

УДК 37.031.4

Луценко Галина Василівна

доктор педагогічних наук, доцент

професорка кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, Україна

ORCID ID 0000-0002-9727-7836

LutsenkoG@gmail.com

УПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛІ ІНТЕГРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ PICRAT ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ

Анотація. У статті розглянуто роль та місце цифрової компетентності педагогічних працівників, актуальні вимоги до неї та особливості її формування в умовах інтенсивного розвитку цифрових технологій. Розглянуто актуальні підходи до визначення змісту й структури цифрової компетентності педагогічних працівників та врахування педагогічних аспектів цифровізації освітньої діяльності. Актуалізовано важливість пошуку й апробації моделей і практичних інструментів формування у студентів спеціальності 014 Середня освіта (Інформатика) навичок свідомої й дидактично виваженої інтеграції цифрових технологій та інструментів у освітній процес, з метою створення стимулюючого освітнього середовища. У роботі проаналізовано низку теоретичних моделей інтеграції цифрових технологій в освітній процес (TPACK, SAMR, TIM, PICRAT), схарактеризовано їх ключові характеристики й особливості використання у практиці підготовки майбутніх учителів. Детально описано структуру моделі інтеграції цифрових технологій в освітній процес PICRAT, визначено переваги її використання в практиці педагогічної діяльності. Модель PICRAT враховує вплив цифрових технологій на освітній процес у термінах заміни, підсилення і трансформації та визначає рівні залученості учнів при використанні цифрових технологій – пасивний, інтерактивний та креативний. Запропоновано підхід до впровадження моделі інтеграції цифрових технологій PICRAT у систему підготовки студентів спеціальності 014 Середня освіта (Інформатика), що складається з цільового, змістового, процесуального та результативного компонентів. Детально розкрито зміст кожного з компонентів, наведено приклади підбору цифрових інструментів та педагогічних практик для кожного з рівнів моделі PICRAT. Надведено приклади застосування моделі PICRAT для окремих цифрових інструментів та вибраних питань інформатики.

Ключові слова: цифровізація освіти; модель PICRAT; майбутні учителі інформатики.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Освітня діяльність невідривно пов'язана із суспільними реаліями і науково-технічними досягненнями сучасності, адже сфера освіти водночас і перебуває під впливом соціальних і технологічних змін, що переживає людство, і є їх активним рушієм. Нині інтенсивність соціальних і технологічних процесів є настільки високою, що сучасні заклади освіти фактично готують випускників до зайнятості в професіях чи навіть галузях, які лише зароджуються. Окреслена ситуація підкреслює важливість адаптації системи освіти до постійних змін, зокрема в умовах цифрової трансформації суспільства. Однак вона ж формує серйозні виклики як для практикуючих педагогів на різних етапах професійної кар'єри, так і для системи підготовки майбутніх освітян у цілому, адже нині всі педагогічні працівники, незалежно від спеціальності, мають на високому рівні володіти навичками використання цифрових технологій і засобів у освітньому процесі.

Зазначимо, що стрімкий перехід закладів освіти до дистанційного та змішаного навчання, зумовлений COVID-19, послугував певним каталізатором для розширення обізнаності педагогів про високотехнологічне навчання й цифровий освітній простір.

Водночас технологічні й педагогічні труднощі, з якими зустрілися педагоги протягом останніх років, підтверджують потребу в напрацюванні системних підходів до модернізації цифрової підготовки майбутніх учителів.

Значимим кроком у визнанні ролі цифровізації в освітній сфері стала розробка в 2021 році проекту «Концептуально-референтної Рамки цифрової компетентності педагогічних й науково-педагогічних працівників», що містить опис очікуваних цифрових навичок освітян [1]. Як визначено Рамкою, педагогічні й науково-педагогічні працівники, мають усвідомлювати процеси цифрової трансформації, знати як цифрові технології можуть підтримувати професійну діяльність, усвідомлювати можливості, ризики й наслідки використання цифрових технологій, уміти працювати з цифровими освітніми ресурсами тощо.

Запропонований Рамкою підхід має прогностично-моделюючу природу, окреслюючи очікувані якості педагогічних працівників, відповідно до структури Рамки. Водночас завданням дослідників у сфері цифровізації освіти залишається пошук оптимальних траєкторій формування цифрової компетентності майбутніх педагогів, зокрема в частині свідомого й дидактично виваженого використання цифрових технологій. За таких умов застосування цифрових інструментів не може здійснюватися у відриві від сучасних педагогічних технологій, зокрема підтримки співпраці та комунікації здобувачів освіти, індивідуалізації навчання, розвитку креативності, проектного та критичного мислення. Відповідно актуальними є питання пошуку й апробації моделей та практичних інструментів, що сприятимуть формуванню у майбутніх учителів інформатики навичок усвідомленої й відповідальної інтеграції цифрових технологій і засобів у освітній процес та сприятимуть залученню учнів до активного навчання.

Мета дослідження – розробка практичного підходу до впровадження моделі інтеграції цифрових технологій PICRAT при підготовці студентів спеціальності 014 Середня освіта (Інформатика) для формування навичок свідомого й дидактично виваженого використання освітніх цифрових технологій та інструментів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення питань удосконалення цифрової компетентності освітян не може існувати у відриві від розуміння того, що цифровізація є важливою складовою економічного, освітнього й культурного розвитку більшості країн, а цифрова компетентність – ключовою в часи четвертої промислової революції [1]. У 2020 році характеристики навчання в умовах Індустрії 4.0 стали предметом обговорення під час заходів Всесвітнього економічного форуму [2]. Учасники глобальної ініціативи визначили низку якостей, на забезпечення яких мають орієнтуватися національні системи освіти. Перелік якостей містить, зокрема інноваційність (розв’язання комплексних проблем, аналітичне мислення, креативність, системне мислення), власне технологічні навички (програмування, цифрова відповідальність), навички міжособистісного спілкування. Важливою є здатність системи освіти орієнтуватися на індивідуальні потреби кожного учня і забезпечувати гнучкість освітнього процесу, щоб кожен здобувач освіти міг прогресувати у власному темпі, доступне та інклюзивне навчання, зокрема з використанням цифрових технологій, а також упровадження проблемно-орієнтованого навчання (перехід від процесів до проєктів і проблем, створення контенту, що вимагає спільної роботи й відтворює умови майбутньої професійної діяльності). Наголосимо, що повноцінне забезпечення наведених вимог можливе лише за умови високого рівня сформованості цифрової компетентності педагогів.

Загальноєвропейські підходи до розвитку цифрової компетентності освітян ґрунтуються на Рамці цифрової компетентності для громадян ЄС «The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use» (у

2022 р. була опубліковано версія DigComp 2.2) та Рамці для освітян ЄС «The Digital Competence Framework for Educators» (DigCompEdu) і забезпечують не лише виконання педагогами професійних завдань, а й їх готовність відповідати сучасним соціальним та технологічним викликам [3, 4, 5]. Ці підходи, а також адаптовану Рамку цифрової компетентності для громадян України (DigComp UA), й було взято за основу вітчизняної Рамки цифрової компетентності педагогічних працівників.

Відповідно до «Концептуально-референтної Рамки цифрової компетентності педагогічних й науково-педагогічних працівників», цифрова компетентність педагогічного й науково-педагогічного працівника є складним динамічним цілісним інтегративним утворенням особистості, що є його багаторівневою професійно-особистісною характеристикою в сфері цифрових технологій і досвіду їх використання. Педагогічні й науково-педагогічні працівники мають знати як цифрові технології можуть підтримувати професійну комунікацію, співпрацю, творчість та інноваційність, сприяють формуванню в учнів/студентів компетентності розв'язання проблем в цифровому середовищі, що безпосередньо співвідноситься з вимогами до навчання в умовах Індустрії 4.0 [1].

У 2020 році інформаційно-цифрову компетентність було внесено до переліку професійних компетентностей у професійному стандарті за професіями «Вчитель початкових класів закладу загальної середньої освіти», «Вчитель закладу загальної середньої освіти», «Вчитель з початкової освіти (з дипломом молодшого спеціаліста)» [6]. Відповідно до Стандарту, складниками інформаційно-цифрової компетентності вчителя є: здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук і критично оцінювати інформацію, оперувати нею у професійній діяльності; здатність ефективно використовувати наявні та створювати (за потреби) нові цифрові освітні ресурси; здатність використовувати цифрові технології в освітньому процесі.

Упровадження Стандарту вчителя й обговорення проєкту «Концептуально-референтної Рамки цифрової компетентності педагогічних й науково-педагогічних працівників» сприяють уніфікації вимог до підготовки майбутніх учителів, однак, на думку дослідників, прогностично-моделюючий підхід, у межах якого й відбувається побудова моделей цифрової компетентності, має поєднуватися з особистісно-контекстним, що враховуватиме специфіку професійної діяльності педагогів на різних освітніх рівнях, постійний розвиток дидактичних і технологічних можливостей [7, 8].

Протягом останніх років для більшості досліджень цифровій компетентності педагогів властивим є відхід від утилітарно-технологічного підходу щодо використання цифрових інструментів у освітній практиці [9]. Дослідники, ґрунтуючись на педагогічно-дидактичних судженнях та усвідомлюючи наслідки педагогічної практики і цифрової підготовки учнів/студентів, наголошують на необхідності урахування педагогічних аспектів цифровізації, стверджуючи, що цифрова компетентність учителя/викладача передбачає здатність використовувати цифрові технології в професійному контексті [10, 11].

Важливі напрацювання щодо проблематики й практичних аспектів використання цифрових технологій в освітньому процесі були здійснені В. Биковим, М. Кадемією, Н. Морзе, О. Овчарук, О. Співаковським, С. Сисоєвою, О. Спіріним та іншими вітчизняними дослідниками. Дослідження, здійснені в межах проєкту MoPED, демонструють існування певного розриву між практикуючими викладачами й учителями та студентами педагогічних спеціальностей щодо зацікавленості в опануванні цифровими інструментами різного призначення [12, р. 64]. Як показують проведені опитування, для всіх типів цифрових інструментів загальний відсоток зацікавлених у їх опануванні студентів є відчутно (на 10-15%) вищим, ніж працюючих учителів/викладачів. Найбільшу зацікавленість в учителів/викладачів викликають

інструменти для роботи з електронними документами й найменшу – застосунки для дослідження, пошуку, спільного письма та наукової комунікації. Така тенденція суперечить сучасним освітнім трендам і дослідженням, відповідно до яких активне залучення студентів до спілкування, співпраці, командних проєктів, є фактором, що позитивно впливає на їх мотивацію та успішність [13].

Як показують вітчизняні дослідження, низький рівень впровадження цифрових технологій викладачі пояснюють недостатнім рівнем інформатичних знань і навичок, необхідних для роботи з ними [14, 7]. Це демонструє орієнтацію педагогів радше опанування функціоналу окремих цифрових інструментів, ніж на вивчення педагогічних закономірностей, ідей, підходів і моделей цифрової системи освіти. Водночас, як наголошують дослідники, вирішальним при використанні цифрових технологій є саме спрямованість діяльності вчителя на створення стимулюючого освітнього середовища, що буде сприяти пізнавальній активності учнів [15]. Для цього учитель має поєднувати знання про особливості педагогічної реальності, концептуальні положення цифрової педагогіки, зокрема форми, методи, засоби і технології навчання в цифровому просторі [16, 17].

У контексті підготовки майбутніх учителів рішенням вбачається формування навичок використання моделей інтеграції цифрових технологій в освітній процес, що дозволяють підвищити ефективність освітнього процесу та впроваджувати інноваційні освітні тренди.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інтеграція цифрових застосунків у освітній процес має досить тривалу історію. На початкових етапах цифрові інструменти використовувалися переважно для підвищення наочності сприйняття матеріалу, а їх упровадження мало радше хаотичний характер. У сучасних умовах застосування цифрових інструментів трактується як комплексний педагогічно-технологічний підхід, що повною мірою використовує можливості цифровізації. Дослідження використання цифрових технологій у освітній діяльності привели до побудови низки теоретичних моделей інтеграції освітніх цифрових засобів, що допомагають освітянам організувати й узагальнити кращі освітні практики.

До найпоширеніших моделей інтеграції освітніх цифрових технологій належать Teaching, Pedagogy, and Content Knowledge (TPACK, 2006), Substitution – Augmentation – Identification – Redefinition (SAMR, 2003), Technology Integration Planning (TIP, 2013), Technology Acceptance Model (TAM, 2003), Replacement – Amplification – Transformation (RAT, 2006), PICRAT (2020) та ін. [12, 18, 19, 20, 21, 22]. Схарактеризуємо кожен з моделей:

– TPACK є теоретично спрямованою моделлю, що зосереджується на описі складної взаємодії трьох компонентів знань і відповідних компетентностей педагогів. У моделі виділено педагогічні, технологічні та предметні знання, описано можливості їх інтеграції і визначені компетентності, що знаходяться на перетині трьох основних категорій знань.

– SAMR фокусується на описі того, у який спосіб цифрові технології можуть використовуватися для удосконалення освітнього процесу. Аббревіатура SAMR у назві моделі розшифровується як Заміщення, Накопичення, Модифікація і Перевизначення. Перераховані чотири складники відображають чотири рівні складності використання цифрових технологій, причому Заміщення й Накопичення пов'язуються з удосконаленням освітнього процесу, а Модифікація та Перетворення – зі значною його трансформацією.

– ТІМ вводить поняття конструктивного освітнього середовища, характеристиками якого є: активність, орієнтованість на взаємодію та співпрацю, конструктивність, автентичність, спрямованість на досягнення цілі. Використання цифрових технологій оцінюється з точки зору їх застосування для підтримки наведених вище характеристик освітнього середовища.

– RАТ, подібно до моделі SAMR, допомагає викладачам оцінити як використання цифрових технологій впливає на освітній процес (у термінах заміщення, підсилення та трансформації).

Спільною рисою більшості моделей інтеграції є виділення рівнів, що описують спосіб використання цифрових інструментів в освітній практиці – від простого заміщення традиційних засобів навчання (наприклад, як згадувалося вище, для підвищення наочності сприйняття матеріалу) до цілком оригінальних і таких, що не використовувалися раніше (поєднанням можливостей декількох застосунків, віддалений доступ до установок, онлайн-симуляції тощо).

Як зазначає Р. Кіммонс [18], кожна з моделей має переваги та недоліки в контексті їх використання у системі підготовки майбутніх учителів і водночас наголошує на необхідності не тільки структурувати дії викладача/учителя, пов'язані з використанням цифрових засобів, а й враховувати потенційну реакцію студентів/учнів і міру їх залученості. Саме такий підхід сприятиме якісним змінам того як учні сприймають, засвоюють і використовують цифрові технології. Однак, розглянуті теоретичні моделі концентруються переважно на аналізі практики діяльності викладача.

З урахуванням викладеного вище, важливим кроком у розбудові моделей інтеграції цифрових застосунків стала модель PICRAT, запропонована Р. Кіммонсом, Ч. Грехемом та Р. Вестом [18]. Як зазначають автори, PICRAT — це модель, з одного боку, орієнтована на здобувачів освіти, а з іншого – на педагогічні підходи, що дозволяє освітянам зробити оптимальний вибір цифрових інструментів для практичних завдань, обговорення, створення учнями власного контенту, комунікації, оцінювання тощо. У частині опису рівнів впливу цифрових технологій на практику освітньої діяльності (складова RАТ), модель PICRAT близька до моделей SAMR і ТІМ [20, 23]. Водночас опис ролей учнів (складова RАТ) є оригінальним і важливим розширенням.

Розглянемо детальніше структуру моделі PICRAT, наведену на рис. 1.

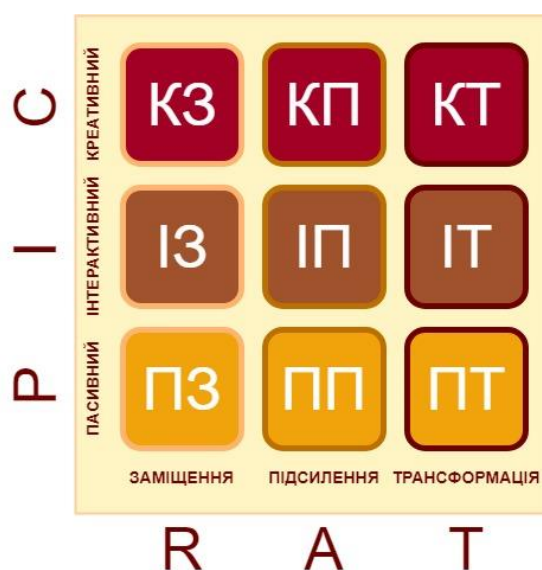


Рис. 1. Структура моделі PICRAT [18]

Вертикальна складова *Passive – Interactive – Creative* (Пасивний – Інтерактивний – Креативний) описує ролі учнів, при застосуванні цифрових технологій у освітньому процесі [24, 25].

Початковий рівень, так званий, пасивний, передбачає ознайомлення з цифровим контентом без активного залучення учня до виконання завдань (наприклад, перегляд відео YouTube, ознайомлення з презентацією чи електронним конспектом). На наступному, інтерактивному рівні робота з цифровими засобами передбачає взаємодію між учнями й педагогом. Наприклад, учні можуть залишати коментарі до цифрового контенту, проходити тести, переглядати інтерактивні відео, плакати, інфографіки тощо чи взаємодіяти з іншими учнями та/або вчителем, працюючи з онлайн-дошками. На креативному рівні відбувається залучення учнів до активної творчої діяльності, що може реалізовуватися індивідуально, групами або в командах. Учні можуть працювати над створенням оригінального цифрового контенту (відеоінструкцій, інтерактивних плакатів, озвучених презентацій, карт, хронологій, комп'ютерних програм тощо).

Горизонтальна складова *Replacement – Amplification – Transformation* (Заміна – Підсилення – Перетворення), описує три можливі рівні впливу цифрових технологій на практику освітньої діяльності.

На рівні Заміщення цифрові засоби використовуються як заміна традиційних носіїв інформації та видів роботи учнів. Прикладами є поширення текстів лекцій у цифровому форматі, запис відеолекцій, підготовка скрінкастів і їх розміщення на платформах LMS (Google Classroom, Moodle, Canvas та ін.), використання відеозв'язку Zoom або Google Meet як альтернативи або доповнення до традиційних занять тощо.

Слід наголосити, що такий підхід є корисним незалежно від обраної форми освітнього процесу – аудиторної, дистанційної чи змішаної. Окрім того, навчальні матеріали, підготовлені з використанням допоміжних (асистивних) технологій, сприяють забезпеченню інклюзивності освітнього процесу. До спеціальних вимог належить, наприклад, супровід відео субтитрами чи спеціально підготовленими нотатками, які учень зможе прочитати, навіть якщо якість інтернет-зв'язку не дозволяє переглянути відео.

На рівні Підсилення технології використовуються для підвищення ефективності й продуктивності традиційних освітніх практик. Зазначимо, що на думку авторів моделі, використання цифрових засобів на рівні підсилення не змінює докорінно дидактичні підходи, які використовує вчитель.

На цьому рівні можуть використовуватися різноманітні хмарні сервіси та режими спільного використання цифрових ресурсів (наприклад, Google Docs, Google Jamboard, Coggle, Miro, Padlet, Canva тощо), де учням надається можливість спільно виконувати завдання, залишати коментарі, структурувати матеріал тощо. Можливо також використовувати інтерактивні відео створені, наприклад, з використанням EdPuzzle, PlayPosit, WeVideo. Переглядаючи ці відео, учні мають відповідати на вбудовані запитання. Зважаючи, що ці сервіси інтегруються з Google Classroom, у класі автоматично відобразиться інформація про виконання завдання й результати оцінювання для кожного зі учнів. Ще одним прикладом Підсилення є використання сервісів миттєвих опитувань (наприклад, Mentimeter, Slido, Answergarden тощо) для організації якісного зворотного зв'язку з аудиторією. Учитель може проводити опитування на початку заняття, перевіряти розуміння ключових понять під час викладу матеріалу, акумулювати відгуки й запитання учнів тощо.

Найвищим рівнем моделі PICRAT є Заміщення, коли учитель істотно змінює підходи до використання цифрового засобу, наприклад, інтегруючи декілька сервісів. Прикладом можуть бути виступи або інтерв'ю запрошених доповідачів з інших закладів освіти, організовані з використанням відеоконференцій, організація

віртуальних екскурсій, інтеграція мікропроцесорних вимірювальних систем й застосунків обробки даних, віртуальні вимірювальні лабораторії, створення студентами власних репортажів, сайтів тощо.

Як наголошують автори, частина моделі PIC, що описує рівні залученості учня під час використання цифрових технологій, узгоджується з таксономією освітніх цілей Блума-Андерсона (рис. 2). Мова йде про поступовість розвитку когнітивних навичок від низькорівневих (запам'ятовування, розуміння, застосування) до високорівневих (аналізування, оцінювання, створення) [18, 25]. Інтерактивна діяльність допомагає формуванню навичок аналізу і застосування знань на практиці, а творча діяльність буде сприяти досягненню цілей вищого рівня – оцінювання та синтезу.



Рис. 2. Узгодження моделі PICRAT та таксономії Блума-Андерсона [25]

Саме орієнтуючись на програмні результати навчання, викладач може оцінити якому рівню буде відповідати використання тієї чи іншої технології. Для цього розробники моделі пропонують систему запитань, блок-схема якої наведена на рис. 3.

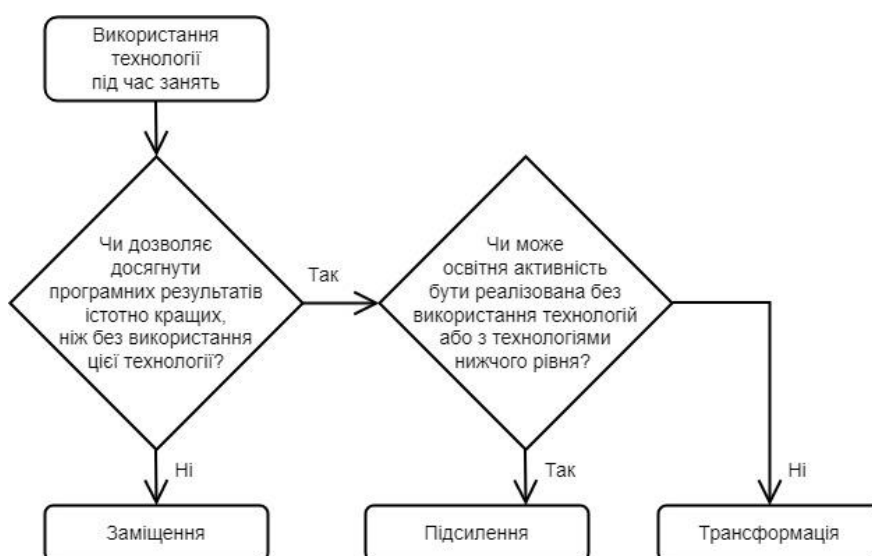


Рис. 3. Оцінювання рівня використання технологій [18]

Запропонована схема запитань спрощує застосування моделі PICRAT на практиці. Попри те, що моделі SAMR і TIM теж використовують ідею рівнів впливу цифрових технологій, вони не пропонують способу їх розрізнення, придатного для використання в освітній практиці. Завдяки простоті й зрозумілості, наведену схему можуть використовувати педагоги усіх освітніх рівнів та спеціальностей, адаптуючи нові цифрові технології та інструменти. Її також можна використовувати як елемент аналізу, оцінювання чи самооцінювання освітніх практик.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ефективне формування у майбутніх учителів інформатики навичок дидактично виваженого та свідомого використання цифрових технологій у освітньому процесі, передбачає інтеграцію педагогічних, предметно-методичних і цифрових понять, теорій, ідей та інструментарію. Відповідно, запропонований нами практичний підхід до впровадження моделі інтеграції цифрових технологій PICRAT при підготовці майбутніх учителів інформатики, може бути описаний за допомогою моделі (рис. 4), що складається з цільового, змістового, процесуального і результативного блоків.



Рис. 4. Модель формування навичок використання PICRAT

Змістовий блок передбачає вивчення традиційних та інноваційних педагогічних методів і технологій навчання, зокрема характеристик пасивного, інтерактивного й активного навчання чи актуалізацію педагогічних знань, що стосуються їх. Майбутні учителі мають розуміти як змінюються ролі учнів і педагога при використанні кожного з методів [26]. Також, студенти мають володіти таксономією Блума-Андерсона, що допоможе їм коректно ідентифікувати освітні цілі для кожного із завдань, добирати відповідні технології й методику оцінювання навчальних досягнень учнів. Окрім того, потребують уваги сучасні освітні тренди, зокрема, організація комунікації та співпраці учнів при виконанні навчальних завдань, проектно та проблемно орієнтоване навчання, дослідницько-пізнавальне навчання, мікронавчання, гейміфікація, технологія «перевернутого навчання», сторітелінг тощо [12].

На рис. 5 наведено приклад виконання студентами завдання з добору матеріалів що описують ключові освітні тренди. Завдання реалізовувалося групами студентів, з використанням дошки Padlet.

До методичних знань належить ознайомлення з цілями навчання інформатики в школі, змістом дисципліни, закономірностями процесу навчання інформатики на різних вікових ступенях, методами, формами й засобами навчання інформатики.

Останнім складником змістового блоку є знання, розуміння та навички використання фактів, теорій, принципів і методів дисциплін предметної галузі «Інформатика» і цифрових технологій (інформація та дії з нею, комп'ютерна техніка, графіка, алгоритми та програми та ін.).

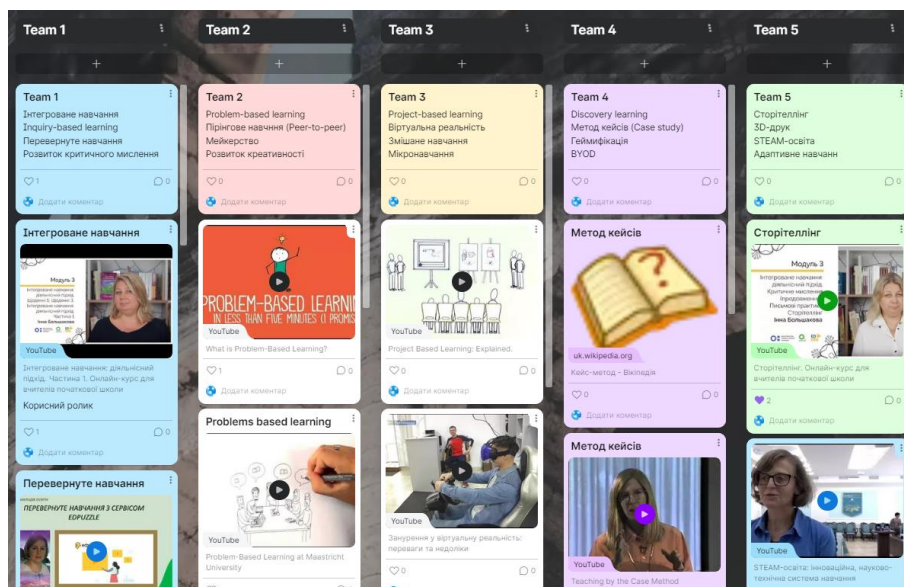


Рис. 5. Приклад виконання завдання в Padlet

Процесуальний блок відображає форми, методи й технології формування у майбутніх учителів інформатики навичок застосування моделі PICRAT. Ураховуючи, що освітні програми спеціальності 014 Середня освіта (Інформатика) є різними для кожного ЗВО, ми зосередимося на узагальненому описі можливих траєкторій інтеграції моделі PICRAT у підготовку майбутніх учителів інформатики. Загалом, розгляд моделей інтеграції цифрових технологій в освітній процес доцільно розпочинати в курсі, присвяченому використанню цифрових технологій у навчанні, по завершенню вивчення курсу педагогіки та, хоча б частково, курсу методики навчання інформатики.

При виборі форм, методів і засобів навчання потрібно керуватися практичним застосуванням моделі PICRAT і створенням оригінальних цифрових освітніх ресурсів. Це відповідає продуктивному варіанту пізнавальної діяльності, що характеризується високим ступенем самостійної і творчої діяльності студентів. Доцільно використовувати індуктивне навчання, коли студенти ознайомлюються з ключовими поняттями моделей інтеграції цифрових технологій в освітній процес, а потім аналізують кращі педагогічні практики, кейси, плануючи власні завдання для різних розділів курсу інформатики й добираючи відповідні цифрові інструменти. Це дозволить поєднати формування навичок практичного й дидактично виваженого використання цифрових технологій й інструментів при навчанні інформатики.

Наголосимо, що для полегшення студентам розуміння ідей PICRAT, під час викладання обов'язково використовувати широкий спектр інтерактивних і креативних завдань та цифрових інструментів. Це допоможе студентам познайомитися із застосунками спочатку в ролі учнів, а потім, плануючи власні вправи, краще розуміти особливості кожного з них.

Додатковою можливістю є використання моделі PICRAT під час навчальної практики з розроблення студентами цифрових освітніх ресурсів, яку, як показує ознайомлення з освітніми програмами спеціальності 014 Середня освіта (Інформатика), додано до більшості траєкторій підготовки майбутніх учителів інформатики. Упровадження завдань, що ґрунтуються на моделі PICRAT, у програмі практики сприятиме глибшому зануренню студентів у специфіку навчання інформатики в цілому та підготує їх до проходження виробничої педагогічної практики.

Опанування моделі інтеграції цифрових технологій в освітній процес PICRAT може також бути реалізоване у форматі індивідуального або командного студентського проєкту чи курсової роботи з методики навчання інформатики. При цьому, завдання, що планується до виконання студентами, є комплексним і передбачає опанування цифрових інструментів, вивчення існуючих практик використання їх в освітньому процесі, ознайомлення з моделлю інтеграції цифрових засобів PICRAT, створення та структурування відповідно до моделі PICRAT оригінальних цифрових освітніх ресурсів для певної теми шкільного курсу інформатики.

Зазначимо, що ринок освітніх цифрових інструментів є доволі динамічним. Поряд з сервісами, що вже можуть бути визначені як загальнозживані (текстові процесори, засоби роботи з таблицями, засоби відеоконференцій, системи управління навчанням (LMS)), кожного року з'являються нові застосунки. Їх поява є відображенням розвитку технологічних можливостей людства в цілому, наприклад, становлення методів штучного інтелекту, віртуальної й доповненої реальності тощо. Створюючи перелік завдань, пов'язаних з використанням моделі PICRAT, слід орієнтуватися на формування у студентів навичок обирати й оцінювати вже існуючі застосунки та опанувати нові, що можуть з'явитися в подальшому. Ми пропонуємо студентам оцінити актуальні тенденції на ринку освітніх сервісів і визначити, які з них переважно використовуються у вітчизняній системі освіти. Також, студенти ознайомлюються з класифікацією цифрових інструментів за їх призначенням, наприклад, робота в інтернеті, робота з електронними документами, аудіофайлами, візуалізація, організація роботи над проєктами і управління ними тощо. Наступним кроком, що відповідає ідеям моделі PICRAT, є розгляд цифрових інструментів з точки зору того, що їх будуть використовувати учні під час навчання – знаходити й опрацьовувати нову інформацію, здійснювати дослідження, створювати власний цифровий контент, працювати в командах тощо. Один з варіантів реалізації такого завдання, коли студенти визначали навчальні активності та добирали цифрові інструменти, наведено рис. 6.

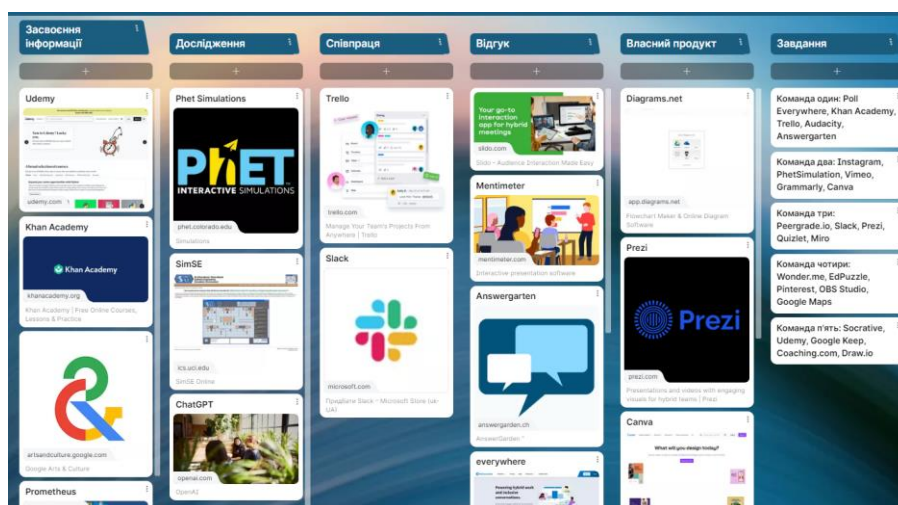


Рис. 6. Приклад навчальних активностей та відповідних цифрових інструментів

Зазначимо, що формулювання описаного вище завдання, пов'язане з ідеєю А. Керрінгтона, щодо побудови, так званого, Педагогічного колеса [27]. Педагогічне колесо – це структуроване представлення цифрових інструментів і того, як їх можна використовувати у навчанні, що ґрунтується на моделі SAMR і таксономії Блума.

Застосування моделі PICRAT на практиці передбачає підбір студентами завдань і відповідних цифрових інструментів для кожного з рівнів PIC і RAT. Приклад виконаного завдання наведено на рис. 7.

PIC	Креативний	Глосарій Nearpod Genially Coggle Google Docs	Скрінкаст, озвучена презентація Canva Awesome Screenshot Google Slides	Командний проект GitLab ChatGPT Replit
	Інтерактивний	Знайти означення ChatGPT Google Search	Відео з опитуванням EdPuzzle You Tube + Google Forms	План проєкту JIRA Trello Google Keep
	Пасивний	Опрацювати матеріал Nearpod Power Point Google Slides	Інтерактивний плакат Genially Coggle	Відеоконференція з представниками IT компанії Wonder Google Meet
		Заміщення	Підсилення	Трансформація
		RAT		

Рис. 7. Приклад добору завдань та цифрових інструментів відповідно до моделі PICRAT

Зазначимо, що при виконанні цього завдання, варто пропонувати студентам добирати альтернативні варіанти цифрових інструментів для виконання тих же завдань. Цікавою варіацією є поєднання декількох цифрових інструментів різної спрямованості й складності. З одного боку, це допоможе студентам побачити додаткові можливості для трансформаційного використання цифрових технологій, а з іншого – сприятиме підбору завдань інтерактивного й творчого рівня, що можуть реалізовуватися в сервісах з мінімальними функціональними можливостями, позитивно впливаючи на розвиток навичок гнучкого планування використання цифрових технологій в умовах технічних обмежень.

Наступним кроком у роботі студентів є використання моделі PICRAT для визначеної теми з курсу інформатики, з додаванням короткого опису завдання і, у подальшому, посилання на створені цифрові освітні ресурси. Приклад використання моделі PICRAT для теми «Програмування на Python» наведено на Рис. 8. Завдання виконувалося в сервісі Migo. Плануючи різні види діяльності, студенти ідентифікують і власні ролі – автора цифрового контенту, модератора, консультанта тощо.

Важливим аспектом, що має обов'язково виноситися на обговорення зі студентами, є підбір методів діагностики навчальних досягнень учнів. Детального опрацювання потребує питання застосування формувального оцінювання, зокрема для завдань інтерактивного та креативного рівнів. Формувальне оцінювання передбачає оцінювання результатів роботи учнів над командними проєктами, їх співпраці та

самостійності. Воно допомагає учителю організувати роботу учнів на різних рівнях залученості до використання цифрових інструментів, а учням – краще ідентифікувати, що вони знають і вміють, як краще спланувати виконання завдань тощо [28].

Як платформу для публікації результатів роботи студентів, доцільно використати один з програмних сервісів, що підтримують режими колективної роботи, публікації, коментування (наприклад, Google Jamboard, Padlet, Coggle, Miro тощо). Це дозволить аналогічні роботи у відкритому освітньому ресурсі. Студенти зможуть звертатися до цих матеріалів під час виробничої педагогічної практики.



Рис. 8. Приклад використання моделі PICRAT для сервісів Nearpod і Genially

Для оцінки рівня сформованості навичок свідомого й дидактичного виваженого застосування цифрових інструментів в освітньому процесі з використанням моделі PICRAT, пропонується використовувати поєднання когнітивного, діяльнісного та особистісного критеріїв. Діагностичний інструментарій передбачає оцінювання напрацювань студентів, їх володіння понятійним апаратом теми, анкетування, самооцінювання, пірінгове оцінювання, аналіз отриманих даних. Динаміка формування компетентності визначається з використанням чотирьох рівнів (низький, середній, достатній та високий), деталізованих для кожного з компонентів.

Рівень сформованості здатності самостійно добирати й опанувати цифрові інструменти дозволяє також визначити, наскільки майбутні учителі інформатики готові адаптуватися до змін, що є неминучими в умовах високотехнологічного навчання.

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз сучасних вітчизняних і міжнародних стандартів дозволяє підтвердити важливість пошуку та апробації моделей і практичних інструментів удосконалення цифрової компетентності педагогічних працівників. Значимим аспектом підготовки майбутніх учителів до роботи в умовах високотехнологічного навчання є урахування актуальних педагогічних трендів, що в поєднанні з цифровими технологіями сприяють підвищенню ефективності освітньої діяльності.

У дослідженні розроблено практичний підхід до формування в майбутніх учителів інформатики навичок використання цифрових технологій і засобів у освітньому процесі, який ґрунтується на моделі інтеграції цифрових технологій PICRAT. Запропонований підхід відображає ключові аспекти формування у майбутніх учителів інформатики навичок свідомого та дидактично виваженого вибору й використання цифрових технологій. У ході розробки підходу й відповідної моделі, визначено цільовий (мета й методологічні принципи), змістовий (зміст підготовки й структура навчального контенту), процесуальний (форми, методи, засоби й інноваційні педагогічні технології) і результативний (критерії) блоки. Для деталізації процесуального блоку, наведено приклади реалізації завдань з визначення навчальних активностей та підбору цифрових інструментів відповідно до моделі PICRAT. У роботі акцентовано увагу на різноманітні форм, методів й технологій навчання, які в рамках запропонованого підходу можуть гнучко комбінуватися, що, на нашу думку, дозволить адаптувати його для різних освітніх програм.

Інтеграція інтерактивних та активних методів навчання та широкого спектру цифрових застосунків розглядається у дослідженні як засіб створення стимулюючого освітнього середовища. Студенти одночасно ознайомлюються з особливостями застосування цифрових інструментів у якості здобувачів освіти, а з іншого – детально розглядаються механіку їх використання в освітньому процесі, уже в якості майбутніх учителів. Попередня апробація підходу показує, що для розкриття творчого потенціалу студентів важливо підтримувати взаємодію між ними при виконанні завдань, обговоренні ідей і напрацювань, що реалізуються через використання цифрових засобів командної роботи. Для повної апробації підходу, наступним кроком передбачено розвиток деталізованих критеріїв і відповідних показників для оцінювання динаміки рівня сформованості у студентів навичок застосування цифрових інструментів в освітньому процесі з використанням моделі PICRAT.

Перспективним напрямом подальших досліджень також може бути адаптація запропонованого підходу для студентів інших педагогічних спеціальностей. Для майбутніх учителів інформатики значна частина матеріалів, присвячених саме цифровим аспектам, органічно розглядається протягом усього періоду навчання, полегшуючи опанування цифрових інструментів. Для майбутніх учителів інших профілів, цьому слід приділити більшу увагу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] МЦТУ. "Концептуально-референтна Рамка цифрової компетентності педагогічних й науково-педагогічних працівників (проект)". 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: https://osvita.diiia.gov.ua/uploads/0/2629-frame_pedagogical.pdf
- [2] World Economic Forum, "Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution". World Economic Forum, Geneva, 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Schools_of_the_Future_Report_2019.pdf
- [3] C. Redecker and Y. Punie, "European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu",

- EUR 28775 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, doi: 10.2760/159770. [Електронний ресурс] Доступно: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>
- [4] R. Vuorikari, S. Kluzer and Y. Punie, "DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge skills and attitudes", EUR 31006 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/490274. [Електронний ресурс] Доступно: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128415>
- [5] О. О. Гриценчук, І. В. Іванюк, О. Є. Кравчина, І. Д. Малицька, О. В. Овчарук та Н. В. Сороко, "Європейський досвід розвитку цифрової компетентності вчителя в контексті сучасних освітніх реформ". *Інформаційні технології та засоби навчання*, т. 65, № 3, с. 316-336, 2018. doi: 10.33407/itlt.v65i3.2387.
- [6] Мінекономіки. "Професійний стандарт за професіями "Вчитель початкових класів закладу загальної середньої освіти", "Вчитель закладу загальної середньої освіти", "Вчитель з початкової освіти (з дипломом молодшого спеціаліста)". 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/266-nakaz_2736.pdf
- [7] М. Є. Андрос, "Інформаційно-комунікаційна компетентність педагога в епоху цифровізації освіти: український дискурс", *Актуальні проблеми в системі освіти: загальноосвітній заклад середньої освіти—доуніверситетська підготовка—заклад вищої освіти*, т. 2, с. 240-252, 2022.
- [8] У. П. Когут, О. В. Сікора та Т. Я. Вдовичин, "Формування індивідуальної освітньої траєкторії вчителя з розвитку цифрової компетентності", *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 91, № 5, с. 186-204, 2022. doi: 10.33407/itlt.v91i5.5006.
- [9] F. Pettersson, "On the issues of digital competence in educational contexts – a review of literature", *Education and Information Technologies*, vol. 23, pp. 1005-1021, 2018. doi: 10.1007/s10639-017-9649-3.
- [10] R. J. Krumsvik, "Digital competence in Norwegian teacher education and schools", *Högre Utbildning*, vol. 1, no. 1, pp. 39-51, 2011.
- [11] J. From, "Pedagogical digital competence—between values, knowledge and skills", *Higher Education Studies*, vol. 7, no. 2, pp. 43-50, 2017. doi: 10.5539/hes.v7n2p43.
- [12] О. В. Дзябенко, Н. В. Морзе, С. В. Василенко, Л. О. Варченко-Троценко, В. П. Вембер, М. А. Бойко, І. П. Воротникова та Є. М. Смірнова-Трибульська, *Інноваційні педагогічні методи в цифрову епоху: навч. посібник*, Кам'янець-Подільський: ТОВ Друкарня "Рута", 2021.
- [13] C. Romero-García, O. Buzón-García and P. de Paz-Lugo, "Improving Future Teachers' Digital Competence Using Active Methodologies", *Sustainability*, vol. 12, 2020. doi: 10.3390/su12187798.
- [14] М. Г. Друшляк, "Технологія SAMR впровадження засобів комп'ютерної візуалізації в освітній процес з метою формування візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики", *Open educational e-environment of modern University*, т. 8, с. 17-25, 2020.
- [15] В. Биков, М. Лещенко та Л. Тимчук, *Цифрова гуманістична педагогіка*, Київ, 2017.
- [16] С. В. Алексеєва, "Дидактика в умовах інформатизації освіти", *Академічні студії. Серія "Педагогіка"*, т. 1, № 4, с. 25-30, 2021. doi: 10.52726/as.pedagogy/2021.4.1.4.
- [17] S. Sysoieva, "Digitalization of Education: Pedagogical Priorities", *Education: Modern Discourses*, с. 14-22, 2021. doi: 10.37472/2617-3107-2021-4-02.
- [18] R. Kimmons, C. R. Graham and R. E. West, "The PICRAT model for technology integration in teacher preparation", *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, vol. 20, no. 1, pp.176-198, 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.learntechlib.org/primary/p/210228/>
- [19] G. Falloon, "From digital literacy to digital competence: the teacher digital competency (TDC) framework", *Educational Technology Research and Development*, vol. 68, p. 2449–2472, 2020. doi: 10.1007/s11423-020-09767-4.
- [20] R. Puentedura, "Transformation, technology and education: A model for technology and transformation", 2006.
- [21] P. Mishra and M. J. Koehler, "Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge", *Teachers college report*, vol. 108, no. 6, pp. 1017-1054, 2006. doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.
- [22] L. Wang, "Adoption of the PICRAT Model to Guide the Integration of Innovative Technologies in the Teaching of a Linguistics Course", *Sustainability*, vol. 15, 2023. doi: 10.3390/su15053886.
- [23] J. C. Harmes, J. L. Welsh and R. J. Winkelman, "A framework for defining and evaluating technology integration in the instruction of real-world skills", in *Handbook of research on technology tools for real-world skill development*, Y. Rosen, S. Ferrara and M. Mosharraf, Eds., Hershey, PA: IGI Global, 2016, pp.

137-162.

- [24] M. J. Prince, R. M. Felder and R. Brent, "Active student engagement in online STEM classes: Approaches and recommendations", *Advances in Engineering Education*, vol. 8, pp. 1-25, 2020.
- [25] R. Kimmons, D. E. Draper, & J. Backman, The PICRAT Technology Integration Model. *EdTechnica*. The Open Encyclopedia of Educational Technology. 2022. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://edtechbooks.org/encyclopedia/picrat>
- [26] J. Harris, P. Mishra and M. Koehler, "Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed", *Journal of Research on Technology in Education*, vol. 41, no. 4, pp. 393-416, 2014. doi: 10.1080/15391523.2009.10782536.
- [27] A. Carrington, "The Pedagogy wheel - it's not about the apps, it's about the pedagogy", *Recuperado el*, vol. 9, no. 08, pp. 2021-2019, 2015. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.teachthought.com/technology/the-pedagogy-wheel/>
- [28] Н. В. Морзе, О. В. Барна та В. П. Вембер, "Формувальне оцінювання: від теорії до практики", *Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах*, т. 6, с. 45-57, 2013.

Матеріал надійшов до редакції 27.04.2023 р.

ADOPTION OF THE PICRAT MODEL FOR TECHNOLOGY INTEGRATION IN THE PREPARATION OF FUTURE COMPUTER SCIENCE TEACHERS

Halyna V. Lutsenko

Doctor of Science, Associated Professor

Professor at the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-9727-7836

LutsenkoG@gmail.com

Abstract. The paper considers the role and place of digital competence of educators, modern requirements, and peculiarities of digital competence formation under the conditions of intensive development of digital technologies. State-of-art approaches to the description of the content and structure of the digital competence of educators with taking into account the pedagogical aspects of the digitalization of educational activities are considered. The importance of finding and implementing practical approaches in the preparation of students of the speciality 014 Secondary Education (Informatics) to foster the skills of conscious and didactically balanced integration of digital technologies and tools into the educational process, with the aim of creating a stimulating educational environment, has been considered. The paper analyses several theoretical models of integrating digital technologies in the educational process (TPACK, SAMR, TIM, PICRAT), and characterizes their key characteristics and features of use in the practice of training future computer science teachers. The structure of the model of integration of digital technologies in the educational process PICRAT is described in detail, and the advantages of its use in the practice of pedagogical activity are determined. The PICRAT model takes into account the impact of digital technologies on the educational process in terms of replacement, amplification and transformation and determines the levels of student involvement when using digital technologies - passive, interactive and creative. An approach to the implementation of the PICRAT digital technology integration model in the system of training students of the speciality 014 Secondary Education (Informatics), consisting of target, content, procedural and result components, is proposed. The content of each component is disclosed in detail, and examples of the selection of digital tools and pedagogical practices for each level of the PICRAT model are given. Examples of the application of the PICRAT model for particular digital tools and selected tasks of computer science are given.

Keywords: digitization of education; model PICRAT; future computer science teachers.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Ministry of Digital Transformation (Ukraine). "Conceptual and reference Framework of digital competence of pedagogical and research-pedagogical workers (project)". 2021. [Online]. Available: https://osvita.diia.gov.ua/uploads/0/2629-frame_pedagogical.pdf (in Ukrainian)
- [2] World Economic Forum, "Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution". World Economic Forum, Geneva, 2020. [Online]. Available: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Schools_of_the_Future_Report_2019.pdf (in English)
- [3] C. Redecker and Y. Punie, "European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu". EUR 28775 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, doi: 10.2760/159770. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466> (in English)
- [4] R. Vuorikari, S. Kluzer and Y. Punie, "DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge skills and attitudes", EUR 31006 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/490274. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128415> (in English)
- [5] O. O. Hrytsenchuk, I. V. Ivaniuk, O. Y. Kravchyna, I. D. Malyska, O. V. Ovcharuk, and N. V. Soroko, "European Experience of the Teachers' Digital Competence Development in the Context of Modern Educational Reforms". *Information technologies and learning tools*, vol. 65, no 3, pp. 316-336, 2018. doi: 10.33407/itlt.v65i3.2387. (in Ukrainian)
- [6] Ministry of Economy (Ukraine). "Professional standard for the professions "Teacher of elementary classes of an institution of general secondary education", "Teacher of an institution of general secondary education", "Teacher of primary education (with a diploma of junior specialist)". 2020. [Online]. Available: https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/266-nakaz_2736.pdf (in Ukrainian)
- [7] M. Ye. Andros, "Information and communication competence of the teacher in the era of digitalization of education: Ukrainian discourse", *Aktualni problemy v systemi osvity: zahalnoosvitnii zaklad serednoi osvity-douniversytetska pidhotovka-zaklad vyshchoi osvity*, v. 2, pp. 240-252, 2022. (in Ukrainian)
- [8] U. P. Kohut, O. V. Sikora and T. Ya. Vdovychyn, "Formation of the individual educational trajectory of the teacher for the development of digital competence", *Information technologies and learning tools*, vol. 91, no 5, pp. 186-204, 2022. doi: 10.33407/itlt.v91i5.5006. (in Ukrainian)
- [9] F. Pettersson, "On the issues of digital competence in educational contexts – a review of literature", *Education and Information Technologies*, vol. 23, pp. 1005-1021, 2018. doi: 10.1007/s10639-017-9649-3. (in English)
- [10] R. J. Krumsvik, "Digital competence in Norwegian teacher education and schools", *Högere Utbildning*, vol. 1, no. 1, pp. 39-51, 2011. (in English)
- [11] J. From, "Pedagogical digital competence—between values, knowledge and skills", *Higher Education Studies*, vol. 7, no. 2, pp. 43-50, 2017. doi: 10.5539/hes.v7n2p43. (in English)
- [12] O. V. Dziabenko, N. V. Morze, S. V. Vasylenko, L. O. Varchenko-Trotsenko, V. P. Vember, M. A. Boiko, I. P. Vorotnykova and Ye. M. Smirnova-Trybulska, Innovative pedagogical methods in digital age: navch. posibnyk, Kamianets-Podilskyi: TOV Drukarnia "Ruta", 2021. (in Ukrainian)
- [13] C. Romero-García, O. Buzón-García and P. de Paz-Lugo, "Improving Future Teachers' Digital Competence Using Active Methodologies", *Sustainability*, vol. 12, 2020. doi: 10.3390/su12187798. (in English)
- [14] M. H. Drushliak, "SAMR technology for the introduction of computer visualization tools into the educational process with the aim of forming the visual and informational culture of future teachers of mathematics and informatics", *Open educational e-environment of modern University*, v. 8, pp. 17-25, 2020. (in Ukrainian)
- [15] V. Bykov, M. Leshchenko ta L. Tymchuk, Digital humanistic pedagogy, Kyiv, 2017. (in Ukrainian)
- [16] S. V. Aleksieieva, "Didactics in the conditions of informatization of education", *Akademichni studii. Seriya "Pedahohika"*, v. 1, № 4, pp. 25-30, 2021. doi: 10.52726/as.pedagogy/2021.4.1.4. (in Ukrainian)
- [17] S. Sysoieva, "Digitalization of Education: Pedagogical Priorities", *Education: Modern Discourses*, pp. 14-22, 2021. doi: 10.37472/2617-3107-2021-4-02. (in English)
- [18] R. Kimmons, C. R. Graham and R. E. West, "The PICRAT model for technology integration in teacher preparation", *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, vol. 20, no. 1, pp.176-198, 2020. [Online]. Available: <https://www.learntechlib.org/primary/p/210228/> (in English)
- [19] G. Falloon, "From digital literacy to digital competence: the teacher digital competency (TDC) framework", *Educational Technology Research and Development*, vol. 68, p. 2449–2472, 2020. doi: 10.1007/s11423-

- 020-09767-4. (in English)
- [20] R. Puentedura, "*Transformation, technology and education: A model for technology and transformation*", 2006. (in English)
- [21] P. Mishra and M. J. Koehler, "Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge", *Teachers college report*, vol. 108, no. 6, pp. 1017-1054, 2006. doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x. (in English)
- [22] L. Wang, "Adoption of the PICRAT Model to Guide the Integration of Innovative Technologies in the Teaching of a Linguistics Course", *Sustainability*, vol. 15, 2023. doi: 10.3390/su15053886. (in English)
- [23] J. C. Harmes, J. L. Welsh and R. J. Winkelman, "A framework for defining and evaluating technology integration in the instruction of real-world skills", in *Handbook of research on technology tools for real-world skill development*, Y. Rosen, S. Ferrara and M. Mosharraf, Eds., Hershey, PA: IGI Global, 2016, pp. 137-162. (in English)
- [24] M. J. Prince, R. M. Felder and R. Brent, "Active student engagement in online STEM classes: Approaches and recommendations", *Advances in Engineering Education*, vol. 8, pp. 1-25, 2020. (in English)
- [25] R. Kimmons, D. E. Draper, & J. Backman, The PICRAT Technology Integration Model. *EdTechnica*. The Open Encyclopedia of Educational Technology. 2022. [Online]. Available: <https://edtechbooks.org/encyclopedia/picrat>. (in English)
- [26] J. Harris, P. Mishra and M. Koehler, "Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed", *Journal of Research on Technology in Education*, vol. 41, no. 4, pp. 393-416, 2014. doi: 10.1080/15391523.2009.10782536. (in English)
- [27] A. Carrington, "The Pedagogy wheel - it's not about the apps, it's about the pedagogy", *Recuperado el*, vol. 9, no. 08, pp. 2021-2019, 2015. [Online]. Available: <https://www.teachthought.com/technology/the-pedagogy-wheel/> (in English)
- [28] N. V. Morze, O. V. Barna and V. P. Vembe, "Formative assessment: from theory to practice", *Informatyka ta informatsiini tekhnolohii v navchalnykh zakladakh*, v. 6, pp. 45-57, 2013. (in Ukrainian)

