначених матеріалів дало змогу уточнити підходи до діагностики готовності здобувачів освіти до навчання в комбінованому форматі, посилити доказовість аналізу результатів навчання та розширити використання кількісних методів у науково-дослідній роботі студентів і викладачів кафедри.

Окремі положення дисертаційного дослідження були використані під час обговорення питань удосконалення підготовки майбутніх учителів інформатики, зокрема щодо поєднання аудиторної та дистанційної роботи, використання електронних навчальних курсів, організації самостійної роботи студентів і моніторингу результатів навчання.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри освітніх, математичних наук та інформатики Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (протокол № 9 від «11» червня 2026 р.).

Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають практичне значення для вдосконалення підготовки майбутніх учителів інформатики, а запропонований у роботі діагностичний і методологічний інструментарій може бути використаний в освітньому процесі та науково-дослідній роботі закладів вищої педагогічної освіти.

Перший проректор



Володимир НИКИФОРОВ



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ДРАГОМАНОВА**

01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9

Телефон: 234-11-08

E-mail: rector@udu.edu.ua; код ЄДРПОУ 02125295

30.06.2025 № 369
На _____

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження
Мінтій Ірини Сергіївни
на тему «Методична система комбінованого навчання
майбутніх учителів інформатики»,
поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Цією довідкою підтверджуємо, що окремі результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики» були використані в освітньому процесі Українського державного університету імені Михайла Драгоманова у 2024–2026 рр.

Упровадження здійснювалося на базі кафедри інформаційних технологій і програмування під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 014.09 Середня освіта (Інформатика), а також у роботі зі здобувачами суміжних предметних спеціальностей.

Практичне значення для освітнього процесу мали насамперед підходи до оцінювання цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики. У роботі кафедри було враховано чотирикритеріальну модель діагностики, що охоплює когнітивний, операційно-діяльнісний, мотиваційно-ціннісний та рефлексивно-оцінювальний критерії. Для кожного з них передбачено чотири рівні сформованості: низький, середній, достатній і високий.

Запропоновані підходи використовувалися під час організації вхідного, поточного та підсумкового оцінювання результатів навчання здобувачів освіти. Окремі елементи діагностичного інструментарію були застосовані для аналізу рівня цифрової компетентності студентів, визначення їхніх сильних і проблемних сторін, а також для коригування змісту завдань, пов'язаних із використанням цифрових технологій у майбутній професійній діяльності вчителя інформатики.

У процесі апробації було враховано ідею поступового розвитку цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики відповідно до логіки DigCompEdu: від базового використання цифрових інструментів до їх

усвідомленого педагогічного застосування. Такий підхід дав змогу посилити не лише технологічну, а й методичну складову підготовки студентів, зокрема під час виконання практичних завдань, підготовки навчальних матеріалів, аналізу цифрових ресурсів і моделювання фрагментів уроків інформатики.

В освітньому процесі було використано елементи самооцінювання, формувального оцінювання та аналізу результатів навчальної діяльності студентів в електронному освітньому середовищі. Це сприяло більш системному відстеженню динаміки навчальних досягнень і дало змогу своєчасно виявляти труднощі, пов'язані з використанням цифрових засобів у навчальній і професійно-методичній діяльності.

Застосування зазначених матеріалів сприяло вдосконаленню підходів до оцінювання цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики, посиленню практичної спрямованості навчальних завдань та узгодженню цифрової підготовки студентів із їхньою майбутньою педагогічною діяльністю.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інформаційних технологій і програмування Українського державного університету імені Михайла Драгоманова (протокол № 21 від 17 червня 2026 року).

Завідувач кафедри
інформаційних технологій і програмування

Проректор з наукової роботи

вик. Франчук Н.П.
+380507575760



Василь ЄФИМЕНКО

Григорій ТОРБІН



Міністерство освіти і науки України
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА
(ЖДУ)

вул. В. Бердичівська, 40, м. Житомир, 10008 /факс (0412) 43-14-17
 E-mail: zu@zu.edu.ua Web: www.zu.edu.ua
 код ЄДРПОУ 02125208

№ _____

на № _____

від _____

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження
 Мінтій Ірини Сергіївни
 на тему «Методична система комбінованого навчання
 майбутніх учителів інформатики»,
 поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
 за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Упродовж 2024–2026 років викладачами кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій фізико-математичного факультету Житомирського державного університету імені Івана Франка було використано в освітньому процесі результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики». Упровадження здійснювалося під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю 014 Середня освіта, освітньо-професійною програмою «Середня освіта (Інформатика)».

Матеріали дослідження були враховані під час викладання навчальних дисциплін «Програмування», «Теоретичні основи інформатики та інформаційно-комунікаційні технології», «Шкільний курс інформатики», «Методика навчання інформатики», «Технології e-learning».

У процесі викладання зазначених дисциплін практичне значення мали підходи до організації комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики, використання електронного освітнього середовища, підтримки самостійної роботи студентів, поточного оцінювання та поєднання аудиторної роботи із завданнями для дистанційного опрацювання.

У дисципліні «Технології e-learning» було враховано положення дослідження щодо використання систем управління навчанням, електронних курсів та цифрових ресурсів. Особливу увагу приділено тому, щоб електронне середовище використовувалося не лише для розміщення матеріалів, а й для організації навчальної діяльності, контролю виконання завдань і зворотного зв'язку зі студентами.

Під час викладання дисциплін «Теоретичні основи інформатики та інформаційно-комунікаційні технології» і «Програмування» було використано



УБ
 ЖДУ ім. Івана Франка
 №963-01-09/2026 від 29.06.2026
 Бовсунівська Н. (В.о. Проректор) 29.06.2026
 11:41

окремі положення дослідження, пов'язані з послідовним формуванням інформатичної та програмувальної підготовки майбутніх учителів. Увагу було зосереджено на доборі практичних завдань, поясненні алгоритмів, аналізі типових помилок і зв'язку навчального матеріалу з майбутньою професійною діяльністю вчителя інформатики.

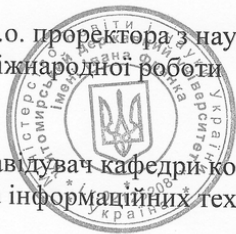
У дисциплінах «Шкільний курс інформатики» та «Методика навчання інформатики» результати дослідження були використані під час аналізу змісту шкільної інформатики, моделювання фрагментів уроків, добору цифрових засобів навчання та підготовки завдань для учнів. Окремо враховано підходи до організації навчання інформатики в очному, дистанційному та комбінованому форматах.

Використання зазначених матеріалів сприяло оновленню змісту окремих занять, урізноманітненню практичних і самостійних завдань, а також посиленню зв'язку між теоретичною, програмувальною та методичною підготовкою майбутніх учителів інформатики.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Житомирського державного університету імені Івана Франка (протокол № 21 від «10» червня 2026 р.).

Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають практичне значення для вдосконалення підготовки майбутніх учителів інформатики та можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої освіти.

В.о. проректора з наукової та
міжнародної роботи



Завідувач кафедри комп'ютерних наук
та інформаційних технологій

Наталія БОВСУНОВСЬКА

Олена УСАТА

УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ГНАТЮКА**
(ТНПУ)

вул. М.Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027,
тел. (0352) 43-58-80, факс (0352) 43-60-02
e-mail: info@tnpu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125544



UKRAINE
MINISTRY OF EDUCATION AND
SCIENCE OF UKRAINE
**TERNOPIL VOLODYMYR HNATYUK
NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY**
(TNPU)

2 M.Kryvonosa st., Ternopil, 46027, Ukraine
tel. +38 0352 43-58-80, fax: +38 0352 43-60-02
e-mail: info@tnpu.edu.ua

Від «30» 06 2026 р. № 922/17.03-33 На № від « » 20 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни
на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики»,
поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Упродовж 2024–2026 років викладачами кафедри інформатики та методики її навчання фізико-математичного факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка було використано в освітньому процесі окремі положення та результати дисертаційного дослідження Ірини Мінтій на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики».

Упровадження здійснювалося під час підготовки здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Середня освіта (Інформатика, математика, основи STEM-навчання)». Матеріали дослідження були враховані під час викладання навчальних дисциплін «Методика навчання інформатики», «Освітні технології», «Програмування». У межах упровадження основний акцент було зроблено на використанні системи Moodle як засобу організації комбінованого навчання, зокрема підхід щодо створення електронного курсу на основі типового шаблону з подальшим відновленням з резервної копії, редагуванням його структури, наповненням навчальними матеріалами, та налаштуванням журналу оцінок. Така організація дала змогу впорядкувати навчальні матеріали й інтенсифікувати роботу студентів.

Матеріали дисертаційного дослідження також використовувалися для обговорення того, як цифрові засоби можуть підтримувати роботу вчителя інформатики стосовно підготовки навчальних матеріалів, організації самостійної роботи учнів, проведення поточного контролю, надання зворотного зв'язку. У курсах «Методика навчання інформатики» та «Освітні технології» студенти добирали цифрові інструменти до конкретних навчальних ситуацій, аналізували їх можливості й обмеження, моделювали фрагменти уроків і планували використання Moodle. У вказаній системі також використовувалися практичні завдання, засоби для самооцінювання, поточного й підсумкового контролю. Під час навчання програмуванню окремі положення дослідження були використані для добору завдань, які мають не тільки фахове, а й методичне значення. Освітній контент розглядався як основа для подальшого використання в роботі вчителя інформатики, зокрема для добору прикладів, пояснення навчального матеріалу, підготовки завдань для учнів.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інформатики та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (протокол № 14 від «26» червня 2026 р.). Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають практичне значення для вдосконалення підготовки майбутніх учителів інформатики та можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої педагогічної освіти.

Проректор з наукової роботи
та міжнародного співробітництва

Завідувач кафедри інформатики
та методики її навчання



(Signature)

Ірина ЗАДОРЖНА

Оксана РОМАНИШИНА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА

вул. Шевченка, 1, м. Кропивницький, 25006, тел. (0522) 32-08-89, факс (0522) 24-85-44
 E-mail: mails@cuspu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125415

30 червня 2026 р. № 62-Н
 На № _____ Від _____

ДОВІДКА
про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження
Мінтій Ірини Сергіївни
на тему «Методична система комбінованого навчання
майбутніх учителів інформатики»,
поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Цією довідкою підтверджуємо, що окремі результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики» були використані в освітньому процесі Центральноукраїнському державному університеті імені Володимира Винниченка у 2024-2026 рр.

Упровадження здійснювалося на факультеті інформаційних технологій, математики та природничих наук на кафедрі інформаційних та цифрових технологій під час підготовки здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Інформатика та робототехніка», спеціальність А4 Середня освіта (Інформатика).

Результати дослідження були враховані під час викладання навчальних дисциплін «Методика навчання інформатики та робототехніки», «Хмарні технології», «Програмування», «Імерсивні навчальні середовища», «Практикум із розв'язування задач з інформатики».

Практичне значення мали насамперед положення дисертаційного дослідження, пов'язані з поєднанням предметної, методичної та педагогічної підготовки майбутніх учителів інформатики. У межах дисциплін програмувального циклу було враховано підходи до поступового формування в студентів алгоритмічного мислення, умінь розробляти програмні розв'язки, аналізувати структури даних і водночас осмислювати можливості їх подальшого використання у шкільному курсі інформатики. Зокрема, у навчальних завданнях акцентовано не лише на правильності програмної реалізації, а й на здатності студентів пояснити алгоритм, дібрати приклади для учнів, передбачити типові помилки та запропонувати методично доцільний спосіб подання навчального матеріалу.

У «Хмарних технологіях» було враховано підходи до організації проєктної діяльності студентів у комбінованому форматі. Завдання орієнтувалися на створення, аналіз або вдосконалення цифрових ресурсів, програмних продуктів і навчальних матеріалів, які можуть бути використані в майбутній професійній діяльності вчителя інформатики.

Під час викладання дисципліни «Методика навчання інформатики та робототехніки» було використано положення дослідження щодо організації синхронної та асинхронної взаємодії в умовах комбінованого навчання. Особливу увагу приділено формуванню в майбутніх учителів умінь налагоджувати конструктивну комунікацію зі здобувачами освіти, організовувати зворотний зв'язок, підтримувати навчальну мотивацію та створювати умови для активної участі студентів у спільній діяльності.

Використання зазначених матеріалів сприяло посиленню практичної спрямованості підготовки майбутніх учителів інформатики, узгодженню фахових і методичних компонентів освітнього процесу.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інформаційних та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка (протокол № 14 від 04 червня 2026 року).

Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають практичне значення для вдосконалення підготовки майбутніх учителів інформатики. Окремі положення розробленої методичної системи можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої освіти, що здійснюють підготовку фахівців за спеціальністю А4 Середня освіта (Інформатика).

Проректор з наукової роботи



Марія ФОКА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 імені Михайла Коцюбинського

вул. Острозького, 32, м. Вінниця, 21001, Україна, тел. (0432) 616-620, факс (0432) 612-812, E-mail: info@vspu.edu.ua код ЄДРПОУ 02125094

29.06.2026р. № 06/54

на №

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження
 Мінтій Ірини Сергіївни
 на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики»,
 поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
 за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Упродовж 2024–2026 років викладачами кафедри математики та інформатики Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського впроваджено в освітній процес результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики». Упровадження здійснювалося під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю А4.09 Середня освіта (Інформатика). Результати дослідження були враховані під час викладання навчальних дисциплін «Комп'ютерно орієнтовані технології навчання інформатики та математики», «Методика навчання інформатики», «Програмування (Основи офісного програмування)», «Програмування (Основи структурного та об'єктно-орієнтованого програмування)», «Програмування (Основи веб-програмування)», «Програмування (Основи робототехніки та креативне програмування)».

У дисциплінах програмувального циклу було враховано підхід до послідовного формування програмувальних умінь студентів: від офісного й прикладного програмування до структурного та об'єктно-орієнтованого програмування, веб-програмування, робототехніки й креативного програмування. Це дало змогу посилити зв'язок між фаховою підготовкою студентів і їхньою майбутньою роботою вчителя інформатики.

Окремі положення методичної системи були використані під час добору практичних завдань із програмування. Увагу було зосереджено не лише на написанні програмного коду, а й на вмінні студентів пояснювати алгоритм, добирати навчальні приклади, передбачати типові помилки учнів і пропонувати зрозумілий спосіб подання матеріалу.

Під час викладання дисципліни «Комп'ютерно орієнтовані технології навчання інформатики та математики» було використано підходи до організації роботи студентів в електронному освітньому середовищі, підготовки цифрових навчальних матеріалів, поточного оцінювання та зворотного зв'язку. Це сприяло формуванню в майбутніх учителів умінь добирати цифрові інструменти відповідно до навчальної мети та умов конкретного заняття.

У дисципліні «Методика навчання інформатики» результати дослідження були використані під час моделювання фрагментів уроків, аналізу навчальних ситуацій, підготовки завдань для учнів і обговорення способів використання цифрових технологій у шкільному курсі інформатики.

Використання зазначених матеріалів сприяло посиленню практичної спрямованості підготовки здобувачів освіти, кращому узгодженню програмувальної, технологічної та методичної складових навчання, а також формуванню готовності майбутніх учителів інформатики до роботи в умовах очного, дистанційного та комбінованого навчання.

Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають практичне значення для вдосконалення професійної підготовки майбутніх учителів інформатики та можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої педагогічної освіти.

Проректор з наукової роботи



Алла КОЛОМІЄЦЬ

Євген ГРОМОВ (0432) 61-80-72



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МЕЛІТОПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

Юридична адреса: вул. Гетьманська, 20, м. Мелітополь, Запорізька область, Україна, 72312,
Фактична адреса: вул. Наукового містечка, 59, м. Запоріжжя, Запорізька область, Україна, 69000,
тел. (061) 286-23-60, (096) 21-61-372 E-mail: rectorat@mdpu.org.ua, www.mdpu.org.ua,
код ЄДРПОУ 02125237

01 Лип 2026

№

01-15/1249

На №

ДОВІДКА

про апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження

Мінтій Ірини Сергіївни

на тему «Методична система комбінованого навчання

майбутніх учителів інформатики»,

поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Упродовж 2024–2026 років викладачами кафедри інформатики і кібернетики факультету інформатики, математики та економіки Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького було використано в освітньому процесі результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики». Упровадження здійснювалося під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю А4.09/014.09 Середня освіта (Інформатика).

Матеріали дослідження були враховані під час викладання навчальних дисциплін «Цифрові медіатехнології», «Основи алгоритмізації», «Програмування (з навчальною практикою)», «Основи комп'ютерного оцінювання навчальних досягнень», «Методика викладання інформатики (з курсовою роботою)».

У процесі викладання навчальних дисциплін «Цифрові медіатехнології», «Основи алгоритмізації», «Програмування (з навчальною практикою)», «Основи комп'ютерного оцінювання навчальних досягнень», «Методика викладання інформатики (з курсовою роботою)» було враховано підходи, запропоновані в дисертаційному дослідженні, до організації комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики. Зокрема, викладачі використовували ідеї щодо поєднання аудиторної роботи із завданнями для самостійного опрацювання, використання електронних навчальних курсів, організації завдань для самостійної роботи,

поточного оцінювання та зворотного зв'язку в електронному освітньому середовищі.

У дисципліні «Цифрові медіатехнології» практичне значення мали положення дослідження, пов'язані з добором цифрових ресурсів, хмарних сервісів і мобільних застосунків для навчання інформатики. Студенти працювали з електронними матеріалами, аналізували можливості цифрових інструментів для організації навчання, готували власні навчальні ресурси та обговорювали доцільність їх використання в очному, дистанційному й комбінованому форматах.

Окремі результати дисертаційного дослідження були використані під час викладання дисципліни «Основи комп'ютерного оцінювання навчальних досягнень». Зокрема, було враховано підходи до тестування, формувального оцінювання, самооцінювання та аналізу результатів навчальної діяльності студентів. Це дало змогу розглядати цифрові інструменти оцінювання не лише як засіб контролю, а і як складник підтримки навчання та своєчасного виявлення труднощів здобувачів освіти.

Під час вивчення «Основ алгоритмізації» та «Програмування (з навчальною практикою)» окремі положення дослідження були використані для добору практичних завдань і поступового формування алгоритмічних та програмувальних умінь студентів. Увагу було приділено не тільки виконанню програмних завдань, а й умінню пояснювати алгоритми, добирати навчальні приклади та пов'язувати програмування зі змістом шкільного курсу інформатики.

У дисципліні «Методика викладання інформатики (з курсовою роботою)» матеріали дослідження використовувалися під час моделювання фрагментів уроків, добору цифрових засобів, підготовки навчальних завдань і обговорення способів організації комбінованого навчання інформатики в закладах загальної середньої освіти. Упровадження зазначених положень сприяло оновленню змісту окремих занять, урізноманітненню практичних і самостійних завдань, а також посиленню зв'язку між цифровою, програмувальною та методичною підготовкою майбутніх учителів інформатики.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інформатики і кібернетики Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (протокол № 15 від «19» червня 2026 р.).

Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають практичне значення для підготовки майбутніх учителів інформатики та можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої освіти, що здійснюють підготовку за спеціальністю А4.09/014.09 Середня освіта (Інформатика).



Наталя ФАЛЬКО



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

**ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ імені БОГДАНА
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО**

бульвар Шевченка, 81, м. Черкаси, 18031
тел./факс: (0472) 354463, 372142
e-mail: cic@cdu.edu.ua

UKRAINE
MINISTRY OF EDUCATION AND
SCIENCE OF UKRAINE

**BONDAN KHMELNYTSKY NATIONAL
UNIVERSITY of CHERKASY**

81, Shevchenko blvd., Cherkasy, Ukraine, 18031
Phone/Fax: +380(472)354463, 372142
e-mail: cic@cdu.edu.ua

08.07.2026 № 168/04

на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної праці

Мінтій Ірини Сергіївни

на тему «Методична система комбінованого навчання
майбутніх учителів інформатики»,

поданого на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук
за спеціальністю 13.00.10 – Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

Упродовж 2024–2026 років у Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького в освітньому процесі використовувались окремі результати дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни на тему «Методична система комбінованого навчання майбутніх учителів інформатики». Упровадження здійснювалося в Навчально-науковому інституті інформаційних та освітніх технологій, на кафедрі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій під час підготовки здобувачів вищої освіти за спеціальністю А4.09 Середня освіта (Інформатика).

Матеріали дослідження були враховані під час розроблення навчально-методичного забезпечення та викладання навчальних дисциплін «Цифрові технології в освітньому процесі», «Методика навчання інформатики», «Інформатика», «Програмування на Python», «Педагогіка, педагогічна майстерність та інклюзивне навчання», «Візуальне програмування», «Методологія педагогічних досліджень».

Практичне значення мали положення дисертаційного дослідження, пов'язані з інтеграцією інформатичної, педагогічної та методичної підготовки майбутніх учителів інформатики. Під час викладання використовувалися приклади, пов'язані з майбутньою професійною діяльністю вчителя інформатики: організацією роботи учнів за комп'ютером, поясненням алгоритмів, добором цифрових ресурсів, підтримкою учнів з різними освітніми потребами, створенням безпечного й продуктивного цифрового середовища. Це дало змогу розглядати педагогічні поняття не абстрактно, а через ситуації, з якими майбутній учитель інформатики реально стикається у школі.

Водночас в інформатичних дисциплінах було враховано методичний складник підготовки. Зокрема, під час вивчення дисциплін «Інформатика», «Програмування на Python» і «Візуальне програмування» студенти виконували не лише програмувальні або технічні завдання, а й аналізували, як відповідний матеріал може бути пояснений учням, які приклади варто дібрати для шкільного курсу інформатики, які труднощі можуть виникати під час навчання та як їх попередити. Такий підхід сприяв посиленню зв'язку між фаховою підготовкою з інформатики і майбутньою методичною діяльністю студентів.

У дисципліні «Методика навчання інформатики» результати дослідження були використані під час моделювання фрагментів уроків, добору цифрових засобів навчання,

підготовки завдань для учнів та обговорення способів організації навчання інформатики в очному, дистанційному й комбінованому форматах. Особливу увагу приділено тому, щоб цифрові технології використовувалися не формально, а відповідно до навчальної мети, змісту теми й можливостей учнів.

У курсі «Цифрові технології в освітньому процесі» було враховано підходи дисертаційного дослідження до використання цифрових інструментів у діяльності майбутнього вчителя. Студенти розглядали цифрові технології як засоби підготовки цифрових навчальних матеріалів, організації комунікації з учнями, підтримки самостійної роботи, проведення оцінювання, надання зворотного зв'язку та супроводу навчання в комбінованому форматі.

Окремо було використано підходи до розгортання електронних навчальних курсів у Moodle на основі типового курсу-шаблону. З урахуванням положень дисертаційного дослідження навчальні матеріали, практичні завдання, тести, критерії оцінювання, елементи зворотного зв'язку та ресурси для самостійної роботи впорядковувалися в єдиній структурі електронного курсу. Такий підхід сприяв більш послідовній організації роботи студентів і полегшував поєднання аудиторної та дистанційної складових навчання.

У процесі апробації було враховано також підходи до оцінювання цифрової компетентності майбутніх учителів інформатики. Зокрема, використовувалися елементи оцінювання за логікою DigCompEdu: практичні завдання, тести, самооцінювання, поточний контроль і аналіз результатів навчальної діяльності студентів. Це дало змогу розглядати цифрову компетентність не лише як уміння користуватися окремими інструментами, а як здатність педагогічно доцільно застосовувати цифрові технології у професійній діяльності вчителя.

Під час розроблення навчально-методичного забезпечення дисципліни «Методологія педагогічних досліджень» і проведення науково-дослідницької практики окремі положення дисертації були використані для ознайомлення студентів із прикладами організації педагогічного експерименту, добору діагностичних інструментів, аналізу результатів навчання та інтерпретації даних, отриманих в електронному освітньому середовищі.

Упровадження зазначених матеріалів сприяло оновленню змісту окремих занять, посиленню практичної спрямованості підготовки здобувачів освіти та кращому узгодженню педагогічних, інформатичних і методичних складових професійної підготовки майбутніх учителів інформатики.

Результати апробації та впровадження положень дисертаційного дослідження Мінтій Ірини Сергіївни розглянуто та схвалено на засіданні кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

(протокол № 11 від «12» червня 2026 р.).

Вважаємо, що результати дисертаційного дослідження Мінтій І. С. мають вагоме практичне значення для вдосконалення професійної підготовки майбутніх учителів інформатики та можуть бути використані в освітньому процесі закладів вищої педагогічної освіти.

Проректор з наукової, інноваційної
та міжнародної діяльності



Олександр СПРЯГАЙЛО