

Н. В. Сороко

ЦИФРОВІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ STEAM-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Анотація. Статтю присвячено дослідженню цифрових методів діагностики ефективності освітнього середовища, що орієнтоване на STEAM-освіту, у закладах загальної середньої освіти. Розглянуто широкий спектр цифрових інструментів і методів, які можуть бути використані для аналізу та оцінки різних аспектів навчання, включаючи програмне забезпечення, доступність та інтеграцію цифрових ресурсів, онлайн-інструменти для діагностики STEAM-орієнтованого навчального середовища. Виокремлені основні критерії для діагностики ефективності STEAM-орієнтованого навчального середовища, як-от: інтеграція STEAM-проєкту в навчальну програму, стимулювання творчості учнів та інновацій, активна участь учнів, використання цифрових технологій, задоволеність учасників, результати досягнень учнів; та цифрові методи діагностики, такі як: онлайн-тестування, анкетування учасників освітнього процесу на веб-платформах, збирання аналітичних даних цифрових інтерактивних платформ, що надають аналітичні звіти про активність учнів, використання програм, що фіксують час, проведений учнями на вебсайтах або в програмах, що ними послуговуються у навчанні, та ін. У статті окреслено перспективи подальших досліджень, що охоплюють моніторинг STEAM-орієнтованого навчального середовища за допомогою цифрових методів діагностики для надання рекомендацій стосовно розвитку освітнього середовища закладу загальної середньої освіти. Результати роботи можуть бути застосовані при визначенні рівня ефективності та потенціалу цифрових технологій для покращення якості навчання й формування ключових компетентностей учнів, а також розвитку цифрової грамотності вчителів у сучасному освітньому середовищі.

Ключові слова: STEAM-проєкт, STEAM-освіта, STEAM-орієнтоване навчальне середовище, методи діагностики, цифрові інструменти.

Вступ. У сучасному освітньому середовищі, що швидко розвивається, інтеграція цифрових технологій в освіту STEAM (англ., Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), що означає зв'язок між наукою, технологіями, інженерією, мистецтвом і математикою, цифровою компетентністю та стійкими інноваціями освіти, в контексті установ різного рівня навчання стає дедалі більш поширеною [1]. Оскільки заклади загальної середньої освіти (ЗЗСО) впроваджують цифрові інструменти та платформи для покращення

навчального досвіду, виникає потреба оцінити ефективність цих цифрових середовищ, орієнтованих на STEAM-освіту, з використанням при цьому цифрових методів діагностики для полегшення їх оцінювання та аналізу.

Постановка проблеми. Перехід до цифрового STEAM-орієнтованого навчання створює нові можливості для покращення якості освіти та здобуття учнями нових знань у різних галузях науки, технологій, інженерії, мистецтва і математики. Разом із цими перевагами постають і нові виклики, на які треба реагувати, та проблеми, які необхідно розв'язувати.

© Сороко Н. В.

Однією з ключових проблем є необхідність ефективної діагностики та оцінки результатів впровадження цифрового STEAM-орієнтованого навчання. При застосуванні нових технологій та педагогічних підходів важливо визначити їхню ефективність і вплив на навчальний процес і досягнення учнів. Відсутність чітких методів та інструментів для збору, аналізу й інтерпретації даних може ускладнити процес оцінювання ефективності STEAM-орієнтованого навчального середовища для його впровадження у ЗЗСО.

Крім того, є проблеми з персоналізацією навчання та індивідуальною підтримкою кожного учня щодо навчальних потреб, стилів навчання та рівнів умінь.

З огляду на зазначене важливо розробити і впровадити методи та інструменти діагностики, що нададуть учителям та адміністраторам можливість ефективно оцінювати рівень розуміння, прогрес та успішність учнів у STEAM-орієнтованому середовищі, а також забезпечити індивідуальну підтримку та персоналізацію навчального процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розвиток, впровадження та перспективи STEAM як пріоритетного напрямку вдосконалення системи вітчизняної освіти аналізували у своїх наукових працях О. В. Барна, Н. Р. Балик (О. В. Барна, Н. Р. Балик, 2017), М. А. Бойко (Н. В. Морзе, В. П. Вембер, М. А. Бойко, Л. О. Варченко-Троценко, 2020), Л. О. Варченко-Троценко, І. П. Василяшко, В. Ю. Величко, В. П. Вембер, Н. О. Гончарова, С. Л. Горбенко, О. В. Лозова, Н. В. Морзе, О. О. Патрикеева, Г. П. Шмигер та інші дослідники.

STEAM як один з основних трендів у світовій освіті визначали та характеризували зарубіжні вчені, зокрема Марк І. Рабаллаїс (Mark E. Rabalais, 2014), Майте Дебрі (Maïté Deby, 2016), Др. Агуеда Грас-Веласкес (Dr. Ageda Gras-Velazquez, 2016), Вімала Джуді Камалодін (Vimala Judy Kamalodeen, 2017), Сандра Фігаро-Генрі (Sandra Figaro-Henry, 2017), Наліні Рамсавак-Йодха (Nalini Ramsawak-Jodha, 2017), Жанна Дедовець (Zhanna Dedovets, 2017).

О. В. Барна та Н. Р. Балик у 2017 р. тлумачили STEAM-освіту як таку, що «передбачає вивчення наук (англ. Science) і технологій (англ. Technology) шляхом застосування технічної творчості та інжинірингу (англ. Engineering), в основі яких лежать математичні розрахунки, моделювання (англ. Mathematics) та інтегроване

використання різноманітних інструментів і засобів інших наук (англ. All)» [2]. Проаналізувавши ситуацію в Україні, вчені зазначають, що впровадження цього підходу відбувається дуже повільно, загалом у межах неформального навчання, через зустрічі-бесіди з фахівцями, перегляд освітніх наукових каналів, сайтів, розробок, участь у конкурсах, фестивалях, воркшопах, проєктах.

Н. В. Морзе, В. П. Вембер, М. А. Бойко, Л. О. Варченко-Троценко (Н. В. Морзе, В. П. Вембер, М. А. Бойко, Л. О. Варченко-Троценко, 2020) [3] у своїх дослідженнях звертають увагу на таку мету створення екосистеми STEAM-навчання, як «забезпечення потреб здобувача освіти для формування професійних і загальних компетентностей, які допомогли б йому стати конкурентоспроможним громадянином інформаційного суспільства, а саме: вирішення проблем — критичне мислення, комплексне розв'язування практичних задач, математичні, дослідницькі та інноваційні компетентності; управління людським капіталом, співпраця та ефективна комунікація; робота з організаційними системами — моніторинг, системний аналіз, оцінка систем прийняття рішень; управління ресурсами — стратегії навчання, управління часом» та ін.

Варто згадати дослідження Т. Кеннеді та М. Оделл (T. Kennedy, M. Odell, 2019), які визначають, що STEM-освіта в межах навчальних програм ЗЗСО має охоплювати [4]:

- інтеграцію технологій та інженерії в навчальну програму з природничих наук і математики;
- стратегії сприяння науковому дослідженню учнів та інженерному проєктуванню, включаючи при цьому використання ними математичної та наукової підготовки;
- спільні підходи до навчання, що забезпечують взаємозв'язок учнів, учителів і професіоналів із галузевий STEM;
- надання учням глобальних та багатоперспективних точок зору для дослідження у межах STEM-проєкту;
- стратегії навчання на основі проєктів, що забезпечують формальний і неформальний досвід учнів у навчанні;
- використання відповідних технологій, зокрема інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), для покращення навчання;
- особливості викладання предметів STEM на основі методу навчального проєкту.

К. Деак і Б. Кумар (С. Deák, В. Kumar, 2024) проаналізували наукові публікації, розміщені у WoS (загалом 2 148 публікацій) та Scopus (загалом 4 475 публікацій), щодо цифрової компетентності вчителя для підтримки STEAM-освіти. В основних висновках учених йдеться про ключову роль цифрової компетентності вчителів у подоланні цифрового розриву, необхідність постійного підвищення їхньої кваліфікації і потенціалу педагогіки STEAM у сприянні міждисциплінарному та цілісному освітнім підходам. Практичне значення цього дослідження полягає в обґрунтуванні думки, що університети та навчальні заклади повинні інвестувати в безперервне навчання, наймати технічних експертів, приймати навчальні програми на основі STEAM для підвищення цифрової компетентності вчителів і здійснювати моніторинг STEAM-орієнтованого освітнього середовища щодо його ефективності [5]. Важливим при цьому є визначення методів діагностики такого середовища, швидкість і якість якої можливо забезпечити саме за допомогою цифрових методів.

Мета статті — виокремити основні критерії та цифрові методи діагностики щодо оцінювання ефективності STEAM-орієнтованого навчального середовища закладу загальної середньої освіти.

Основні наукові результати. Діагностика STEAM-орієнтованого навчального середовища ЗЗСО передбачає розуміння його поточного стану, сильних і слабких сторін, а також сфер, що потребують удосконалення. Цей процес часто починається з комплексної оцінки цифрової інфраструктури, включаючи апаратне забезпечення, програмне забезпечення та мережеві можливості. Опитування, інтерв'ю та спостереження можуть допомогти оцінити готовність і обізнаність вчителів та учнів із ІКТ. Крім того, важливим для ефективної діагностики є аналіз відповідності навчальної програми принципам і освітнім стандартам STEAM [6; 7].

Аналіз зазначених вище наукових досліджень надав нам можливість виокремити такі критерії діагностики ефективності STEAM-орієнтованого навчального середовища ЗЗСО, як: інтеграція STEAM-проєкту в навчальну програму, стимулювання творчості учнів та інновацій, активна участь учнів, використання цифрових технологій, задоволеність учасників, результати досягнень учнів.

Розглянемо тлумачення цих критеріїв та, відповідно до них, можливі методи цифрової діагностики.

Критерій «інтеграція STEAM-проєкту в навчальну програму» ми розуміємо, як визначення рівня інтеграції STEAM-предметів (науки, технологій, інженерії, мистецтва та математики) у навчальну програму, що включає оцінку кількості годин, відведених на STEAM-предмети, та визначення співвідношення між STEM та іншими предметами.

Нижче ми пропонуємо цифрові рішення для діагностики середовища у межах цього критерію.

Google Classroom, що дає змогу вчителям створювати онлайн-курси та відстежувати прогрес учнів. Використовуючи цю платформу, вчителі можуть вести електронний журнал, вказуючи кількість годин, відведених на STEAM-предмети, рівень успішності учнів, кількість виконаних ними завдань, проблеми, що виникають у них при вирішенні завдань, та інше.

Microsoft Excel або Google Sheets, за допомогою яких можна створювати електронні таблиці для аналізу кількості годин, призначених на STEAM-предмети, відстежувати успішність учнів у STEAM-предметах та порівнювати її щодо інших предметів.

SurveyMonkey або Google Forms, що надають можливість створювати опитування для анкетування вчителів та адміністрації стосовно впровадження STEAM-проєктів у навчальну програму. За допомогою цих інструментів можна створювати анонімні опитування та збирати відповіді у зручному форматі для подальшого аналізу.

Системи електронного навчання (англ. Learning Management Systems), такі як Moodle, Canvas або Blackboard, мають вбудовані інструменти для відстеження навчального прогресу учнів. Вони надають зручні засоби для аналізу достатності годин, відведених на STEM-предмети і STEAM-проєкти, та різних показників успішності.

Слід також зауважити: якщо ЗЗСО використовує власний вебсайт або платформу для дистанційного навчання, то аналітика цих ресурсів може надати корисну інформацію про те, як часто учні відвідують сторінки або курси, пов'язані зі STEAM.

Зазначені цифрові інструменти дають можливість збирати, аналізувати та візуалізувати дані щодо впровадження STEAM-проєктів у навчальну

програму, допомагають зрозуміти ситуацію стосовно розвитку STEAM-орієнтованого навчального середовища та вжити відповідних заходів для подальшого його удосконалення.

Критерій «стимулювання творчості учнів та інновацій» охоплює оцінку ступеня сприяння STEAM-орієнтованого навчального середовища розвитку творчих навичок учнів XXI століття, що може включати оцінку кількості та різноманітності STEAM-проектів, стимулювання самостійного дослідження й експериментів, а також розвитку проблемного та творчого мислення учнів [8].

Визначати рівень стимулювання творчих здібностей учнів та розвитку їхніх навичок XXI століття у процесі проведення STEAM-проектів можна за допомогою цифрових інструментів, що забезпечують анкетування та опитування, спостереження, відслідковування портфоліо учнів і вчителів, аналіз результатів проектів, використання онлайн-платформ та інструментів [9–12].

При цьому є важливим створення анкет для учнів, вчителів і батьків з метою з'ясування їхньої думки щодо стимулювальних чинників і розвитку навичок в учнів під час проведення STEAM-проектів. Опитування може включати запитання про рівень зацікавленості учнів у проекті, їхньої впевненості у власних можливостях, сприйняття вчителями творчих вмінь учнів та ін. Крім цього, спостереження за учнями під час проведення STEAM-проектів дає змогу визначити їхню активність, самостійність, вміння співпрацювати та рівень творчих здібностей. Це може бути зроблено вчителями або спеціально найнятими спостерігачами та за допомогою онлайн-платформ для проведення STEAM-проектів, таких як Scratch для програмування, Tinkercad для дизайну 3D-моделей або Canva для графічного дизайну, за допомогою яких можна відстежувати активність і розвиток навичок учнів через їхню взаємодію з інтерфейсами цих інструментів.

Критерій «активна участь учнів» охоплює оцінювання рівня участі учнів у STEAM-проектах, що включає аналіз ступеня зацікавленості учнів у вивченні STEAM-предметів та мотивації до цього, їхню готовність до співпраці та комунікації, а також міру залученості до навчальних проектів і досліджень.

На нашу думку, з метою оцінювання активності учнів у STEAM-проектах можна використовувати такі інструменти, як:

- цифрові інтерактивні платформи, як-от, наприклад, Google Classroom, Microsoft Teams або Schoology, для організації спільної роботи над проектами, спільного з учнями обговорення ідей та спілкування між ними;
- віртуальні інструменти та програми, які дають змогу створювати інтерактивні моделі, симуляції та експерименти. Приміром, програми для віртуальної реальності або симулятори наукових експериментів, як-от, наприклад, CoSpaces Edu для створення власних віртуальних світів та інтерактивних історій, Sketchfab для демонстрації та спільного користування в групі 3D-моделями, Spatial.io для спільної роботи у віртуальному просторі, завдяки якій користувачі отримують можливість зустрічатися у віртуальних кімнатах, обмінюватися ідеями та працювати разом над проектами, а також створювати віртуальні лабораторії та STEAM-проекти;
- онлайн-інструменти для спільної роботи над проектами, наприклад Google Docs для спільного створення документів, Padlet для обміну ідеями та Trello для виконання завдань і спільної роботи над ними;
- онлайн-інструменти для виконання учнями завдань STEAM-проекту та створення ними продукту як результату проекту, що мають підбиратися згідно з темою та метою процесу навчання.

Критерій «використання цифрових технологій» охоплює оцінку застосування ІКТ у навчальному процесі, їх доступності та, зокрема, застосування комп'ютерів, планшетів, інтерактивних дошок, програмного забезпечення й інших технологій у навчанні й дослідженні учнів. При цьому мають відбуватися аналіз доступності та якості технічної інфраструктури для впровадження цифрових технологій у навчальний процес, оцінка рівня технічної підтримки, яка надається вчителям та учням задля ефективного використання ІКТ.

З метою аналізу цього критерію при діагностиці STEAM-орієнтованого навчального середовища можна застосовувати такі цифрові інструменти:

- Google Suite, Microsoft Office 365, Adobe Creative Suite та інші програми для роботи з документами, відео, фотографіями, аудіо та іншими медіаформатами;
- електронні підручники, вебсайти, онлайн-курси, відеоуроки та ін., при використанні

яких має відбуватися оцінювання рівня їхньої інтеграції у навчальний процес та їхнього впливу на засвоєння матеріалу й розвиток навичок учнів;

- цифрові інструменти, що можуть забезпечити оцінювання використання спеціалізованих інформаційно-комунікаційних технологій для STEM-навчання (наука, технології, інженерія, математика) та STEAM-навчання (також мистецтво), наприклад програми для моделювання, CAD-програми, програмування, віртуальна реальність, архітектурні та дизайнерські програми тощо.

Критерій «задоволеність учасників» має включати оцінювання рівня задоволеності вчителів та учнів STEAM-орієнтованим навчальним середовищем, зокрема при здійсненні STEAM-проєкту. Це може охоплювати опитування, спрямовані на оцінку вражень від навчання, визначення факторів, що сприяють або перешкоджають успішному навчанню, та збір зворотного зв'язку учнів щодо можливих покращень результатів навчальних проєктів. При цьому мають бути застосовані платформи для онлайн-опитувань, такі як Google Forms, SurveyMonkey або LimeSurvey, що дають змогу швидко та зручно збирати дані про рівень задоволеності вчителів та учнів участю у STEAM-проєктах. Опитування можуть містити закриті запитання з рейтинговою шкалою, відкриті запитання для збирання відгуків і коментарів, а також демографічні запитання для сегментації результатів.

Варто зазначити, що важливим критерієм щодо діагностики STEAM-орієнтованого навчального середовища ЗЗСО є «результати досягнень учнів», що охоплює аналіз: результатів навчання, успішності у виконанні проєктів, міри активності щодо участі у наукових конкурсах та олімпіадах; а також прогноз стосовно подальшої успішності у навчанні та спрямування учнів на майбутню кар'єру.

З метою опанування на практиці навичками застосування діагностики STEAM-орієнтованого навчального середовища за допомогою цифрових інструментів нами був запропонований навчальний проєкт «Сад на підвіконні», проведений у 2023 році для учнів 8-х класів з метою вивчення та розуміння ними застосування закону Ома у побуті [13]. Проєкт розрахований на 180 хвилин, з яких 45 хвилин було відведено на самостійну роботу учнів. До проєкту були залучені вчителі таких навчальних дисциплін: фізика (тема «Закон Ома»); математика (повторення матеріалу за проблемою «розв'язування графічних і розрахункових задач на закон Ома для ділянки кола»); біологія («Фотосинтез»), трудове навчання (завдання: дизайн саду на підвіконні); історія (завдання: презентація на тему «Історія винаходу закону Ома»); іноземна мова (завдання: написати есе «Закон Ома в реальному житті»); інформатика (завдання: за допомогою вебплатформ Metaverse (<https://studio.gometa.io/>), BlippAR (<https://builder.blippar.com/>), CoSpaces (<https://cospaces.io/edu/>) та ін. створити приклади із використанням доповне-

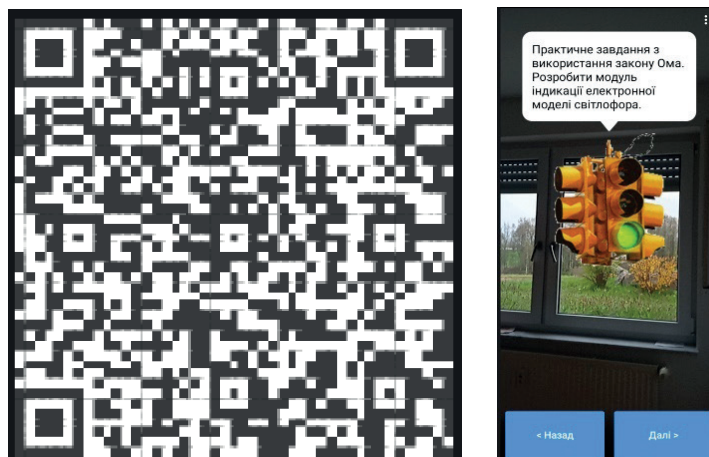


Рис. 1. QR-код навчального матеріалу (а), зробленого на вебплатформі Metaverse, та фрагмент використання AR, що відображається за допомогою гаджета (б) [13]

ної (AR) та віртуальної (VR) реальностей для презентації результату проєкту).

Був запропонований навчальний матеріал у вигляді доповненої реальності (рис. 1), що побудований як електронний посібник із проблеми застосування закону Ома у реальному житті.

Після проведення навчального проєкту та семінару «Використання AR та VR в освітньому процесі» вчителям було запропоновано відповісти на запитання анкети через Google Forms щодо їхнього ставлення до застосування цифрових інструментів з метою аналізу ефективності взаємодії учасників навчальних проєктів за допомогою AR та VR (в опитуванні взяли участь 48 вчителів, які реалізовували проєкт). Слід зазначити, що результати анкетування можуть бути варіантом діагностики рівня впровадження STEAM-проєкту в процес навчання у ЗЗСО та STEAM-орієнтоване навчальне середовище закладу.

В анкеті респонденти повинні були обрати слова «так», «ні» або «не знаю», щоб відобразити своє ставлення до таких наведених нижче тверджень (табл. 1):

- взаємодія учнів у VR була вдало організована;
- VR для уроку створюю особисто;
- на уроці користуюсь готовими віртуальними лабораторіями;
- при взаємодії учасників з використанням AR учителем надавались зрозумілі для учнів інструкції, що покращило результати навчання;

- для взаємодії учнів у групі використовувалися готові матеріали AR;
- учні самостійно створювали приклади AR для презентації своїх результатів проєкту;
- учні самостійно створювали приклади VR для презентації своїх результатів проєкту;
- були проблеми з організацією VR на уроці;
- були проблеми щодо використання AR на уроці;
- необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників навчального процесу при використанні VR;
- необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників навчального процесу при використанні AR.

У результаті аналізу даних, наведених у таблиці, можна зробити наступні висновки щодо діагностики рівня впровадження STEAM-проєкту в процес навчання, зокрема щодо розвитку STEAM-орієнтованого навчального середовища:

- організація взаємодії учнів у віртуальній реальності не завжди є успішною, оскільки лише 42 % респондентів відповідають позитивно, майже всі вчителі (98 %) не створюють власні VR-уроки, що свідчить про потребу розвитку відповідних навичок інструктування та розробки VR-контенту;
- інструкції вчителя під час використання AR були зрозумілими для більшості учнів (73 %), що позитивно вплинуло на результати їхнього навчання, проте лише 37 % вчителів

Таблиця 1

Результати анкетування вчителів щодо їхнього ставлення до використання AR та VR під час реалізації STEAM-проєкту

Запропоновані в анкеті твердження	Так	Ні	Не знаю
Взаємодія учнів у VR була вдало організована	42 %	58 %	–
VR для уроку створюю особисто	2 %	98 %	–
На уроці користуюсь готовими віртуальними лабораторіями	42 %	58 %	–
Під час взаємодії учасників за допомогою AR учителем надавались зрозумілі для учнів інструкції, що покращило результати навчання	73 %	25 %	2 %
Для взаємодії учнів у групі використовувалася готова AR	37 %	63 %	–
Учні самостійно створювали приклади AR для презентації своїх результатів проєкту	86 %	9 %	5 %
Учні самостійно створювали приклади VR для презентації своїх результатів проєкту	4 %	96 %	–
Були проблеми з організацією VR на уроці	82 %	18 %	–
Були проблеми щодо використання AR на уроці	14 %	86 %	–
Необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників навчального процесу при використанні VR	100 %	–	–
Необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників навчального процесу при використанні AR	17 %	83 %	–

послугуються готовими AR-матеріалами для групової взаємодії, що вказує на необхідність більш широкого застосування доступних ресурсів;

- створення учнями прикладів AR для презентації своїх результатів є поширеним (86 %), що свідчить про їхню готовність до самостійної творчої роботи, однак лише 4 % учнів самостійно формують приклади VR, що може вказувати на нестачу ресурсів або відповідних навичок;
- більшість учителів (82 %) стикаються з проблемою організації VR на уроці, тому є потреба у розробленні методичних рекомендацій для її розв'язання.

Поліпшення використання AR 100 % вчителів вбачають можливим завдяки розробленню відповідних методичних рекомендацій.

Крім зазначеного вище, аналіз даних дає можливість зрозуміти, що хоча впровадження STEAM-проектів із використанням VR та AR може мати значні переваги, існують виклики, які потребують уваги та додаткових ресурсів для розвитку STEAM-орієнтованого навчального середовища. Так, методичні рекомендації та навчальна підтримка можуть значно покращити ефективність використання цих технологій у навчальному процесі та, зокрема, вплинути на розвиток STEAM-орієнтованого навчального середовища ЗЗСО.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, аналіз у межах визначених критеріїв (інтеграція STEAM-проекту в навчальну програму, стимулювання творчості учнів та інновацій, активна участь учнів, використання цифрових технологій, задоволеність учасників, результати досягнень учнів) та цифрових методів діагностики (онлайн-тестування; анкетування учасників освітнього процесу на веб-платформах; збирання аналітичних даних цифрових інтерактивних платформ, таких як Learning Management Systems (LMS) або спеціалізовані сервіси, що формують аналітичні звіти про активність учнів; використання програм, що фіксують час, проведений учнями на вебсайтах або в програмах, що ними послугуються у навчанні, та ін.) з метою оцінювання ефективності STEAM-орієнтованого навчального середовища закладу загальної середньої освіти відіграє вирішальну роль у розумінні ефективності такого середовища для ЗЗСО.

Кількісні дані, такі як результати онлайн-тестів і показники щодо застосування учасниками освітнього процесу цифрових інструментів, дають змогу зрозуміти успішність учнів і рівень їх залучення до STEAM-орієнтованого навчального середовища. Відомості, отримані за результатами опитування учнів, учителів і батьків за допомогою цифрових технологій, забезпечують розуміння ступеня сформованості освітнього середовища.

Перспективним напрямом подальших досліджень вважаємо моніторинг STEAM-орієнтованого навчального середовища за допомогою цифрових методів діагностики для надання рекомендацій щодо розвитку освітнього середовища закладу загальної середньої освіти.

Список використаних джерел

1. Kumar B., Deák C. Evolving Minds: A Literature-Driven and Empirical Exploration of STEAM Skill Development and Learning Approaches. *Journal of Innovation Management*. 2023. Vol. 11. № 4. Pp. 71–96. DOI: https://doi.org/10.24840/2183-0606_011.004_000471.
2. Барна О. В., Балик Н. П. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. STEM в освіті: проблеми і перспективи. *STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес*: збірник матеріалів I регіональної науково-практичної веб-конференції, Тернопіль, 24 травня 2017 р. Тернопіль, 2017. С. 3–8. URL: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/handle/123456789/4559> (дата звернення: 02.04.2024).
3. Морзе Н. В., Вембер В. П., Бойко М. А., Варченко-Троценко Л. О. Організація STEAM-занять в інноваційному класі. *Електронне наукове фахове видання «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету»*. 2020. № 8. С. 88–106. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.8.9>.
4. Odell M. R., Kennedy T. J., Stocks E. The Impact of PBL as a STEM School Reform Model. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. 2019. Vol. 13. № 2. DOI: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1846>.
5. Deák C., Kumar B. A Systematic Review of STEAM Education's Role in Nurturing Digital Competencies for Sustainable Innovations. *Education Sciences*. 2024. Vol. 14. № 3. 226. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14030226>.
6. Spyropoulou N., Kameas A. Augmenting the Impact of STEAM Education by Developing a Competence Framework for STEAM Educators for Effective

- Teaching and Learning. *Education Sciences*. 2024. Vol. 14. № 1. Pp. 1–30.
DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14010025>.
7. Kaya N. G., Mertol H. The Importance of Technology in Education of Gifted in the Context of 21st Century Skills. *Journal of Computer and Education Research*. 2022. Vol. 10. Issue 19. Pp. 18–25.
DOI: <https://doi.org/10.18009/jcer.1061877>.
 8. Gyawali Y. P., Mehndroo M. The 21st Century Model for Pedagogical Transformation: Exploring Teachers' Identity and Professional Responsibility. *Journal of NELTA Gandaki*. 2023. Vol. 6. Pp. 13–25.
DOI: <https://doi.org/10.3126/jong.v6i1-2.59707>.
 9. Okulu H. Z., Oguz-Unver A. The Development and Evaluation of a Tool to Determine the Characteristics of STEM Activities. *European Journal of STEM Education*. 2021. Vol. 6. Issue 1.
DOI: <https://doi.org/10.20897/ejsteme/10894>.
 10. A Novel Methodology to Develop STEAM Projects According to National Curricula / Montés N. et al. *Education Sciences*. 2023. № 13. P. 169.
DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci13020169>.
 11. ElSayary A. The impact of a professional upskilling training programme on developing teachers' digital competence. *J. Comput. Assist. Learn.* 2023. № 39. Pp. 1154–1166.
DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12788>.
 12. Wannapiroon N., Pimdee P. Thai undergraduate science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) creative thinking and innovation skill development: a conceptual model using a digital virtual classroom learning environment. *Education and Information Technologies*. 2022. Vol. 27. № 4. Pp. 5689–5716.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10849-w>.
 13. Сороко Н., Ткаченко В. Моделі взаємодії учасників освітнього середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальності у закладі загальної освіти. *Фізико-математична освіта*. 2023. № 38 (3). С. 63–72.
DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-3-009>.
- References**
1. Kumar, B., & Deák, C. (2023). Evolving Minds: A Literature-Driven and Empirical Exploration of STEAM Skill Development and Learning Approaches. *Journal of Innovation Management*, 11 (4), 71–96.
DOI: https://doi.org/10.24840/2183-0606_011.004_000471.
 2. Barna, O. V., & Balyk, N. R. (2017). Vprovadzhennia STEM osvity u navchalnykh zakladakh: etapy ta modeli [Implementation of STEM-education in educational institutions: stages and models]. *STEM-osvita ta shliakhy yii vprovadzhennia v navchalno-vykhovnyi protses — STEM education and ways of its implementation in the educational process* : collection of materials of the 1st regional Scientific and Practical Web Conference, Ternopil, May 24, 2017. (pp. 3–8). Ternopil. Retrieved from <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/handle/123456789/4559> [in Ukrainian].
 3. Morze, N. V., Vember, V. P., Boiko, M. A., & Varchenko-Trotsenko, L. O. (2020). Orhanizatsiia STEAM-zaniat v innovatsiinomu klasi [Organization of STEAM Classes in an Innovative Classroom]. *Elektronne naukove fakhove vydannia "Vidkryte osvitnie e-seredovyshe suchasnoho universytetu" — Electronic scientific publication "Open Educational E-Environment of the Modern University"*, 8, 88–106.
DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.8.9> [in Ukrainian].
 4. Odell, M. R., Kennedy, T. J., & Stocks, E. (2019). The Impact of PBL as a STEM School Reform Model. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 13 (2).
DOI: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1846>.
 5. Deák, C., & Kumar, B. (2024). A Systematic Review of STEAM Education's Role in Nurturing Digital Competencies for Sustainable Innovations. *Education Sciences*, 14 (3), 226.
DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14030226>.
 6. Spyropoulou, N., & Kameas, A. (2024). Augmenting the Impact of STEAM Education by Developing a Competence Framework for STEAM Educators for Effective Teaching and Learning. *Education Sciences*, 14 (1), 1–30.
DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14010025>.
 7. Kaya, N. G., & Mertol, H. (2022). The Importance of Technology in Education of Gifted in the Context of 21st Century Skills. *Journal of Computer and Education Research*, 10, 19, 18–25.
DOI: <https://doi.org/10.18009/jcer.1061877>.
 8. Gyawali, Y. P., & Mehndroo, M. (2023). The 21st Century Model for Pedagogical Transformation: Exploring Teachers' Identity and Professional Responsibility. *Journal of NELTA Gandaki*, 6, 13–25.
DOI: <https://doi.org/10.3126/jong.v6i1-2.59707>.
 9. Okulu, H. Z., & Oguz-Unver, A. (2021). The Development and Evaluation of a Tool to Determine the Characteristics of STEM Activities. *European Journal of STEM Education*, 6, 1.
DOI: <https://doi.org/10.20897/ejsteme/10894>.
 10. Montés, N., Zapatera, A., Ruiz, F., Zuccato, L., Rainero, S., Zanetti, A., et al. (2023). A Novel Methodology to Develop STEAM Projects According to National Curricula. *Education Sciences*, 13 (2), 169.
DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci13020169>.

11. ElSayary, A. (2023). The impact of a professional upskilling training programme on developing teachers' digital competence. *J. Comput. Assist. Learn*, 39, 1154–1166. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12788>.
12. Wannapiroon, N., & Pimdee, P. (2022). Thai undergraduate science, technology, engineering, arts, and math (STEAM) creative thinking and innovation skill development: a conceptual model using a digital virtual classroom learning environment. *Education and Information Technologies*, 27 (4), 5689–5716. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10849-w>.
13. Soroko, N., & Tkachenko, V. (2023). Modeli vzaiemodii uchashnykiv osvitnoho seredovyscha z vykorystanniam zasobiv dopovnenoi ta virtualnoi realnosti u zakladi zahalnoi osvity [Models of interaction of the participants of the educational environment using the means of augmented and virtual reality in the institution of general education]. *Fizyko-matematychna osvita — Physical and mathematical education*, 38 (3), 63–72. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-3-009> [in Ukrainian].

N. V. Soroko

DIGITAL METHODS FOR DIAGNOSTIC EFFICIENCY OF STEAM-ORIENTED EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTION

Abstract. *The article is devoted to the study of digital methods of diagnosing the effectiveness of the educational environment focused on STEAM education in institutions of general education. The article examines a wide range of digital tools and methods that can be used to analyze and evaluate various aspects of learning, including the use of software, the availability and integration of digital resources, the use of online tools for diagnosing a STEAM-oriented learning environment. The main criteria for diagnosing the effectiveness of a STEAM-oriented educational environment are highlighted, such as the integration of the STEAM project into the curriculum, the stimulation of student creativity and innovation, the active participation of students, the use of digital technologies, the satisfaction of participants, the results of student achievements, and digital diagnostic methods, such as line testing; surveying participants in the educational process on web platforms; collecting analytical data of digital interactive platforms that provide analytical reports on student activity; the use of programs that record the time spent by students on websites or in programs used in education, etc. The authors highlight the prospects for further research, covering the monitoring of the STEAM-oriented educational environment using digital diagnostic methods to provide recommendations for the development of the educational environment of a general education institution. The results of the study can be used in determining the level of effectiveness and potential of digital technologies to improve the quality of education and the formation of key competencies of students and the development of digital literacy of teachers in the modern educational environment.*

Keywords: *STEAM project, STEAM education, STEAM-oriented learning environment, diagnostic methods, digital tools.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Сороко Наталія Володимирівна — канд. пед. наук, провідна наукова співробітниця відділу компаративістики інформаційно-освітніх інновацій, Інститут цифровізації освіти НАПН України, м. Київ, Україна, nvsoroko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9189-6564>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Soroko N. V. — PhD in Pedagogy, Leading Researcher of Department of Comparative Information and Educational Innovations, Institute for Digitalization of Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, nvsoroko@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9189-6564>

Стаття надійшла до редакції / Received 15.04.2024