



Теорія та методика навчання

УДК: 372.851:37.091

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.18675718>

Цифрові інструменти як засіб реалізації STEM-підходу під час вивчення геометрії в НУШ

Гетманюк Оксана Іванівна

асистент кафедри математики та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

вул.Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, Україна, 46027

ORCID: 0009-0007-5552-5516

Прийнято: 15.01.2026 | Опубліковано: 05.02.2026

***Анотація: Мета.** Стаття присвячена обґрунтуванню дидактичного потенціалу цифрових інструментів як засобу реалізації STEM-підходу під час вивчення геометрії в умовах Нової української школи. Актуальність роботи зумовлена необхідністю формування в учнів математичної та інформаційно-цифрової компетентностей, розвитку просторового мислення, дослідницьких умінь і здатності застосовувати знання у практичних та міждисциплінарних контекстах.*

***Методи.** У дослідженні використано методи аналізу та узагальнення наукових джерел, нормативно-правових документів НУШ, логіко-аналітичні та порівняльні методи, а також елементи систематизації цифрових інструментів відповідно до їх дидактичних функцій. Застосування зазначених методів дозволило визначити педагогічні умови ефективної інтеграції динамічних математичних середовищ, 3D-моделювання, технологій доповненої реальності,*



інтерактивних платформ і засобів штучного інтелекту в процес навчання геометрії.

Результати. У статті розкрито сутність цифрових інструментів у математичній освіті, охарактеризовано їх технічну, програмну та мережеву складові. Проаналізовано функції цифрових технологій (інформаційну, комунікативну, візуальну, аналітичну, обчислювальну) та їх роль у формуванні STEM-компетентностей. Висвітлено можливості використання систем динамічної математики (GeoGebra), 3D-моделювання, AR-технологій, LMS-платформ, мобільних застосунків та хмарних сервісів у навчанні геометрії. Запропоновано узагальнену модель педагогічно доцільного використання цифрових інструментів, що передбачає визначення цілей, добір інструментарію, розроблення сценаріїв навчальної діяльності та критеріїв оцінювання результатів. Показано як переваги цифрових технологій (інтерактивність, персоналізація, підвищення мотивації), так і виклики їх упровадження.

Висновки. Узагальнено, що цифрові інструменти є важливим чинником модернізації навчання геометрії та ефективної реалізації STEM-підходу в умовах НУШ. Їх системне використання сприяє переходу до моделі активного пізнання, розвитку дослідницьких умінь і формуванню ключових компетентностей. Стаття може бути корисною вчителям математики, науковцям і фахівцям, які досліджують питання цифровізації та STEM-орієнтованого навчання.

Ключові слова: цифрові інструменти; STEM-підхід; геометрія; доповнена реальність; інформаційно-цифрова компетентність; Нова українська школа.



Digital tools as a means of implementing the STEM approach in teaching geometry within the framework of the New Ukrainian school

Hetmaniuk Oksana

Assistant at the Department of Mathematics and Methods of its Teaching Ternopil

Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

Maksym Kryvonos str., Ternopil, Ukraine, 46027

ORCID: 0009-0007-5552-5516

Abstract. Objective. *The article is devoted to substantiating the didactic potential of digital tools as a means of implementing the STEM approach when studying geometry in the conditions of the New Ukrainian School. The relevance of the work is due to the need to form mathematical and information-digital competencies in students, develop spatial thinking, research skills and the ability to apply knowledge in practical and interdisciplinary contexts.*

Methods. *The study used methods of analysis and generalization of scientific sources, regulatory and legal documents of the National Ukrainian School, logical-analytical and comparative methods, as well as elements of systematization of digital tools according to their didactic functions. The use of these methods allowed us to determine the pedagogical conditions for the effective integration of dynamic mathematical environments, 3D modeling, augmented reality technologies, interactive platforms and artificial intelligence tools into the process of teaching geometry.*

Results. *The article reveals the essence of digital tools in mathematics education, characterizes their technical, software and network components. The functions of digital technologies (information, communicative, visual, analytical, computational) and their role in the formation of STEM competencies are analyzed. The possibilities of using dynamic mathematics systems (GeoGebra), 3D modeling, AR technologies, LMS platforms, mobile applications and cloud services in teaching*



geometry are highlighted. A generalized model of pedagogically appropriate use of digital tools is proposed, which involves defining goals, selecting tools, developing scenarios of educational activities and criteria for evaluating results. Both the advantages of digital technologies (interactivity, personalization, increasing motivation) and the challenges of their implementation are shown.

Conclusions. *It is generalized that digital tools are an important factor in the modernization of geometry teaching and the effective implementation of the STEM approach in the conditions of the National Secondary School. Their systematic use contributes to the transition to a model of active cognition, the development of research skills and the formation of key competencies. The article may be useful to mathematics teachers, scientists and specialists who study the issues of digitalization and STEM-oriented learning.*

Keywords: *digital tools; STEM approach; geometry; augmented reality; information and digital competence; New Ukrainian school.*

Постановка проблеми. Реформа «Нова українська школа» (НУШ) спрямовує освітній процес на формування ключових компетентностей, серед яких особливого значення набувають математична та інформаційно-цифрова компетентності, уміння критично мислити, досліджувати, працювати з даними та застосовувати знання в реальних життєвих ситуаціях. За таких умов традиційна репродуктивна модель навчання геометрії, зосереджена переважно на відтворенні означень і доведень, уже не повністю задовольняє запити сучасної освіти. Потреба переходу до діяльнісної, дослідницької та проектно орієнтованої моделі навчання зумовлює використання цифрових інструментів як педагогічно доцільного засобу навчальної діяльності.

Особливої гостроти ця проблема набуває у процесі вивчення геометрії в контексті дистанційного та змішаного навчання, який став невід'ємною складовою сучасної освітньої практики. За умов обмеженої очної взаємодії



втрачається можливість повноцінної роботи з моделями, демонстраційними засобами, колективного аналізу креслень на дошці. Геометричний матеріал вимагає розвиненої просторової уяви, уміння переходити від наочного зображення до абстрактної моделі, встановлювати зв'язки між елементами фігури, формулювати й доводити твердження. Для значної частини учнів труднощі виникають саме на етапі візуалізації та осмислення просторових відношень, що знижує рівень розуміння й мотивацію до навчання. Динамічні математичні середовища, 2D/3D-моделі дають змогу учням самостійно маніпулювати об'єктами, змінювати параметри, спостерігати закономірності та фіксувати результати, що частково компенсує відсутність безпосереднього контакту з учителем. Крім того, цифрові середовища забезпечують синхронну й асинхронну взаємодію, збереження ходу розв'язання, можливість повторного перегляду побудов і аналізу помилок. Таким чином, у викликах дистанційного навчання цифрові моделі стають не допоміжним, а ключовим дидактичним засобом вивчення геометрії, що підтримує дослідницький характер діяльності та відповідає логіці STEM-підходу.

У межах STEM-підходу цифрові інструменти сприяють формуванню міжпредметних результатів: уміння працювати в команді, презентувати результати, здійснювати рефлексію та самооцінювання. Хмарні сервіси, спільні інтерактивні середовища, електронні портфоліо забезпечують організацію колективної проєктної діяльності, що є невід'ємною складовою STEM-освіти.

Отже, використання цифрових інструментів у процесі вивчення геометрії в межах STEM-підходу є не просто модернізацією форми подання матеріалу, а методично обґрунтованою відповіддю на виклики сучасної освіти. Забезпечує інтеграцію теоретичних знань із практичною діяльністю, сприяє розвитку просторового мислення та дослідницьких умінь, підвищує мотивацію учнів і відповідає стратегічним орієнтирам НУШ щодо формування компетентного, творчого й технологічно грамотного випускника.



Аналіз актуальних досліджень і публікацій. Нормативно-концептуальна база НУШ підкреслює компетентнісну спрямованість і важливість інформаційно-цифрової компетентності як наскрізної, що задає вектор інтеграції цифрових технологій у навчання. Це відображено у концептуальних матеріалах НУШ[1] , а також у державному стандарті базової середньої освіти (затвердженому постановою КМУ[2]) і супровідних роз'яснювальних матеріалах МОН щодо стандарту [3].

На рівні управлінських документів та методичного супроводу розвиток STEM-освіти в Україні підтримується рішеннями й рекомендаціями освітніх інституцій; зокрема, у матеріалах МОН щодо стану та перспектив STEM-освіти задаються орієнтири для методичної роботи й поширення практик [4] . Актуальні методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти на 2025/2026 навчальний рік оприлюднені ІМЗО, що свідчить про стабільний запит системи освіти на STEM-інструменти і сценарії впровадження .

Дослідження у сфері цифрових інструментів для математичної освіти показують, що середовища динамічної математики (передусім GeoGebra) сприяють візуалізації, формуванню дослідницьких умінь і STEM-компетентностей. Зокрема, у працях, присвячених використанню GeoGebra в стереометрії, обґрунтовується позитивний вплив на формування STEM-компетентностей і розвиток просторового мислення[5] . Українські публікації також розглядають динамічні моделі GeoGebra як основу STEM-підходу на уроках математики[6] та описують STEM-орієнтовані сценарії використання хмарного середовища GeoGebra під час вивчення тем із геометрії (наприклад, «Чотирикутники»)[7] .

Доповнити ці висновки можна систематичними оглядами й емпіричними дослідженнями: зокрема, систематичний огляд щодо просторової візуалізації в GeoGebra - підтриманих уроках геометрії підкреслює потенціал інструмента для розвитку просторового мислення та потребу враховувати характеристики учнів і



контекст упровадження. Паралельно зростає інтерес до поєднання GeoGebra з доповненою реальністю та іншими цифровими технологіями в STEAM/STEM-контексті [8].

У ширшій рамці STEM-освіти науковці акцентують роль STEM як чинника розвитку та інновацій і підкреслюють важливість сучасного навчального досвіду, що інтегрує практики, технології та компетентнісні результати. Отже, цифровізація є умовою сучасної компетентнісної освіти; STEM-підхід потребує інструментів моделювання й дослідження; геометрія має високий потенціал для STEM-інтеграції через моделювання простору, конструювання та вимірювання.

У сучасних умовах цифровізації освіти особливої актуальності набуває використання технологій доповненої реальності як одного з інноваційних цифрових інструментів у навчанні геометрії. Як зазначено у дослідженні Б. Беседіна та Є. Одінцової [9], доповнена реальність дозволяє поєднувати реальні об'єкти з віртуальними 3D-моделями, забезпечуючи інтерактивну візуалізацію геометричних фігур і процесів. Такий підхід сприяє кращому розумінню учнями абстрактності навчального матеріалу, розвитку просторового мислення та активному залученню їх до пізнавальної діяльності. AR-технології надають можливість учням взаємодіяти з моделями — обертати, змінювати розміри, досліджувати структуру об'єктів, що істотно підвищує рівень розуміння складних просторових конструкцій.

Застосування таких цифрових інструментів доповненої реальності дозволяє поєднувати традиційні методи навчання з комп'ютерними технологіями, підвищуючи мотивацію учнів і створюючи умови для індивідуалізації освітнього процесу. Важливо, що автори підкреслюють доцільність використання AR в умовах дистанційного навчання, де цифрові моделі стають ефективною альтернативою фізичним демонстраційним засобам.

У статті Н. Є. Рибалко [10] (2023) доповнена реальність і 3D-моделювання розглядаються як ефективні засоби формування цифрової компетентності



старшокласників під час вивчення стереометрії. Авторка обґрунтовує, що використання тривимірних моделей та AR-інструментів сприяє кращій візуалізації просторових об'єктів, розвитку просторового мислення та підвищенню мотивації учнів до навчання. Особливий акцент зроблено на використанні практичних завдань зі створення та дослідження моделей многогранників (призми, піраміди), побудови їх перерізів площинами, визначення кутів між прямими та площинами, а також дослідження взаємного розташування геометричних тіл у просторі. Авторка демонструє, як за допомогою 3D-модельовання учні можуть поетапно конструювати просторові фігури, змінювати їх параметри та спостерігати залежності між елементами. Окрему увагу приділено використанню AR-візуалізації для «занурення» в модель — можливості розглядати об'єкт з різних ракурсів, аналізувати його структуру та перевіряти правильність побудов. Такі приклади ілюструють практичну цінність цифрових інструментів у формуванні як геометричних знань, так і цифрової компетентності учнів.

Дослідження загальних засад STEM-підходу підтверджують його міжпредметний потенціал: О. П. Третяк розкриває можливості STEM-навчання вже на рівні початкової школи, акцентуючи увагу на формуванні дослідницьких умінь з раннього віку [17], тоді як Н. Ю. Нарихнюк, Л. І. Лейбик і В. О. Корнелюк доводять ефективність елементів STEM-орієнтованого навчання для підвищення якості природничо-математичної підготовки студентів коледжу [18; 19]. У контексті геометричної освіти О. О. Шевченко та І. Г. Ключник обґрунтовують STEAM-навчання як інноваційний підхід до викладання геометрії, що інтегрує мистецтво й технології в математичний зміст [16], а Г. Погромська, Н. Махровська та Е. Рогожинська емпірично підтверджують, що засоби STEAM-освіти сприяють формуванню пізнавальної мотивації учнів під час вивчення геометрії [24]. Щодо цифрового супроводу навчального процесу в умовах НУШ, Н. Тарасенкова та І. Акуленко розглядають електронний додаток до підручника



математики як органічний складник сучасного освітнього середовища [21], а О. Поплавська обґрунтовує проєктну діяльність як ефективну форму організації навчання математики в НУШ [23]. Підготовка педагогічних кадрів також потребує переосмислення: К. Іванова аналізує методіку організації навчання елементів геометрії майбутніх учителів початкової школи з урахуванням компетентнісних вимог [22]. На прикладному рівні Г. Д. Катеринюк зі співавторами демонструють конкретні сценарії використання цифрових технологій для реалізації прикладної спрямованості під час вивчення теми «Піраміда» [25], тоді як А. Г. Потапова показує, що картографічний метод у поєднанні з цифровими інструментами розширює можливості просторового мислення учнів у НУШ [20]. Окремо варто виділити роботу К. О. Фоміної, яка системно обґрунтовує дидактичний потенціал технології доповненої реальності у вивченні геометрії, підкреслюючи її роль у візуалізації просторових об'єктів і підвищенні навчальної мотивації [15].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Таким чином, аналіз нормативних документів і наукових досліджень засвідчує зростаючу увагу до цифрових технологій як важливого чинника модернізації математичної освіти та реалізації STEM-підходу в умовах НУШ. Окремі праці переконливо доводять ефективність використання середовищ динамічної математики, 3D-моделювання й технологій доповненої реальності для розвитку просторового мислення, підвищення мотивації учнів і формування цифрової компетентності. Водночас ці дослідження переважно зосереджені на окремих інструментах або фрагментарних методичних рішеннях, що потребує їх систематизації та узагальнення в межах цілісного STEM-контексту.

З огляду на це виникає необхідність комплексного теоретико-методичного осмислення дидактичного потенціалу цифрових інструментів саме як засобу реалізації STEM-підходу під час вивчення геометрії.



Таким чином **метою** даної статті є обґрунтування дидактичного потенціалу цифрових інструментів як засобу реалізації STEM-підходу під час вивчення геометрії в умовах НУШ.тті

Методи дослідження. Науковий пошук передбачав використання методів аналізу та узагальнення наукових джерел, нормативно-правових документів НУШ, логіко-аналітичні та порівняльні методи, а також елементи систематизації цифрових інструментів відповідно до їх дидактичних функцій. Застосування зазначених методів дозволило визначити педагогічні умови ефективної інтеграції динамічних математичних середовищ, 3D-моделювання, технологій доповненої реальності, інтерактивних платформ і засобів штучного інтелекту в процес навчання геометрії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дидактичний інструментарій сучасного уроку математики за концепцією НУШ має забезпечувати активне залучення учнів до пізнавальної діяльності через застосування дослідницьких методів, моделювання реальних процесів та проектну роботу. Обов'язковим компонентом є використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, динамічних геометричних середовищ та інтерактивних платформ, що сприяють візуалізації абстрактних понять і стимулюють самостійний науковий пошук. Зокрема цифрових інструментів, які спрямовані на моделювання освітніх середовищ, їх організаційних, змістових і методичних компонентів; дають змогу активізувати навчально-пізнавальну, дослідницьку діяльність учнів, посилити самостійність у формуванні компетентностей, викликати інтерес до навчання математики.

Реалізація зазначених концептуальних засад зумовлює необхідність цілеспрямованого впровадження цифрових інструментів у процес вивчення геометрії. Це передбачає орієнтацію змісту, організаційних форм і методів навчання на активне використання динамічних математичних середовищ, 3D-моделювання, технологій доповненої реальності та інших цифрових ресурсів для



дослідження геометричних об'єктів і процесів. Такий підхід забезпечує не лише підвищення наочності й доступності навчального матеріалу, а й створює умови для формування в учнів умінь працювати з цифровими моделями, аналізувати просторові структури, перевіряти гіпотези та здійснювати математичне моделювання. Прикладна спрямованість змісту гарантує формування соціально ефективного рівня математичної підготовки, що дозволяє учням успішно оперувати теоретичними знаннями під час розв'язання задач практичного характеру та ефективно опанувати інші навчальні предмети в системі загальної середньої освіти.

Отже, інтеграція цифрових технологій у навчання геометрії виступає не опцією традиційного викладання, а системною складовою сучасного освітнього процесу. Вона змінює характер взаємодії учня з навчальним матеріалом, трансформує способи подання та опрацювання інформації, розширює можливості для моделювання, дослідження й перевірки математичних гіпотез. Саме тому виникає потреба уточнити сутність і функціональне призначення тих засобів, які забезпечують таку трансформацію навчання. У цьому контексті доцільно розглянути, що саме розуміється під цифровими інструментами в математичній освіті та які їхні дидактичні можливості.

Цифрові інструменти в математичній освіті охоплюють сукупність сучасних програмно-апаратних засобів, спрямованих на інтенсифікацію процесів когнітивної діяльності та систематизацію математичних знань.

Технічний складова цифрових інструментів формує фізичну інфраструктуру, необхідну для реалізації сучасних дидактичних моделей. До цієї категорії належать персональні комп'ютери, портативні пристрої (планшети), інтерактивні панелі та проекційні системи.

Засоби візуалізації: інтерактивні дошки та проектори використовуються для статичної та динамічної демонстрації складних математичних об'єктів,



організації мультимедійного супроводу лекційних занять та забезпечення групової взаємодії суб'єктів навчання.

Пристрої індивідуальної роботи: комп'ютери та планшети виступають платформою для безпосередньої взаємодії здобувачів освіти зі спеціалізованим програмним забезпеченням, забезпечуючи умови для персоналізованого навчання та виконання лабораторних робіт.

Програмна складова цифрових інструментів становить інструментальну базу для аналітичної, графічної та моделювальної діяльності. Він диференціюється залежно від завдань та рівня математичної абстракції.

Системи динамічної математики: програмне середовище GeoGebra є ключовим інструментом для інтегрованого вивчення геометрії, алгебри та статистики. Воно дозволяє створювати динамічні моделі, у яких зміна параметрів одного елемента (наприклад, вершини трикутника) миттєво відображається на пов'язаних аналітичних даних.

Системи візуалізації: платформи типу Mathematica та Maple орієнтовані на виконання складних символічних та чисельних обчислень, побудову багатовимірних графіків та аналіз математичних моделей високого рівня складності.

Середовища програмування та моделювання: мови програмування та спеціалізовані середовища, такі як MATLAB і Python, використовуються для алгоритмізації обчислювальних процесів, статистичного аналізу великих масивів даних та симуляції фізико-математичних явищ у межах STEM-проектів.

Інтернет-ресурси складають інформаційний базис цифрових інструментів, забезпечуючи екстериторіальний доступ до верифікованого математичного контенту та інтерактивну взаємодію в межах освітнього простору.

Веб-платформи та LMS: спеціалізовані сайти та системи управління навчанням акумулюють структуровані онлайн-курси, віртуальні тренажери та бази знань, що сприяють розвитку навичок самостійної пізнавальної діяльності.



Мультимедійний освітній контент: відеоуроки та вебінари дозволяють візуалізувати складні алгоритми розв'язання задач, забезпечуючи багаторазове відтворення та поглиблене вивчення специфічних тем у зручному для суб'єкта темпі.

Використання зазначеної сукупності цифрових інструментів дозволяє реалізувати перехід від традиційного навчання до моделі активного пізнання. Розглянемо деякі типи цифрових інструментів для вивчення геометрії.

1. Електронні навчальні платформи. Moodle, Google Classroom, Canvas – це платформи, на яких вчителі можуть створювати онлайн-курси, розміщувати навчальні матеріали, проводити тести, організовувати форуми для спілкування. Microsoft Teams, Google Meet, Zoom – платформи для відеоконференцій, які використовують для проведення онлайн занять, лекцій, семінарів і консультацій.

2. Мультимедійні технології. Презентації: використання програм (наприклад, Power Point, Google Slides, Canva) для створення візуальних матеріалів, які допомагають пояснювати складні теми. Відео та анімація: використовується для демонстрації процесів, експериментів або історичних подій (Youtube, відеоредактори типу Adobe Premiere, Animoto). Інтерактивні дошки: наприклад, Smart Board, Polypad, Gynzy – дозволяють вчителям працювати з контентом на великому екрані, взаємодіяти з ним за допомогою сенсорного керування.

3. Інтерактивне навчання. Інтерактивні програми та додатки: використання програми для створення інтерактивних вправ, тестів та ігор (Kahoot!, Quizlet, WordWall, LearningApps). Віртуальні лабораторії та симулятори: дозволяють учням проводити експерименти віртуально (наприклад моделювання PhET для вивчення як математики так і фізики та хімії)

4. Мобільні додатки. Розв'язувач геометрії – додаток для розв'язування математичних завдань, Geometry Calculator lite – додаток для виконання рисунків і розв'язування задач планіметрії і стереометрії, Desmos – графічний калькулятор



в смартфоні, SAT Math: Geometry – застосунок для створення та виконання тестових завдань з геометрії, AR Geometry (Augmented Reality) — показує 3D-фігури у доповненій реальності.

5. Хмарні технології. Google Drive, OneDrive, Dropbox – для зберігання та спільного доступу до документів, презентацій, таблиць. Google Docs, Microsoft Office 365 – для спільної роботи над документами в реальному часі.

6. Штучний інтелект. Системи адаптивного навчання з використанням ШІ мають на меті створення персоналізованих освітніх матеріалів для кожного учня, з урахуванням його потреб і здібностей.

7. Інтернет-ресурси для навчання. Всеукраїнська школа онлайн (ВШО) – безкоштовний онлайн ресурс, що надає освітні відео та інтерактивні вправи. Classcraft – це програма, яка використовує принципи рольових ігор для створення навчального середовища, в якій учні отримують бали за виконання завдань.

Цифрові технології в освіті можуть значно покращити процес навчання, роблячи його більш інтерактивним та доступним. Використання онлайн-платформи та електронних ресурсів дозволяє вчителям і здобувачам освіти взаємодіяти в будь-який час і з будь-якого місця. Технології віртуальних класів і відеоконференцій підтримують дистанційне навчання. Учні можуть використовувати мультимедійні ресурси, такі як інтерактивні дошки, відео та симуляції, для більш глибокого розуміння складних концепцій. Ці ресурси також сприяють розвитку навичок самостійного навчання та критичного мислення через доступ до онлайн-курсів та платформи для самоосвіти.

Висновки і перспективи подальших досліджень. В результаті проведеного аналізу встановлено, що в межах Нової української школи математика постає як динамічна діяльність, що базується на методологічних знаннях та способах пізнання. Проведений аналіз засвідчує, що цифрові інструменти стали невід’ємною складовою сучасної математичної освіти та



виконують багатофункціональну роль у трансформації навчального процесу. Вони забезпечують перехід від репродуктивної моделі навчання до діяльнісної, дослідницької та проєктно орієнтованої, що відповідає концептуальним засадам НУШ. Інтеграція технічної, програмної та мережевої складових створює цілісне цифрове освітнє середовище, у якому математичні об'єкти постають як динамічні моделі для аналізу, експериментування та перевірки гіпотез. Це сприяє розвитку просторового мислення, цифрової та математичної компетентностей, підвищує мотивацію учнів і забезпечує прикладну спрямованість навчання.

Водночас ефективність використання цифрових інструментів значною мірою залежить від педагогічно обґрунтованої методики їх упровадження. Важливим є не лише наявність технічної інфраструктури, а й розроблення дидактичних сценаріїв, що інтегрують динамічні математичні середовища, 3D-модельовання, AR-технології, інтерактивні платформи та інструменти штучного інтелекту в логіку конкретного уроку або STEM-проєкту. Особливої уваги потребує визначення критеріїв оцінювання сформованості компетентностей в умовах цифрового навчального середовища та підготовка вчителя до ролі фасилітатора дослідницької діяльності учнів.

Перспективи подальших досліджень полягають у створенні цілісної методичної моделі використання цифрових інструментів під час вивчення геометрії, експериментальній перевірці її ефективності в умовах очного, змішаного та дистанційного навчання, а також у вивченні впливу 3D-модельовання, доповненої реальності та адаптивних систем навчання на формування STEM-компетентностей учнів. Актуальним напрямом є також дослідження можливостей інтеграції інструментів штучного інтелекту для персоналізації навчання та автоматизованого аналізу навчальних досягнень.



Список використаних джерел

1. Нова українська школа : концептуальні засади реформування середньої школи [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України. URL: <http://mon.gov.ua/activity/education/zagalna-serednya/ua-sch-2016/konczepczyia.html>
2. Про деякі питання державних стандартів повної загальної середньої освіти : постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898 [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-п#Text>
3. Державний стандарт базової середньої освіти [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrainska-shkola-2/derzhavniy-standart-bazovoi-serednoi-osviti>
4. Рішення колегії Міністерства освіти і науки України щодо розвитку STEM-освіти [Електронний ресурс]. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/kolegiya-ministerstva/2021/12/Rish.12.5-19-08.12.2021.STEM-osvita.pdf>
5. Kramarenko T. H., Pylypenko O. S., Muzyka I. O. Application of GeoGebra in stereometry teaching. *CTE Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 7. P. 705–718. DOI: <https://doi.org/10.55056/cte.418>
6. Botuzova Y. GeoGebra dynamic models at the mathematics lessons as a STEM-approach. *Physical and Mathematical Education*. 2018. No. 17. P. 31–35. DOI: [10.31110/2413-1571-2018-017-3-005](https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-017-3-005)
7. Бондар Г. STEM-освіта на уроках математики з GeoGebra для формування мотивуючого та розвивального освітнього середовища. *Педагогічні науки та освіта*. 2022. Вип. XXXVIII–XXXIX. С. 29–35.
8. Dildabayeva M., Zhaydakbayeva L. Enhancing geometry teaching in STEAM education with interactive learning environments. *International Journal of Information and Education Technology*. 2024. Vol. 14, No. 9. P. 1239–1251.



9. Беседін Б., Одінцова Є. Використання технології доповненої реальності під час вивчення геометрії в закладах загальної середньої освіти. *Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ*. 2024. № 14. С. 84–88. DOI: <https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079142024311429>
10. Рибалко Н. Е. Доповнена реальність і 3D-моделювання як засоби формування цифрової компетентності старшокласників на уроках стереометрії [Електронний ресурс]. *eSSPU Institutional Repository*. 2023. URL: <https://repository.sspu.edu.ua/items/5b0e700a-a743-40ad-979f-e542fa78a5c2>
11. Semenikhina O., Proshkin V., Drushlyak M. Mathematical knowledge control automation within dynamic mathematics programs. *E-learning and STEM Education / sci. ed.* E. Smyrnova-Trybulska. Katowice–Cieszyn, 2019. P. 571–586.
12. Крамаренко Т. Г., Корольський В. В., Семеріков С. О., Шокалюк С. В. Інноваційні інформаційно-комунікаційні технології навчання математики : навч. посіб. / за наук. ред. М. І. Жалдака. 2-ге вид., перероб. і доп. Кривий Ріг : Криворізький державний педагогічний університет, 2019. 444 с.
13. Титаренко Н. Є., Муртазієв Е. Г. Застосування GeoGebra на уроках геометрії. *Новітні засоби навчання: проблеми впровадження та стандартизації : зб. наук. пр.* Київ, 2019. С. 279–282.
14. Schmalstieg D. Geometry education with augmented reality : PhD dissertation. Graz, 2004. 179 p.
15. Фоміна К. О. Застосування технології доповненої реальності у вивченні геометрії. *Сучасні проблеми моделювання*. 2020. № 19. С. 163–178.
16. Шевченко О. О., Ключник І. Г. STEAM-навчання як інноваційний підхід до викладання геометрії. *Наукові записки молодих учених*. 2025. № 14. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/download/2172/2237>
17. Третяк О. П. STEM-підхід до навчання в початковій школі. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2023. № 2(89). С. 36–42. URL: <http://otr.iod.gov.ua/ojs/index.php/otr/article/download/90/90>



18. Нарихнюк Н. Ю., Лейбик Л. І., Корнелюк В. О. Використання елементів STEM-орієнтованого навчання як важлива умова підвищення якості природничо-математичної освіти студентів коледжу [Електронний ресурс]. 2021. URL: <http://ipc-dspace.org.ua/handle/123456789/84>

19. Лейбик Л. І., Нарихнюк Н. Ю., Корнелюк В. О. Використання елементів STEM-орієнтованого навчання як важлива умова підвищення якості природничо-математичної освіти студентів коледжу. *Академічні студії. Серія «Педагогіка»*. 2021. № 1(4). С. 128–136. URL: <http://www.academstudies.volyn.ua/index.php/pedagogy/article/download/174/164>

20. Потапова А. Г. Впровадження картографічного методу при викладанні географії в Новій українській школі [Електронний ресурс]. 2023. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/25339/1/Potapova.pdf>

21. Тарасенкова Н., Акуленко І. Електронний додаток до підручника математики як складник сучасного освітнього середовища в НУШ. *Проблеми сучасного підручника*. 2025. № 34. С. 368–376. URL: <https://iprvid.org.ua/index.php/psp/article/download/802/970>

22. Іванова К. Організація навчання елементів геометрії майбутніх учителів початкової школи. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Педагогічні науки»*. 2024. № 2. С. 94–99. URL: <https://new.ejournal.cdu.edu.ua/pedagogics/article/download/40/44>

23. Поплавська О. Проектна діяльність при вивченні математики в НУШ. *Професійна компетентність педагога: теорія, методика, практика*. 2025. С. 126. URL: <https://vippo.org.ua/files/conference/--2025-1767342707892329.pdf>

24. Погромська Г., Махровська Н., Рогожинська Е. Формування пізнавальної мотивації учнів засобами STEAM-освіти під час навчання геометрії. *Вересень*. 2024. № 3(102). URL: <https://september.moippo.mk.ua/index.php/sept/article/download/389/323>



25. Катеринюк Г. Д., Коношевський О. Л., Матяш О. І., Михайленко Л. Ф. Використання цифрових технологій для реалізації прикладної спрямованості у вивченні теми «Піраміда». *Методичний пошук. Цифрові технології у роботі сучасного вчителя математики*. 2025. С. 57.