



” Сороко Н. Критерії оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2024. Том 12, № 8. С. 73-82. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i8-010>.

Soroko N. Kryterii otsiniuvannya tsyfrovyykh instrumentiv dlia pidtrymky STEAM-orientovanoho osvitnoho seredovyshcha [Evaluation criteria of digital tools for supporting a STEAM-oriented educational environment]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2024. Vol. 12, No 8. S. 73-82. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i8-010>.

УДК 37.091.3:37.02:004.9:371.3:371.8:373.5
DOI: 10.31110/2616-650X-vol12i8-010

Наталія СОРОКО

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9189-6564>
nvsoroko@gmail.com

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ STEAM-ОРІЄНТОВАНОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Анотація. У статті розглядаються критерії оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища. Проаналізовано педагогічні дослідження, методична та спеціальна література, педагогічний досвід використання цифрових технологій для організації STEAM-освіти у закладах загальної середньої освіти, зроблено узагальнення для формулювання основних положень дослідження та проаналізовано результати анкетування вчителів щодо визначення популярних цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища та критеріїв оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища за допомогою шкали Ланкерта. Проведена класифікація та наведено приклади цифрових інструментів, що підтримують STEAM-орієнтоване освітнє середовище, включаючи системи для керування навчанням, інструменти для забезпечення колективної роботи, інструменти для оцінювання навчальної діяльності учнів, інструменти для поширення інформації, а також інструменти для створення вчителем дидактичного матеріалу та для дослідницької діяльності учнів у STEAM-проектах. Виокремлено основні критерії оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища, а саме інтегративність, інтеграція, доступність, підтримка взаємодії, адаптивність, безпека та конфіденційність, функціональність, вартість і відгуки користувачів, що дозволяє визначити найважливіші аспекти, які мають бути враховані при їхньому виборі вчителями. Досліджено педагогічний досвід використання цифрових інструментів для підтримки STEAM-освіти, в результаті якого виявлено, що Moodle, Canvas, Google Classroom, Google Workspace, Microsoft Teams, Kahoot!, Quizizz, PhET Interactive Simulations, CoSpaces Edu, Padlet, Slack є найбільш популярними при здійсненні оцінювання навчальної діяльності учнів та їхньої взаємодії у STEAM-орієнтованому навчальному середовищі. Визначено перспективи подальших досліджень, які полягають у обґрунтуванні екосистеми STEAM-орієнтованого освітнього середовища.

Ключові слова: STEAM-орієнтоване освітнє середовище; STEAM-освіта; цифрові інструменти; заклад загальної середньої освіти; критерії оцінювання; моніторинг.

Nataliia SOROKO

Institute for Digitalization of Education of the National Academy
of Educational Sciences of Ukraine, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9189-6564>
nvsoroko@gmail.com

EVALUATION CRITERIA OF DIGITAL TOOLS FOR SUPPORTING A STEAM-ORIENTED EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Abstract. The article examines the criteria for evaluating digital tools to support a STEAM-oriented educational environment. The pedagogical research, methodological and specialized literature, and the pedagogical experience of using digital technologies for organizing STEAM education in general secondary education institutions have been analyzed. A summary was made to formulate the main points of the study, and the results of a teacher survey were analyzed to determine the most popular digital tools for supporting a STEAM-oriented educational environment. The criteria for evaluating digital tools for supporting a STEAM-oriented educational environment were assessed using the Likert scale. A classification is provided, along with examples of digital tools that support the STEAM-oriented educational environment, including learning management systems, tools for collaborative work, tools for assessing students' learning activities, information dissemination tools, as well as tools for teachers to create didactic materials and for students' research activities in STEAM projects. The key criteria for evaluating digital tools to support a STEAM-oriented educational environment are highlighted, including interactivity, integration, accessibility, support for interaction, adaptability, security and privacy, functionality, cost, and user feedback, which allows for identifying the most important aspects that teachers should consider when selecting these tools. The pedagogical experience of using digital tools to support STEAM education has been studied, revealing that Moodle, Canvas, Google Classroom, Google Workspace, Microsoft Teams, Kahoot!, Quizizz, PhET Interactive Simulations, CoSpaces Edu, Padlet, and Slack are the most popular tools for assessing students' learning activities and facilitating their interaction in a STEAM-oriented learning environment. The prospects for further research are defined, focusing on the justification of the ecosystem of the STEAM-oriented educational environment.

Keywords: STEAM-oriented educational environment; STEAM education; digital tools; institution of general secondary education; evaluation criteria; monitoring.

Постановка проблеми. Глобальні проблеми сучасного суспільства, як економічний, політичний, науково-технічний, екологічний і культурний розвиток в умовах нової, своєрідної

історичної ситуації, вимагатимуть багаторівневих обґрунтованих рішень та колективних зусиль від людства [25]. Особливо це стосується освіти, де багато країн світу вже адаптували свої освітні цілі, щоб зосередитися на стандартах, заснованих на формуванні та розвитку ключових компетентностей молоді. У цьому контексті STEAM-освіта постає як суттєвий фактор для прийняття рішень і змушує нас переглянути більш прийнятні способи бути компетентними в дисциплінах STEAM у сучасному суспільстві [7].

Цифрові інструменти є важливими компонентами сучасної STEAM-освіти, яка поєднує науки, технології, інженерію, мистецтво та математику. Вони забезпечують інтерактивний, творчий та ефективний підхід до навчання, сприяючи глибшому розумінню учнями предметів та розвитку в них критичного мислення, творчих здібностей і технічних навичок. Основним питанням при цьому постає виокремлення критеріїв оцінювання цих інструментів для їх правильного вибору відповідно до цілей навчання, рівня та віку учнів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток, впровадження та перспективи STEAM-підходу як пріоритетного напрямку щодо удосконалення та трансформації освіти аналізували у своїх наукових працях Кухарчук П., Адамович І., Пойда С. (2021) [31] під час дослідження особливостей та механізмів державного управління впровадженням STEAM-освіти в Україні щодо розвитку “Нової української школи”; Чемерис Х., Пономаренко О., Кардашов В., Брянцев О. (2022) [6] при аналізі ролі STEAM-проектів у розвитку цифрової компетентності та творчих здібностей майбутніх дизайнерів; Перес Торрес, Мікель, Дігна Кусо Лагарон і Конксіта Маркес Баргалло (Pérez Torres, Miquel, Digna Couso Lagarón, and Conxita Marquez Bargallo, 2024) [23] з метою охарактеризувати вплив освітнього підходу STEAM шляхом аналізу сучасних проектів STEAM, реалізованих у п’яти іспанських середніх школах; Лі К.-К. та Вонг Б. Т.-М. (Li, K.-C., & Wong, B. T.-M., 2020) [15] при аналізі тенденцій аналітики навчання в освіті STE(A)M; Чапелл К., Хетерінгтон Л. (Chappell, K., Hetherington, L., 2024) [5] під час визначення креативних методик, які підтримують передові цифрові практики STEAM у європейських початкових і середніх школах, Веллінгтон А., Істон Г., Девіс Дж., Йе, А. (Wellington, A., Easton, G., Davis, J., & Yeh, A., 2020) [28], метою яких було проілюструвати інноваційні методи навчання за допомогою інтегрованого проекту STEAM із використанням Kitsi Blocks як основної цифрової технології та ін.

Науковці, перш за все, зазначають, що STEAM-освіта має ґрунтуватися на сучасних цифрових технологіях, які забезпечують гнучке та інтерактивне навчання, підвищення мотивації учнів та сприяють розвитку критичного мислення, творчих здібностей і навичок співпраці.

Метою статті є виокремити та обґрунтувати критерії оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища.

Методи дослідження. Для досягнення мети нашого дослідження ми використовували наступні методи: системний і порівняльний аналіз педагогічних праць, методичної та спеціальної літератури; аналіз педагогічного досвіду використання цифрових технологій для організації STEAM-освіти у закладах загальної середньої освіти; синтез та узагальнення для формулювання основних положень дослідження; анкетування вчителів щодо визначення популярних цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища та критеріїв оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища за допомогою шкали Ланкерта, а саме, вчителям треба було відмітити значимість критерія від 1 до 5 балів; інтерпретація результатів дослідження. В опитуванні, проведеному через Google Form, взяли участь 59 вчителів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вибираючи правильні цифрові інструменти, вчителі повинні дотримуватися певних критеріїв і провести оцінку, щоб визначити необхідність їх використання [24]. Пейкова Д., Гаров К. (Peukova D., Garov K., 2021) під час аналізу інструментів для STEM-освіти визначили такі критерії, як [24]:

- актуальність, тобто матеріал повинен мати зв’язок з навчальною програмою або темою та легко сприйматися учнями;
- навігація, а саме, інструменти повинні мати дружній інтерфейс, функцію довідки чи підручника та можливість використання сенсорного екрану і легко сприйматися учнями та вчителями;
- налаштування, що охоплює гнучкість для зміни вмісту щодо допомоги в налаштуваннях вчителям та задоволенню навчальних потреб учнів;
- інтерактивність, тобто зацікавленість учнів у використанні інструмента та можливість налаштування зворотнього зв’язку;
- доступність, а саме, матеріал має бути доступним для учнів без додаткових вимог при реєстрації, завантаженні та мати доступність до багатьох функцій інструменту в безкоштовній версії.

Слід відмітити дослідження Литвинової С. Г., Пінчук О. П., Лупаренко Л. А., Соколюк О. М. щодо критеріїв і показників оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю (AR) [32]. Науковці пропонують показниково-критеріальну матрицю визначення якості об’єктів AR, що охоплює техніко-технологічний, візуально-динамічний, змістово-методичний критерії. Узагальнюючи досвід оцінювання додатків доповненої реальності вчені визначили також критерії, що дозволяють

оцінити якість 3D-моделей живої та неживої природи, а саме: загальний, моделювальний, відображальний, текстурний, освітлювальний, маніпуляційний, користувацький, анімаційний, технологічний.

Ель Мхуті, Азеддін Нассех, Мохамед Ерраді (El Mhouti, Azeddine Nasseh, Mohamed Erradi, 2013) виокремлюють такі критерії оцінювання цифрових навчальних ресурсів [1]:

– академічний аспект якості, метою якого є оцінка якості інформації, представленої в цифровому навчальному ресурсі, включає в себе достовірність інформації та інформаційну актуальність;

– педагогічний аспект якості, що охоплює педагогічне формулювання (якість спрощення змісту, пояснення акронімів, наданим глосарієм, наявність резюме або тез, а також використанням діаграм, малюнків та ілюстрацій), педагогічну конструкцію (оцінює, чи відповідає структура цифрового навчального ресурсу сприйманню його використанню в педагогічному контексті через наявність належної інтерактивності, логіку організації, легкість орієнтації, легкість перегляду), педагогічну стратегію (оцінює прийняті стратегії навчання, проектування та організацію навчальної діяльності на основі технік, методів, підходів і різноманітних освітніх моделей для роботи з різними стилями навчання); методи оцінювання (інструменти, реалізовані для оцінювання, моніторингу навчання та підтримки учнів, наприклад, вправи та тести);

– дидактичний аспект якості зосереджується на центральній ролі навчальної діяльності, дисциплінарного змісту та епістемології (характер знань, які потрібно викладати) та включає в себе правдивість навчальної діяльності щодо надавання учневі можливості маніпулювати представленим цифровим навчальним ресурсом; зміст навчального інструменту та якість контенту;

– технічний аспект якості, що включає перегляд та технологічну винахідливість (вміст і організація візуального продукту повинні сприяти належному використанню кольорів, інтерактивності, якості графіки та приємній естетиці для вибраних зображень та ілюстрацій).

З огляду на вище зазначене, ми пропонуємо такі критерії оцінювання цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища:

– інтерактивність: інструменти повинні підтримувати активну участь учнів у навчальному процесі через інтерактивні завдання та симуляції;

– інтеграція: можливість інтеграції з іншими навчальними платформами та ресурсами, що має забезпечувати безперервний навчальний досвід;

– доступність: інструменти мають бути доступними для використання на різних пристроях та мати простий, інтуїтивний та зрозумілий інтерфейс;

– підтримка взаємодії: інструменти повинні підтримувати можливість спільної роботи учасників освітнього процесу;

– адаптивність: інструменти повинні бути гнучкими для адаптації під різні навчальні потреби та рівні учнів.

Відповідно до цих критеріїв нами була запропонована вчителям анкета, яка мала допомогти зібрати якісні дані для оцінки цифрових інструментів, що використовуються в STEAM-освіті, та зрозуміти, як вони відповідають критеріям інтерактивності, інтеграції, доступності, підтримки взаємодії та адаптивності.

Анкета містила такі питання:

– Які цифрові інструменти Ви використовуєте у своїй викладацькій практиці для підтримки STEAM-орієнтованого навчання? (вказіть назви інструментів).

– Оцініть інтерактивність використаних Вами цифрових інструментів за п'ятибальною шкалою (1 – низька інтерактивність, 5 – висока інтерактивність).

– Наскільки добре обрані Вами інструменти інтегруються з іншими навчальними платформами та ресурсами? (1 – не інтегруються, 5 – чудово інтегруються).

– Оцініть доступність цифрових інструментів для використання на різних пристроях та зручність їх інтерфейсу (1 – низька доступність, 5 – висока доступність).

– Наскільки ефективно обрані Вами інструменти підтримують взаємодію між учасниками освітнього процесу? (1 – не підтримують, 5 – постійно підтримують).

– Чи є можливість адаптації цифрових інструментів до різних навчальних потреб та рівнів учнів? (1 – не гнучкі, 5 – повністю гнучкі).

– Які додаткові функції чи можливості, на Вашу думку, мали б мати цифрові інструменти для підвищення ефективності STEAM-освіти?

– Чи готові Ви брати участь у подальших дослідженнях щодо покращення цифрових інструментів для STEAM-освіти? (так чи ні).

Аналіз наукової літератури та педагогічного досвіду вчителів, зокрема відповідей на вище зазначену анкету, дозволив нам зробити таку класифікацію цифрових інструментів для підтримки STEAM-освіти та, загалом, STEAM-орієнтованого освітнього середовища (рис. 1): для організації

STEAM-освіти, а саме, системи для керування навчанням (англ. Learning Management System, LMS), інструменти для забезпечення колективної роботи, інструменти для проведення оцінювання навчальної діяльності учнів, інструменти для поширення інформації, інструменти для створення вчителем дидактичного матеріала; для дослідницької діяльності учнів у STEAM-проєктах, а саме, інструменти для проведення досліджень у природничих науках, інструменти для створення особистих продуктів учнів як результатів навчальних проєктів.



Рис. 1. Класифікація цифрових інструментів для підтримки STEAM-освіти

Відповідно до класифікації та відповідей вчителів на анкету (рис. 1) нами були виокремлені такі приклади цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища, а саме інструменти для:

- LMS: Moodle, Canvas, Blackboard, Google Classroom, Schoology;
- забезпечення колективної роботи: Google Workspace, Microsoft Teams, Slack, Infinite Canvas, Padlet;
- проведення оцінювання навчальної діяльності: Google Forms, Kahoot!, Edmodo, Socrative, Flipgrid; Quizizz, Mentimeter;
- поширення інформації: YouTube, SoundCloud, Dropbox, Google Docs, Google Drive;
- створення вчителем дидактичного матеріала та учнями особистих продуктів як результатів навчальних проєктів: ARTutor, Blippar, Metaverse Studio, CoSpaces Edu;
- проведення учнями досліджень у природничих науках: Інтерактивна періодична таблиця (<https://ptable.com/>), PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>), Labster (<https://www.labster.com/simulations>), Google Earth (<https://earth.google.com/web/>) та ін.

Надамо коротку характеристику цим інструментам.

Moodle (<https://moodle.org/>) – LMS з відкритим кодом, відома своєю гнучкістю та широкими можливостями налаштування, була створена в 2002 році Мартіном Дугіамасом (Martin Dougiamas). Moodle працює як група модулів, що дозволяє користувачам гнучко додавати та видаляти компоненти на будь-якому етапі (Kerimbayev et al., 2017) крім того, простота використання та розширені комунікаційні послуги забезпечують платформу для обговорення та групової роботи [14].

Canvas (https://www.canva.com/uk_ua/) – LMS, яка була розроблена компанією Instructure у 2011 році. Платформа пропонує комплексну систему для викладачів, учнів, студентів та адміністраторів, що дозволяє керувати навчальним процесом у цифровому середовищі. Canvas інтегрується з широким спектром освітніх інструментів і ресурсів, таких як Google Drive, Microsoft Office 365 та ін. [21].

Blackboard (<https://www.blackboard.com/>) – LMS, яка була створена в 1997 році компанією Blackboard Inc., заснованою Метью Пітінські (Matthew Pittinsky) та Майклом Чейзаном (Michael Chasen). Blackboard Inc. розпочала свою діяльність як розробник програмного забезпечення для управління навчанням, і з часом стала однією з провідних компаній у сфері освітніх технологій. Платформа

дозволяє створювати та керувати онлайн-курсами, які можуть включати відео, текстові матеріали, інтерактивні вправи та оцінювання [8].

Google Classroom (Google Workspace) – це безкоштовна веб-платформа, створена компанією Google, яка дозволяє вчителям організовувати навчальний процес, проводити дистанційне навчання та взаємодіяти зі своїми учнями онлайн. Вона була запущена в серпні 2014 року і є частиною пакету інструментів Google Workspace for Education [18].

Schoology (<https://www.powerschool.com/classroom/schoology-learning/>) – надає інструменти для організації та підтримки освітнього процесу як у школах, так і в університетах. Schoology була створена в 2009 році групою молодих розробників: Джеремі Фрідманом (Jeremy Friedman), Райаном Херріганом (Ryan Hagedorn), Тімом Тригером (Tim Trinidad) та Джоелом Роузом (Joel Rose) [13].

Microsoft Teams – платформа для співпраці, розроблена компанією Microsoft, яка була запущена у 2017 році як частина пакету Office 365. Платформа інтегрує різноманітні інструменти та функції, спрямовані на поліпшення комунікації та управління проектами

Slack – це платформа для командної співпраці, яка дозволяє організовувати спілкування, обмінюватися файлами та координувати проекти. Вона була заснована у серпні 2013 року як внутрішній інструмент для компанії Tiny Speck, що розробляла багатокористувацьку онлайн-гру "Glitch". Гра не досягла комерційного успіху, але команда Tiny Speck перетворила внутрішній інструмент комунікації в окремих продуктах та у 2014 році фіційно випустила продукт [20].

Infinite Canvas (<https://infinitecanvas.tools/>) – інструмент, що дозволяє користувачам створювати великі візуальні схеми, мапи і концептуальні моделі без обмеження щодо розмірів стандартних екранних форматів [12].

Padlet (<https://padlet.com/>) – онлайн-платформа, що була створена у 2008 році індійським підприємцем Нитином Бхардваджем (Nitin Bhandari) та його командою. Інструмент було обрано як онлайн-платформу, щоб дати можливість викладачеві стежити за навчальною діяльністю учнів, надавати негайний зворотний зв'язок і контролювати їхню участь у зворотному зв'язку. Padlet – це інтерактивна платформа для спільного навчання, яка дозволяє користувачам створювати онлайн-віртуальну стіну, на якій вони можуть закріплювати свій мультимедійний вміст. Вмістом можуть бути документи, запитання, коментарі, зображення, відео та аудіозаписи, до яких можна отримати доступ у будь-який час. [3]

Google Forms – це онлайн-інструмент для створення анкет, опитувань, вікторин та збору даних, який є частиною безкоштовного набору програм Google Workspace (раніше відомого як G Suite). Він був запущений компанією Google у 2008 році і став одним із найпопулярніших інструментів для організації опитувань та збору інформації в різних сферах, включаючи освіту, бізнес, дослідження та особисті проекти. [2]

Kahoot! – онлайн-інструмент для створення і проведення інтерактивних вікторин, опитувань і навчальних ігор, була створений у 2012 році норвезькими розробниками Юханом Брандом, Джеймі Бродерсеном та Мортеном Вергеландом (Johan Brand, Jamie Brooker, Morten Versvik). Платформа була офіційно запущена в 2013 році як інструмент для підвищення активності та залучення студентів до навчального процесу [29].

Edmodo була створена у 2008 році Ніколасом Бордо (Nic Borg), Джеффом О'Хара (Jeff O'Hara), які працювали в сфері освіти в штаті Іллінойс (США) та Веллі Лозінгом (Valee Loozing), що був співзасновником компанії DimensionU, яка також займалася освітніми технологіями. Платформа пропонує такі функції, як опитування, відстеження оцінок та створення бібліотеки, де вчителі можуть зберігати та ділитися матеріалами. Учні можуть приєднатися до класу свого вчителя за допомогою унікального коду, що дозволяє їм отримувати доступ до завдань, здавати роботи і тести, брати участь у групових обговореннях. [9]

Socrative – інтерактивна платформа для оцінювання знань, розроблена для підтримки освітнього процесу в класі. Вона дозволяє вчителям створювати тести, опитування та вікторини, а також отримувати зворотний зв'язок у реальному часі. Цей інструмент забезпечує швидкий та зручний спосіб перевірки знань учнів, допомагає виявити прогалини в їхніх знаннях і сприяє більш ефективному викладанню. Socrative була створена в 2010 році групою освітян і технічних спеціалістів, серед яких найбільш відомим є Бенджамін Берті (Benjamin Berte). [10]

Flipgrid була створена у 2015 році командою під керівництвом Чарльза Міллера (Charles Miller), доцентом Університету Мінесоти, та його співробітника Джима Лесінскі (Jim Lesinski). Flipgrid спочатку була задумана як інструмент для підвищення рівня залученості студентів у навчальний процес шляхом обміну відео. Згодом Flipgrid став популярним серед освітян і був придбаний компанією Microsoft у 2018 році. Це освітня платформа для відеодискусій, яка дозволяє студентам і викладачам взаємодіяти за допомогою коротких відеозаписів. Створена для сприяння відкритим обговоренням і розвитку комунікативних навичок, Flipgrid дозволяє студентам висловлювати свої думки, ділитися ідеями та реагувати на думки інших у форматі відео. [27]

Quizizz – це онлайн-платформа для створення та проведення вікторин та тестів, яка дозволяє вчителям і учням взаємодіяти в ігровій формі. Вона була створена у 2015 році індійськими підприємцями Анкітом Гупта (Ankit Gupta) та Діпу Кананном (Deeru Kannan). [11]

Mentimeter була заснована у 2014 році в Стокгольмі (Швеція) Йонатаном Варшеремом (Johnny Warström) та Нікласом Інгваром (Niklas Ingvar). Це інтерактивна платформа для проведення опитувань, презентацій, збору зворотного зв'язку в реальному часі, підтримує інтеграцію з іншими програмами та надає можливість експорту даних для подальшого аналізу [19].

YouTube – платформа для обміну відео, яка дозволяє користувачам переглядати, завантажувати, коментувати та ділитися відеоконтентом. Вона була заснована в лютому 2005 року трьома колишніми працівниками компанії PayPal Чадом Герлі, Стівом Ченом та Джаведом Карімом (Штаб-квартира компанії знаходиться в Сан-Бруно, Каліфорнія). [26]

SoundCloud – це популярна платформа для стримінгу та обміну аудіофайлами, яка дозволяє музикантам, діджеям і продюсерам завантажувати, просувати та поширювати свою музику. SoundCloud була заснована у 2007 році в Берліні (Німеччина) підприємцями Александером Інгеном (Alexander Ljung) і Еріком Вальфорсом (Eric Wahlforss). Платформа була створена як інструмент для музикантів, щоб вони могли ділитися своїми треками з іншими, отримувати зворотний зв'язок та співпрацювати, та згодом вона набула популярності й в освіті. [4]

Dropbox – сервіс для зберігання та синхронізації файлів у хмарі, що дозволяє користувачам зберігати документи, фотографії, відео та інші файли в мережі та отримувати до них доступ з будь-якого пристрою, підключеного до Інтернету [22]. Dropbox був створений у 2007 році двома студентами Массачусетського технологічного інституту (MIT) Дрю Гюстоном (Drew Houston) та Арашем Фердоусі (Arash Ferdowsi).

Google Docs, Google Drive – продукти від компанії Google, що забезпечують можливості для створення, зберігання та спільної роботи з документами в хмарі [18].

ARTutor (<https://artutor.cs.duth.gr/home/>) – платформа для створення доповненої реальності (AR), яка дозволяє інтегрувати цифрові матеріали в освітній процес. За допомогою цієї платформи вчитель може розробити свої особисті книги, тести, вікторини з AR. Нова версія ARTutor базується на таких технологіях як ARCore від Google і ARKit від Apple. [16].

Blippar (<https://bui.lder.blippar.com>) – надає інструменти вчителям та учням для створення AR, що може допомогти вчителям удосконалити інтерактивні освітні матеріали, а учням презентувати свої результати навчання [30].

Metaverse Studio (<https://studio.gometa.io/>) – це платформа з відкритим кодом, яка дозволяє користувачам створювати AR та взаємодіяти з віртуальними світами без необхідності володіти навичками програмування. Вона була створена компанією GoMeta у 2016 році для реалізації навчального вмісту через інтуїтивно зрозумілий веб-сайт, де користувачі можуть вводити свій матеріал у різних шаблонах [17].

CoSpaces Edu (cospaces.io) – платформа, яка дозволяє вчителям і учням створювати та досліджувати віртуальні світи без потреби у програмуванні [30].

Інтерактивна періодична таблиця (<https://ptable.com/>) – інструмент, що надає динамічні макети із зазначенням назв хімічних елементів, їхньої електронної конфігурації, ступенів окиснення, візуалізацією орбіталей, та ін. Учні можуть перетягувати елементи та створювати сполуки. [24]

PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>) – платформа, що пропонує учням симуляції для проведення віртуальних експериментів і моделювання наукових явищ з фізики, хімії, біології та математики [24]. Крім цього, за допомогою платформи Nearpod (<https://nearpod.com/>) вчитель може створити свою VR із симуляціями PhET та побудувати траєкторію взаємодії учасників освітнього середовища, як вчитель-учень, так і учні-вчитель, або учень-учні.

Labster (<https://www.labster.com/simulations>) – платформа надає широкий спектр віртуальних лабораторій, що охоплюють різні наукові дисципліни, зокрема біологію, хімію, фізику та ін. Кожна симуляція розроблена таким чином, щоб імітувати реальні лабораторні умови, дозволяючи студентам проводити експерименти та вчитися на практичних заняттях. [24]

Вище зазначені інструменти були оцінені вчителя таким чином:

Moodle – 4 (85% вчителів); Canvas – 4 (50% вчителів); Google Classroom – 4 (95% вчителів); Google Workspace – 5 (90% вчителів); Microsoft Teams – 5 (80% вчителів); Kahoot! – 5 (90% вчителів); Quizizz – 5 (85% вчителів); PhET Interactive Simulations – 5 (75% вчителів); CoSpaces Edu – 5 (60% вчителів). Отже, респонденти оцінили достатньо високо інтерактивність більшості інструментів, особливо для проведення оцінювання навчальної діяльності учнів та колективної роботи.

На питання “Наскільки добре обрані Вами інструменти інтегруються з іншими навчальними платформами та ресурсами?” були надані такі відповіді: Google Classroom – 5 (95% вчителів); Google Workspace – 5 (90% вчителів); Microsoft Teams – 4 (80% вчителів); Moodle – 4 (85% вчителів); Labster – 4 (70% вчителів); PhET Interactive Simulations – 5 (75% вчителів) і були надані коментарі, що

інструменти Google і Microsoft добре інтегруються між собою та з іншими платформами, забезпечуючи безперервний навчальний досвід.

На пропозицію вчителям оцінити доступність цифрових інструментів для використання на різних пристроях та зручність їх інтерфейсу були надані такі відповіді: Google Forms – 5 (90% вчителів); Kahoot! – 5 (85% вчителів); CoSpaces Edu – 4 (65% вчителів); PhET Interactive Simulations – 4 (70% вчителів). Отже, загалом, інструменти мають високий рівень доступності та зручний інтерфейс для використання на різних пристроях.

На питання “Наскільки ефективно обрані Вами інструменти підтримують взаємодію між учасниками освітнього процесу?” вчителями були надані такі відповіді: Google Workspace – 5 (90% вчителів); Microsoft Teams – 5 (80% вчителів); Padlet – 4 (75% вчителів); Slack – 4 (70% вчителів). Отже, вище зазначені інструменти для колективної роботи добре підтримують взаємодію між учасниками освітнього процесу, що є важливим для STEAM-орієнтованого освітнього середовища.

На питання “Чи є можливість адаптації цифрових інструментів до різних навчальних потреб та рівнів учнів?” вчителями були надані такі відповіді: Google Classroom – 5 (95% вчителів); Moodle – 5 (85% вчителів); Labster – 4 (70% вчителів); CoSpaces Edu – 4 (60% вчителів). Таким чином, більшість інструментів мають високу адаптивність, що дозволяє ефективно використовувати їх для різних груп учнів.

На відкрите питання “Які додаткові функції чи можливості, на Вашу думку, мали б мати цифрові інструменти для підвищення ефективності STEAM-освіти?” 85 % респондентів відповіли, що особливого значення має інтеграція з інструментами віртуальної та доповненої реальності для більшої зануреності учнів у навчальний процес, а також більше можливостей для персоналізації навчальних завдань.

Значна частина вчителів висловила готовність до участі в подальших дослідженнях для покращення використання цифрових інструментів у STEAM-освіті.

Слід зазначити, що ці відповіді відображають високий рівень використання вчителями цифрових інструментів для підтримки STEAM-освіти, особливо в таких аспектах, як інтерактивність, доступність, інтеграція та адаптивність.

Більшість вчителів використовують широкий спектр цифрових інструментів для підтримки STEAM-орієнтованого освітнього середовища. Це свідчить про те, що цифрові інструменти стають невід’ємною частиною сучасного навчання, забезпечуючи гнучкість і інтерактивність у навчальному процесі.

Вчителям також було запропоновано оцінити на скільки важливі (від 0 до 5) надані їм критерії (інтерактивність, інтеграція, доступність, підтримка взаємодії, адаптивність) для підбору цифрових інструментів при реалізації STEAM-освіти та доповнити їх, якщо вони вважають це необхідним.

Результати опитування показали, що всі критерії є важливими, а саме: інтерактивність: 5 – 40 респондентів (67,8 %), 4 – 15 (25,4 %), 3 – 3 (1,77 %), 2 – 1 (0,59 %); інтеграція: 5 – 35 респондентів (59%), 4 – 18 (30,5 %), 3 – 4 (2,36), 2 – 1 (0,59 %); доступність: 5 – 38 (38 %), 4 – 16 (27,1 %), 3 – 4 (2,36 %), 2 – 1 (0,59%); підтримка взаємодії: 5 – 37 (62,7 %), 4 – 17 (28,8 %), 3 – 3 (1,77 %), 2 – 1 (0,59 %); адаптивність: 5 – 33 (55,9 %), 4 – 18 (30,5 %), 3 – 6 (3,54 %).

Отже, інтерактивність є ключовим критерієм для цифрових інструментів. Високо оцінюється, якщо інструмент надає можливість активної участі користувачів, сприяє взаємодії з контентом і забезпечує динамічний досвід.

Інтеграція важлива для сумісності інструменту з іншими платформами та системами. Високо оцінюються інструменти, які легко інтегруються з популярними програмами, зменшуючи потребу в переході між ними.

Доступність має вирішальне значення, оскільки інструмент повинен бути доступним для всіх користувачів, незалежно від їхніх технічних можливостей або особливостей. Високо оцінюється, якщо інструмент доступний на різних пристроях і платформах, має різні мовні версії та підтримує користувачів з обмеженими можливостями.

Підтримка взаємодії оцінюється на високому рівні, коли інструмент сприяє співпраці між користувачами, забезпечує комунікацію та обмін даними. Інструменти, що підтримують командну роботу та обговорення, отримують високі оцінки.

Адаптивність стосується здатності інструменту підлаштовуватися під різні потреби та умови. Високо оцінюється, якщо інструмент може бути налаштований відповідно до специфічних вимог користувачів або проектів.

Крім вище зазначених критеріїв, вчителями були запропоновані такі критерії, з якими ми погоджуємося: безпека та конфіденційність, функціональність, вартість, відгуки користувачів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У процесі впровадження STEAM-орієнтованого освітнього середовища особливого значення набуває правильний вибір цифрових інструментів, що відповідають сучасним вимогам освіти. Проведений аналіз наукового та

педагогічного досвіду надав нам можливість виокремити критерії оцінювання цифрових інструментів, таких як інтерактивність, інтеграція, доступність, підтримка взаємодії, адаптивність безпека та конфіденційність, функціональність, вартість та відгуки користувачів, що дозволило виявити найважливіші аспекти, які повинні бути враховані при їх підборі. Результати оцінки вчителями вказують на високий рівень значущості цих критеріїв для успішного використання технологій у STEAM-освіті. Це підкреслює необхідність подальшого дослідження та розробки інноваційних цифрових інструментів, які б сприяли покращенню навчального процесу та підвищенню якості освіти, а також обґрунтування екосистеми STEAM-орієнтованого навчального середовища для закладу загальної середньої освіти.

Список використаних джерел

1. Abderrahim El Mhouthi, Azeddine Nasseh, Mohamed Erradi. How to evaluate the quality of digital learning resources? *International journal of computer science research and application*. 2013. Vol. 03, Issue. 03. Pp. 27-36.
2. Adelia, Miftahurrahmah, Nurpathonah, Yoan Zaindanu, Muhammad Taufik Ihsan. The role of Google Forms as an assessment tool in elt: critical review of the literature. *Indonesian Journal of Research and Educational Review*. 2021. Vol. 1, No. 1. Pp. 58-66. DOI: <https://doi.org/10.51574/ijrer.v1i1.49>
3. Albarqi G. Padlet as a Formative Assessment Tool in the Online Language Classroom: Action Research. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-18950-0_11.
4. Amir F., Anggitasari A. The Using Communicative Language Teaching in the Online Class through Soundcloud, Zoom, and Google Classroom Applications. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*. 2022. Vol. 3. Pp. 89-92. DOI: <https://doi.org/10.30595/psps.v3i.270>.
5. Chappell K., Hetherington L. Creative pedagogies in digital STEAM practices: natural, technological and cultural entanglements for powerful learning and activism. *Cult Stud of Sci Educ*. 2024. Vol. 19. Pp. 77-116. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10200-4>
6. Chemerys H., Ponomarenko O., Kardashov V., Briantsev O. STEAM project based learning for future designers. *AIP Conference Proceedings*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0094432>.
7. Couso D., Grimalt-Álvaro C., Simarro C. Problematizing STEM Integration from an Epistemological and Identity Perspective. In *Controversial Issues and Social Problems for an Integrated Disciplinary Teaching*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2022. Pp. 183–196. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-08697-7_13
8. Darko C. An Evaluation of How Students Use Blackboard and the Possible Link to Their Grades. *Sage Open*. 2021. Vol. 11(4). DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440211067245>
9. Erna Basania Siahaan. Students' Perception of Edmodo use as a Learning Tool. *Journal of English Teaching*. February 2020. Vol. 6 (1). DOI: <https://doi.org/10.33541/jet.v6i1.1061>
10. France M., Guo X., Cowley P. Socrative as a Tool Supporting the Existing Curriculum: A Preliminary Quantitative Examination of Students Perspectives. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21125/inted.2020.2262>.
11. José Antonio España-Delgado. Kahoot, Quizizz, and Quizalize in the English Class and their Impact on Motivation. 2023. V. 30, N. 1. Pp. 65-84. DOI: <https://doi.org/10.19183/how.30.1.641>
12. Petkov K., Papadopoulos C., Kaufman A. E. Visual exploration of the infinite canvas, *2013 IEEE Virtual Reality (VR)*, Lake Buena Vista, FL, USA. 2013. Pp. 11-14. DOI: <https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549349>.
13. Kasumu R., Nwaizugbu N., State, R. Schoology As A Learning Management System For Teaching And Learning In Rivers State Tertiary Institutions. 2023. Vol. 37 No. 1. URL: https://www.researchgate.net/publication/369440579_Schoology_As_A_Learning_Management_System_For_Teaching_And_Learning_In_Rivers_State_Tertiary_Institutions.
14. Kerimbayev N., Kultan J., Abdykarimova S., Akramova A. LMS Moodle: Distance international education in cooperation of higher education institutions of different countries. *Education and Information Technologies*. 2017. Vol. 22. Pp. 2125-2139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9534-5>
15. Li K.-C., Wong B. T.-M. Trends of learning analytics in STE(A)M education: A review of case studies. *Interactive Technology and Smart Education*. 2020. Vol. 17(3). Pp. 323-335. DOI: <https://doi.org/10.1108/ITSE-11-2019-0073>
16. Lytridis, C. ARTutor—An Augmented Reality Platform for Interactive Distance Learning. *Education Sciences*. 2018. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci8010006>
17. Manna M. Teachers as Augmented Reality Designers: A Study on Italian as a Foreign Language – Teacher Perceptions. *International Journal of Mobile and Blended Learning*. 2023. Vol. 15. Pp. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.4018/IJMBL.318667>.
18. Martín-Herrera, Inmaculada & Micaletto-Belda, Juan & Polo Serrano, David. Google Workspace as a b-learning platform. Analysis of the perceptions of the Degrees in Communication. *Apertura*. 2021. Vol. 13. Pp. 1-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v13n2.2029>
19. Mayhew E., Davies M., Millmore A., Thompson L., Pena Bizama A. The impact of audience response platform Mentimeter on the student and staff learning experience. *Research in Learning Technology*. 2020. Vol. 28. DOI: <https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2397>
20. Müller S. How Slack Facilitates Communication and Collaboration in Seminars and Project-Based Courses. *Journal of Educational Technology Systems*. 2023. Vol. 51(3). Pp. 303-316. DOI: <https://doi.org/10.1177/00472395231151910>.
21. Nalyvaiko O., Vakulenko A. Canvas LMS: opportunities and features. *Educological Discourse*. 2021. Vol. 34. Pp. 154-172. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2021.410>.
22. Paul P.K., Chatterjee R., Aithal S., Saavedra R. Cloud Computing and its Impact in Education, Teaching and Research-A Scientific Review. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8078784>.

23. Pérez T., Miquel D. C. L., Conxita M. B. Evaluation of STEAM Project-Based Learning (STEAM PBL) Instructional Designs from the STEM Practices Perspective. *Education Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 1: 53. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14010053>.
24. Peykova D., Garov K. Digital tools for STEM education. Anniversary International Scientific Conference *REMIА'2021*. URL: https://www.researchgate.net/publication/360756520_DIGITAL_TOOLS_FOR_STEM_EDUCATION
25. Quigley C.F.; Herro D. Finding the Joy in the Unknown": Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *J. Sci. Educ. Technol.* 2016. Vol. 25. Pp. 410-426. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
26. Shaikh A.R., Alhoori H., Sun, M. YouTube and science: models for research impact. *Scientometrics*. 2023. Vol. 128. Pp. 933-955. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04574-5>
27. Taylor C., Hinchman T. Strategies for Using Flipgrid in the Education. *US-China Education Review B*. 2020. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.17265/2161-6248/2020.01.003>.
28. Wellington A., Easton G., Davis J., Yeh, A. Beat and rhythm: Teaching science via integrated STEAM and digital technologies. *Teaching Science*. 2020. Vol. 66(2). Pp. 20-25. URL: <https://eprints.qut.edu.au/204330/1/67825263.pdf>
29. Zhang Q., Yu Z. A literature review on the influence of Kahoot! On learning outcomes, interaction, and collaboration. *Educ Inf Technol*. 2021. Vol. 26. Pp. 4507-4535. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10459-6>
30. Гаєвська О.В., Сороко Н.В. Імерсивні технології та їх роль у викладанні східних мов (на матеріалі японської мови). Теорія і практика управління соціальними системами 4'2021. С. 33-46. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-7782.2021.4.04>.
31. Кухарчук П., Адамович І., Пойда С. Шляхи впровадження STEAM в закладах освіти України. *Наукові перспективи*. 2021. №12 (18). С. 109-123.
32. Литвинова С. Г., Пінчук О. П., Лупаренко Л. А., Соколюк О. М. Критерії і показники оцінювання якості освітнього цифрового контенту з доповненою реальністю: методичні рекомендації. Київ: ІЦО НАПН України, 2022, 91 с. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/732810/4/Method_recom_AR-1.pdf

References

1. Abderrahim El Mhouthi, Azeddine Nasseh, Mohamed Erradi. How to evaluate the quality of digital learning resources? *International journal of computer science research and application*. 2013. Vol. 03, Issue. 03. Pp. 27-36.
2. Adelia, Miftahurrahmah, Nurpathonah, Yoan Zaindanu, Muhammad Taufik Ihsan. The role of Google Forms as an assessment tool in elt: critical review of the literature. *Indonesian Journal of Research and Educational Review*. 2021. Vol. 1, No. 1. Pp. 58-66. DOI: <https://doi.org/10.51574/ijrer.v1i1.49>
3. Albarqi G. Padlet as a Formative Assessment Tool in the Online Language Classroom: Action Research. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-18950-0_11.
4. Amir F., Anggitasari A. The Using Communicative Language Teaching in the Online Class through Soundcloud, Zoom, and Google Classroom Applications. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*. 2022. Vol. 3. Pp. 89-92. DOI: <https://doi.org/10.30595/pspfs.v3i.270>.
5. Chappell K., Hetherington L. Creative pedagogies in digital STEAM practices: natural, technological and cultural entanglements for powerful learning and activism. *Cult Stud of Sci Educ*. 2024. Vol. 19. Pp. 77-116. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10200-4>
6. Chemerys H., Ponomarenko O., Kardashov V., Briantsev O. STEAM project based learning for future designers. AIP Conference Proceedings. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0094432>.
7. Couso D., Grimalt-Álvaro C., Simarro C. Problematizing STEM Integration from an Epistemological and Identity Perspective. In *Controversial Issues and Social Problems for an Integrated Disciplinary Teaching*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2022. Pp. 183–196. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-08697-7_13
8. Darko C. An Evaluation of How Students Use Blackboard and the Possible Link to Their Grades. *Sage Open*. 2021. Vol. 11(4). DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440211067245>
9. Erna Basania Siahann. Students' Perception of Edmodo use as a Learning Tool. *Journal of English Teaching*. February 2020. Vol. 6 (1). DOI: <https://doi.org/10.33541/jet.v6i1.1061>
10. France M., Guo X., Cowley P. Socrative as a Tool Supporting the Existing Curriculum: A Preliminary Quantitative Examination of Students Perspectives. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21125/inted.2020.2262>.
11. José Antonio España-Delgado. Kahoot, Quizizz, and Quizalize in the English Class and their Impact on Motivation. 2023. V. 30, N. 1. Pp. 65-84. DOI: <https://doi.org/10.19183/how.30.1.641>
12. Petkov K., Papadopoulos C., Kaufman A. E. Visual exploration of the infinite canvas, *2013 IEEE Virtual Reality (VR)*, Lake Buena Vista, FL, USA. 2013. Pp. 11-14. DOI: <https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549349>.
13. Kasumu R., Nwaizugbu N., State, R. Schoology As A Learning Management System For Teaching And Learning In Rivers State Tertiary Institutions. 2023. Vol. 37 No. 1. URL: https://www.researchgate.net/publication/369440579_Schoology_As_A_Learning_Management_System_For_Teaching_And_Learning_In_Rivers_State_Tertiary_Institutions.
14. Kerimbayev N., Kultan J., Abdykarimova S., Akramova A. LMS Moodle: Distance international education in cooperation of higher education institutions of different countries. *Education and Information Technologies*. 2017. Vol. 22. Pp. 2125-2139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9534-5>
15. Li K.-C., Wong B. T.-M. Trends of learning analytics in STE(A)M education: A review of case studies. *Interactive Technology and Smart Education*. 2020. Vol. 17(3). Pp. 323-335. DOI: <https://doi.org/10.1108/ITSE-11-2019-0073>
16. Lytridis, C. ARTutor—An Augmented Reality Platform for Interactive Distance Learning. *Education Sciences*. 2018. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci8010006>

17. Manna M. Teachers as Augmented Reality Designers: A Study on Italian as a Foreign Language – Teacher Perceptions. *International Journal of Mobile and Blended Learning*. 2023. Vol. 15. Pp. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.4018/IJMBL.318667>.
18. Martín-Herrera, Inmaculada & Micaletto-Belda, Juan & Polo Serrano, David. Google Workspace as a b-learning platform. Analysis of the perceptions of the Degrees in Communication. *Apertura*. 2021. Vol. 13. Pp. 1-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v13n2.2029>
19. Mayhew E., Davies M., Millmore A., Thompson L., Pena Bizama A. The impact of audience response platform Mentimeter on the student and staff learning experience. *Research in Learning Technology*. 2020. Vol. 28. DOI: <https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2397>
20. Müller S. How Slack Facilitates Communication and Collaboration in Seminars and Project-Based Courses. *Journal of Educational Technology Systems*. 2023. Vol. 51(3). Pp. 303-316. DOI: <https://doi.org/10.1177/00472395231151910>.
21. Nalyvaiko O., Vakulenko A. Canvas LMS: opportunities and features. *Educological Discourse*. 2021. Vol. 34. Pp. 154-172. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2021.410>.
22. Paul P.K., Chatterjee R., Aithal S., Saavedra R. Cloud Computing and its Impact in Education, Teaching and Research-A Scientific Review. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8078784>.
23. Pérez T., Miquel D. C. L., Conxita M. B. Evaluation of STEAM Project-Based Learning (STEAM PBL) Instructional Designs from the STEM Practices Perspective. *Education Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 1: 53. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14010053>.
24. Peykova D., Garov K. Digital tools for STEM education. Anniversary International Scientific Conference *REMI A'2021*. URL: https://www.researchgate.net/publication/360756520_DIGITAL_TOOLS_FOR_STEM_EDUCATION
25. Quigley C.F.; Herro D. Finding the Joy in the Unknown”: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *J. Sci. Educ. Technol*. 2016. Vol. 25. Pp. 410-426. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
26. Shaikh A.R., Alhoori H., Sun, M. YouTube and science: models for research impact. *Scientometrics*. 2023. Vol. 128. Pp. 933-955. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04574-5>
27. Taylor C., Hinchman T. Strategies for Using Flipgrid in the Education. *US-China Education Review B*. 2020. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.17265/2161-6248/2020.01.003>.
28. Wellington A., Easton G., Davis J., Yeh, A. Beat and rhythm: Teaching science via integrated STEAM and digital technologies. *Teaching Science*. 2020. Vol. 66(2). Pp. 20-25. URL: <https://eprints.qut.edu.au/204330/1/67825263.pdf>
29. Zhang Q., Yu Z. A literature review on the influence of Kahoot! On learning outcomes, interaction, and collaboration. *Educ Inf Technol*. 2021. Vol. 26. Pp. 4507-4535. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10459-6>
30. Haievskia O.V., Soroko N.V. Imersyvnii tekhnolohii ta yikh rol u vykladanni skhidnykh mov (na materialy yaponskoi movy). Teorii i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy 4'2021. S. 33-46. <https://doi.org/10.20998/2078-7782.2021.4.04>.
31. Kukharchuk P., Adamovych I., Poida S. Shliakhy vprovadzhennia STEAM v zakladakh osvity Ukrainy. Naukovi perspektyvy. 2021. №12 (18). S.109–123.
32. Lytvynova S. H., Pinchuk O. P., Luparenko L. A., Sokoliuk O. M. Kryterii i pokaznyky otsiniuvannia yakosti osvitnoho tsyfrovoho kontentu z dopovnenoiu realnistiu: metodychni rekomendatsii. Kyiv: ITsO NAPN Ukrainy, 2022, 91 s. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/732810/4/Method_recom_AR-1.pdf