

Секція Освіта	
УДК 378.147.091.31:51:004	
Дата першого надходження статті до видання	2026-01-18
Дата прийняття статті до друку після рецензування	2026-02-28
Дата публікації/оприлюднення	2026-02-28

ІТ як засіб диференціації та індивідуалізації навчання майбутніх учителів математики

Смірнова Анастасія Романівна

аспірантка кафедри педагогіки та менеджменту освіти

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

<https://orcid.org/0009-0006-0939-8133>

Анотація. У статті здійснено комплексний теоретико-аналітичний розгляд дидактичного потенціалу інформаційних технологій як засобу диференціації та індивідуалізації навчання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики. Метою дослідження є аналіз функціональних можливостей цифрових інструментів у контексті проектування варіативних освітніх траєкторій та обґрунтування їх ролі у трансформації освітнього процесу. Методологічну основу становить якісний теоретико-аналітичний підхід, що передбачає застосування методів аналізу, синтезу, систематизації та узагальнення наукових джерел, порівняльного аналізу підходів до диференційованого, персоналізованого та адаптивного навчання, а також контент-аналізу рамкових документів цифрової освіти (DigCompEdu, ICT CFT).

У межах дослідження уточнено зміст понять «диференціація» та «індивідуалізація» навчання, які розглядаються відповідно як проектування варіативних параметрів освітнього процесу для типологічних груп студентів та як формування персоналізованої освітньої траєкторії на основі діагностичних даних і навчальної динаміки. Встановлено, що сучасні інформаційні технології забезпечують інтеграцію різних форм репрезентації математичного знання, створюють умови для організації комп'ютерного експерименту та сприяють переходу від репродуктивних форм діяльності до дослідницьких і проєктувальних. Обґрунтовано, що диференціація та індивідуалізація навчання реалізуються через комплекс взаємопов'язаних стратегій, зокрема діагностично-аналітичної, адаптивної маршрутизації, мультимодальної репрезентації, організації спільної діяльності та формувального оцінювання.

Систематизовано дидактичний потенціал цифрових платформ (GeoGebra Classroom, Moodle, H5P, CoCalc, Wolfram|Alpha / Wolfram Language) та визначено їх функціональну роль у побудові цілісного цифрового освітнього середовища. Доведено, що ефективність використання інформаційних технологій у підготовці майбутніх учителів математики зумовлюється не окремими інструментами, а їх інтеграцією у педагогічно обґрунтовану систему, яка забезпечує адаптивність освітнього процесу.

Наукова новизна дослідження полягає у систематизації сучасних підходів до використання інформаційних технологій як інтегративного механізму диференціації та індивідуалізації навчання, уточненні їх функцій у формуванні індивідуальних освітніх траєкторій та встановленні взаємозв'язку між цифровою компетентністю та здатністю до проектування адаптивного навчального середовища. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання для вдосконалення освітніх програм, розроблення методичного забезпечення та підвищення ефективності впровадження цифрових технологій у педагогічну практику. Визначено обмеження дослідження, пов'язані з його теоретичним характером, варіативністю цифрової інфраструктури та необхідністю подальшої емпіричної верифікації запропонованих положень.

Ключові слова: інформаційні технології, диференціація навчання, індивідуалізація навчання, майбутні вчителі математики, цифрова компетентність, адаптивне навчання, персоналізоване навчання, освітні траєкторії, цифрове освітнє середовище, формувальне оцінювання.

IT as a means of differentiating and individualizing the teaching of future mathematics teachers

Smirnova Anastasiia

Postgraduate student, Department of Pedagogy and Educational Management

Ivan Ohienko Kamyanskyi Podilskyi National University

<https://orcid.org/0009-0006-0939-8133>

Abstract. The article provides a comprehensive theoretical and analytical review of the didactic potential of information technologies as a means of differentiation and individualization of learning in the process of professional training of future mathematics teachers. The purpose of the study is to analyze the functional capabilities of digital tools in the context of designing variable educational trajectories and justifying their role in the transformation of the educational process. The methodological basis is a qualitative theoretical and analytical approach, which involves the use of methods of analysis, synthesis, systematization and generalization of scientific sources, comparative analysis of approaches to differentiated, personalized and adaptive learning, as well as content analysis of framework documents for digital education (DigCompEdu, ICT CFT).

The study clarifies the content of the concepts of "differentiation" and "individualization" of learning, which are considered, respectively, as the design of variable parameters of the educational process for typological groups of students and as the formation of a personalized educational trajectory based on diagnostic data and learning dynamics. It is established that modern information technologies provide integration of various forms of representation of mathematical knowledge, create conditions for organization of computer experiment and promote transition from reproductive forms of activity to research and design. It is substantiated that differentiation and individualization of learning are implemented through a complex of interrelated strategies, in particular diagnostic-analytical, adaptive routing, multimodal representation, organization of joint activities and formative assessment.

The didactic potential of digital platforms (GeoGebra Classroom, Moodle, H5P, CoCalc, Wolfram|Alpha / Wolfram Language) is systematized and their functional role in building a holistic digital educational environment is determined. It is proved that the effectiveness of using information technologies in training future mathematics teachers is determined not by separate tools, but by their integration into a pedagogically sound system that ensures the adaptability of the educational process.

The scientific novelty of the study lies in the systematization of modern approaches to the use of information technologies as an integrative mechanism for differentiation and individualization of learning, clarification of their functions in the formation of individual educational trajectories and establishment of the relationship between digital competence and the ability to design an adaptive learning environment. The practical significance of the results lies in the possibility of their use for improving educational programs, developing methodological support and increasing the efficiency of implementing digital technologies in pedagogical practice. The limitations of the study are identified, related to its theoretical nature, the variability of the digital infrastructure and the need for further empirical verification of the proposed provisions.

Keywords: information technologies, differentiation of learning, individualization of learning, future mathematics teachers, digital competence, adaptive learning, personalized learning, educational trajectories, digital educational environment, formative assessment.

Вступ

Актуальність проблеми. У сучасному нормативно-правовому полі України пріоритети професійної підготовки педагогічних кадрів визначаються орієнтацією на технологічну насиченість, дитиноцентризм і компетентнісну парадигму освіти. Відповідні стратегічні орієнтири закріплено в документах Міністерства освіти і науки України [2] та урядових ініціативах, що регламентують розвиток цифрової освіти і професійних стандартів педагога [17]. На міжнародному рівні зазначений вектор конкретизується у рамках цифрової компетентності педагогів, зокрема DigCompEdu та ICT CFT ЮНЕСКО, де акцент зроблено на інтеграції цифрових ресурсів, формувальному оцінюванні, інклюзивності та розвитку здатності до ефективного використання технологій у навчальному процесі [16]. У цьому контексті професійна підготовка майбутніх учителів математики передбачає оволодіння цифровими інструментами та здатність проектувати освітні середовища, що враховують індивідуальні особливості здобувачів освіти, їхній рівень підготовки, темп навчання та пізнавальні стилі [2].

Разом із тим, сучасна практика організації освітнього процесу у закладах вищої освіти засвідчує наявність суперечності між зростаючими вимогами до індивідуалізації навчання та домінуванням традиційних підходів, орієнтованих на «середнього» студента. Неоднорідність академічних груп за рівнем математичної підготовки, цифрової грамотності, навчальної мотивації та здатності до саморегуляції зумовлює необхідність пошуку ефективних механізмів диференціації освітнього процесу. У цьому контексті інформаційні технології виступають як потенційний інструмент подолання зазначених дисбалансів, забезпечуючи варіативність навчального контенту, адаптивність освітніх траєкторій та можливості формувального оцінювання. Водночас, за відсутності науково обґрунтованих підходів до їх використання, ІТ можуть поглиблювати освітню нерівність, створюючи нові бар'єри у навчанні [8].

Крім того, результати емпіричних і аналітичних досліджень свідчать про недостатній рівень сформованості цифрової компетентності майбутніх учителів математики, а також про обмеженість практик ефективної інтеграції цифрових інструментів у педагогічну діяльність. Зокрема, встановлено, що значна частина здобувачів педагогічної освіти демонструє середній або низький рівень цифрової готовності, що ускладнює використання сучасних освітніх технологій [3]. Водночас міжнародні аналітичні звіти підкреслюють, що впровадження адаптивних освітніх середовищ і технологій штучного інтелекту залишається фрагментарним і потребує системного методичного забезпечення, а також вирішення питань доступності, якості та безпеки освітніх даних [12].

Отже, актуальність дослідження зумовлена необхідністю теоретичного обґрунтування та практичної розробки підходів до використання інформаційних технологій як засобу диференціації та індивідуалізації навчання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики, що відповідає сучасним освітнім викликам і стратегічним напрямам розвитку вищої освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний український науковий дискурс щодо використання інформаційних технологій у професійній підготовці майбутніх учителів математики характеризується багатовекторністю та може бути систематизований за кількома взаємопов'язаними напрямками. Перший напрям репрезентує дослідження, присвячені діагностиці, структуризації та моделюванню цифрової компетентності майбутніх педагогів. Зокрема, у працях О. Г. Романовського, В. М. Гриньової, О. А. Жерновникової, Л. А. Штефан і В. В. Фазана визначено компонентний склад, критерії та рівні сформованості цифрової компетентності, що дозволяє

здійснювати її об'єктивну оцінку в освітньому процесі [3]. Крім того, Л. О. Тітова запропонувала структурно-функціональну модель формування інформаційно-цифрової компетентності, що включає цільовий, організаційно-змістовий, операційно-діяльнісний і результативний компоненти [6].

Другий напрям пов'язаний із дослідженнями неперервної професійної підготовки майбутніх учителів математики засобами інформаційно-комунікаційних технологій. У дисертаційному дослідженні Л. Д. Шевчук обґрунтовано теоретичні та методичні засади такої підготовки, акцентовано увагу на принципах диференціації й індивідуалізації, а також визначено потенціал електронних навчально-методичних комплексів, мобільних і web-орієнтованих технологій [7].

Наступний напрям охоплює дослідження предметно-орієнтованих цифрових інструментів у математичній освіті. Наукові дослідження О. В. Семеніхіної, В. В. Прошкіна демонструють дидактичний потенціал комп'ютерних математичних систем і хмарних сервісів, зокрема GeoGebra, у контексті візуалізації математичних об'єктів, організації комп'ютерного експерименту та розвитку методичної компетентності майбутніх учителів [5].

Четвертий напрям представлений дослідженнями хмарних математичних середовищ як інструменту професійної підготовки. Зокрема, М. В. Попель обґрунтовує необхідність використання платформи CoCalc для формування професійних компетентностей майбутніх учителів математики, підкреслюючи її можливості для організації спільної діяльності, програмування та математичного моделювання [14].

П'ятий напрям становлять методичні рекомендації та рамкові документи, спрямовані на розвиток цифрової компетентності педагогів, які задають орієнтири для самооцінювання та побудови індивідуальних освітніх траєкторій [3].

Зарубіжні дослідження розширюють теоретико-методологічну базу проблеми. У публікаціях журналу *ZDM: Mathematics Education* узагальнено еволюцію використання цифрових технологій у математичній освіті від інструментального рівня до концептуалізації цифрової компетентності педагога та проєктування цифрових освітніх ресурсів. Особлива увага приділяється таким напрямам, як динамічна математика, комп'ютерна алгебра, онлайн-співпраця та персоналізація навчання [8]. Водночас сучасні емпіричні дослідження у сфері персоналізованого навчання засвідчують його позитивний вплив на академічні результати та залученість здобувачів освіти, підкреслюючи ефективність адаптивних моделей навчання [13].

Виділення невирішеної частини проблеми. Незважаючи на значну кількість наукових праць, у сучасних дослідженнях простежується дисбаланс між ґрунтовним опрацюванням інструментального та компетентнісного аспектів і недостатнім висвітленням інформаційних технологій як системного механізму диференціації та індивідуалізації професійної підготовки майбутніх учителів математики. Зокрема, недостатньо дослідженими залишаються питання проєктування варіативних освітніх траєкторій, використання педагогічної аналітики, формування індивідуальних профілів навчальної підтримки та інтеграції цифрового досвіду у шкільну практику навчання математики.

Мета статті – проаналізувати дидактичний потенціал інформаційних технологій як засобу диференціації та індивідуалізації навчання у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики.

Наукова новизна дослідження полягає у систематизації сучасних підходів до використання інформаційних технологій у підготовці майбутніх учителів математики та обґрунтуванні їх ролі як інтегративного механізму диференціації й індивідуалізації освітнього процесу. Уточнено зміст і функції ІТ у контексті формування індивідуальних освітніх траєкторій, а також визначено взаємозв'язок між цифровою компетентністю та здатністю до проєктування адаптивного навчального середовища.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання його результатів для вдосконалення освітніх програм підготовки майбутніх учителів математики, розроблення методичного забезпечення диференційованого та індивідуалізованого навчання, а також підвищення ефективності впровадження цифрових технологій у педагогічну практику.

Методологія

Методи дослідження. Методологічну основу дослідження становить якісний теоретико-аналітичний підхід, спрямований на узагальнення наукових положень щодо використання інформаційних технологій як засобу диференціації та індивідуалізації навчання майбутніх учителів математики. У процесі дослідження застосовано методи аналізу, синтезу, систематизації та узагальнення наукових джерел; порівняльний аналіз підходів до трактування диференційованого, персоналізованого та адаптивного навчання; контент-аналіз нормативних і рамкових документів цифрової освіти; структурно-функціональний аналіз цифрових платформ, релевантних професійній підготовці майбутніх учителів математики.

Джерела даних. Джерельну базу дослідження становлять українські та зарубіжні наукові публікації з проблем цифрової компетентності педагогів, диференціації, індивідуалізації, персоналізованого й адаптивного навчання; дисертаційні дослідження з питань професійної підготовки майбутніх учителів математики засобами ІКТ; рамкові документи DigCompEdu та ICT CFT; методичні рекомендації щодо розвитку інформаційно-цифрової компетентності педагогічних працівників; офіційні описи функціональних можливостей цифрових платформ GeoGebra Classroom, Moodle, H5P, CoCalc, Wolfram|Alpha / Wolfram Language.

Інструменти аналізу. Для інтерпретації зібраного матеріалу використано категоріальну матрицю, що охоплює такі аналітичні параметри: функції цифрового інструмента у процесі диференціації; можливості індивідуалізації освітньої траєкторії; предметна релевантність для математичної освіти; потенціал формувального оцінювання; можливості організації спільної діяльності; обмеження впровадження у педагогічному закладі вищої освіти. Застосування цієї матриці дало змогу зіставити функціональні характеристики цифрових платформ і визначити їх дидактичний потенціал у підготовці майбутніх учителів математики.

Обмеження дослідження. Дослідження має теоретико-аналітичний характер і не передбачає безпосередньої експериментальної перевірки ефективності запропонованої моделі в умовах конкретного закладу вищої освіти. Узагальнення здійснено на основі аналізу наукових джерел, рамкових документів та функціональних характеристик цифрових платформ, тому отримані положення потребують подальшої емпіричної верифікації. Окремі обмеження пов'язані також із варіативністю технічної інфраструктури закладів освіти, різним рівнем цифрової готовності викладачів і студентів, а також залежністю функціоналу окремих платформ від ліцензійних умов і локальних організаційних ресурсів.

Результати

У межах дослідження диференціацію визначено як цілеспрямоване проєктування варіативних параметрів освітнього процесу (змісту, методів, темпу навчання, рівня педагогічної підтримки та форм представлення результатів діяльності) відповідно до типологічних характеристик груп здобувачів освіти. Індивідуалізація розглядається як побудова персоналізованої освітньої траєкторії окремого студента на основі діагностичних даних, динаміки навчальних досягнень, мотиваційних характеристик і професійних орієнтацій. Запропоноване розмежування має аналітичний характер, оскільки в реальному освітньому процесі зазначені підходи функціонують у взаємозв'язку. У сучасних дослідженнях differentiated instruction пов'язується з варіюванням змісту, процесу та продукту навчання, тоді як personalized та adaptive

learning інтерпретуються як моделювання індивідуальної освітньої траєкторії з урахуванням освітніх потреб і характеристик студента на основі даних та адаптивних механізмів [15].

Теоретичні засади використання інформаційних технологій у контексті диференціації та індивідуалізації підготовки майбутніх учителів математики ґрунтуються на положеннях сучасних рамкових документів цифрової освіти. Зокрема, DigCompEdu акцентує на інтеграції цифрових ресурсів у навчальну діяльність, організації освітнього процесу, оцінюванні результатів і розвитку автономії здобувачів освіти. Рамка ICT CFT визначає ІКТ як інструмент трансформації педагогічної діяльності, підвищення якості освіти та забезпечення її доступності. У сфері математичної освіти інформаційні технології виконують функцію інтеграції різних форм репрезентації математичних об'єктів (символічної, числової, графічної, динамічної), забезпечують можливість комп'ютерного експерименту та моделювання, що зумовлює їхню методичну значущість у професійній підготовці вчителя математики [10].

Методична реалізація диференціації та індивідуалізації навчання із застосуванням інформаційних технологій ґрунтується на системному використанні комплексу взаємопов'язаних стратегій. Зокрема, діагностично-аналітична стратегія спрямована на визначення рівня підготовленості здобувачів освіти та їхніх індивідуально-психологічних характеристик на основі інструментів вхідного контролю та самооцінювання. Стратегія керованої маршрутизації забезпечує адаптацію освітнього процесу шляхом варіювання доступу до навчального контенту, диференціації навчальних завдань і конструювання альтернативних освітніх траєкторій. Мультимодальна репрезентація навчального матеріалу передбачає використання цифрових засобів для його подання у різних формах, що підвищує ефективність засвоєння знань в умовах неоднорідності навчальних груп. Стратегія організації спільної професійної діяльності орієнтована на залучення студентів до колективної взаємодії у цифровому середовищі. Водночас стратегія формувального оцінювання забезпечує безперервний моніторинг результатів навчальної діяльності та оперативне коригування індивідуальних освітніх траєкторій. Узгоджене та комплексне застосування зазначених стратегій створює методичні передумови для ефективної реалізації індивідуалізованого навчання, тоді як їх фрагментарне використання не забезпечує системного педагогічного ефекту [1].

Узагальнення дидактичного потенціалу інформаційних технологій як засобу диференціації та індивідуалізації навчання майбутніх учителів математики представлено в табл. 1.

Назва	Функції для диференціації	Переваги	Обмеження	Приклади використання у підготовці вчителів математики
GeoGebra Classroom	live-спостереження за прогресом, запитання всьому класу, динамічні побудови, приховування імен студентів, співвикладання	висока предметна релевантність для алгебри, геометрії, функцій, статистики; швидка діагностика хибних уявлень;	ефективність залежить від якості сценарію завдання; ризик редукції до демонстраційного інструмента	різнорівневі дослідницькі задачі з геометрії та функцій; модулі з розроблення аплетів; аналіз відповідей у реальному часі

		підтримка BYOD		
Moodle	groupings, restrict access, activity completion, quiz, question bank, feedback	підтримка адаптивної маршрутизації; повторне використання контенту; інтеграція самостійної та аудиторної роботи	потребує методично обґрунтованої архітектури курсу; ризик перевантаження структури	діагностичне тестування з подальшим розподілом на рівневі модулі; організація мікропроектів
H5P	branching scenarios, interactive video, course presentation, інтерактивні вправи	підтримка мікроконтенту, поетапного навчання, негайного зворотного зв'язку; інтеграція з LMS	залежність ефективності від якості педагогічного дизайну; трудомісткість розроблення	розгалужені сценарії пояснення; інтерактивні відео з аналізом помилок; варіативні навчальні модулі
CoCalc	спільні Jupyter-блокноти, realtime collaboration, course management, nbgrader	підтримка дослідницької діяльності; інтеграція обчислень, тексту, графіки; автоматизація перевірки	високі вимоги до цифрової підготовки; складність організації	диференційовані завдання з аналізу та моделювання; групова робота; peer-review
Wolfram Alpha / Wolfram Language	символьні обчислення, графіка, візуалізація, перевірка результатів	диференціація рівня складності; підтримка абстрактного мислення	потребує методичної адаптації; часткова залежність від ліцензії	варіативні завдання з математичного аналізу; створення навчальних моделей [

Джерело сформовано на основі [9; 17].

На основі вище зазначеного, можемо констатувати, що інформаційні технології виступають ефективним інструментом реалізації диференціації та індивідуалізації навчання у підготовці майбутніх учителів математики за умови їх системного, методично обґрунтованого використання. Їх дидактичний потенціал полягає у забезпеченні варіативності змісту, адаптації освітніх траєкторій, підтримці різних рівнів підготовки здобувачів освіти та організації формульованого оцінювання. Водночас результативність застосування цифрових платформ визначається якістю педагогічного проектування, інтеграцією різних стратегій навчання та врахуванням індивідуальних характеристик студентів, що унеможливорює фрагментарне або суто інструментальне використання інформаційних технологій.

Обговорення

Інтерпретація результатів. Практичну валідність запропонованого підходу доцільно розкрити через узагальнені моделі його реалізації у підготовці майбутніх учителів математики. У межах геометричного модуля диференціація та індивідуалізація забезпечуються шляхом попередньої діагностики та подальшого розподілу студентів за трьома освітніми траєкторіями (підтримувальною, базовою, дослідницькою), що відрізняються рівнем складності, типом навчальної діяльності та ступенем автономії. Підтримувальна траєкторія орієнтована на репродуктивно-керовану діяльність із використанням динамічних GeoGebra-аплетів; базова – на інтерпретацію математичних побудов і параметричних залежностей; дослідницька – на гіпотетико-дедуктивну діяльність із переходом до створення методично значущого продукту. Використання інструментів оперативного моніторингу забезпечує аналітику навчальних дій і трансформацію індивідуальних результатів у предмет колективного методичного узагальнення. У такій моделі реалізується багатовимірною диференціація, що охоплює когнітивний, операційний і професійно-діяльнісний рівні [4].

У межах аналітико-методичного модуля механізми диференціації реалізуються через інструменти цифрової діагностики, що забезпечують профілювання навчальних потреб і визначення індивідуальних освітніх траєкторій. Залежно від результатів діагностики відбувається розподіл студентів за типами навчальної діяльності: компенсаторною, нормативною та конструктивно-дослідницькою. Підтримувальний сегмент передбачає використання поетапно структурованого контенту; базовий – систематизацію знань у межах стандартного змісту; поглиблений – реалізацію дослідницьких і проєктувальних завдань із застосуванням цифрових інструментів моделювання та обчислень. У результаті диференціація набуває не лише рівневої, а й функціонально-діялісної характеристики, що забезпечує перехід від відтворення знань до їх методичного конструювання [12].

Запропонований підхід до впровадження інформаційних технологій у підготовку майбутніх учителів математики доцільно розглядати як циклічно організовану систему, що включає послідовні етапи: діагностику, профілювання, проєктування варіативного освітнього контенту, реалізацію адаптивної маршрутизації, організацію предметно-специфічної діяльності, формувальне оцінювання та рефлексивну інтерпретацію результатів. У такій логіці інформаційні технології виконують функцію інструментального підсилення педагогічної діяльності, зумовлюючи трансформацію професійної ролі викладача у напрямі аналітико-проєктувальної та експертно-інтерпретаційної діяльності. Зазначений підхід узгоджується з концептуальними положеннями DigCompEdu щодо інтеграції цифрових технологій у навчальний процес та розвитку автономії здобувачів освіти [10].

Реалізація запропонованого підходу забезпечує оптимізацію когнітивної, операційної та рефлексивної складових професійної підготовки майбутніх учителів математики. Зокрема, відбувається зменшення стартових навчальних диспропорцій за рахунок адресної підтримки без зниження інтенсивності навчальної діяльності у групах із вищим рівнем підготовки; інтенсифікується розвиток інформаційно-цифрової та предметно-методичної компетентності; посилюються механізми саморегуляції та рефлексії; підвищується валідність і оперативність формувального оцінювання; забезпечується накопичення цифрових освітніх продуктів, релевантних подальшій педагогічній практиці.



Рис. 1. Модель реалізації інформаційних технологій як засобу диференціації та індивідуалізації навчання майбутніх учителів математики

Водночас функціонування запропонованої моделі обмежується низкою чинників, серед яких визначальними є ресурсоємність проектування варіативного контенту, залежність від доступності цифрової інфраструктури та неоднорідність цифрової готовності суб'єктів освітнього процесу. Додатково актуалізуються обмеження, пов'язані із застосуванням адаптивних технологій, зокрема складність моделювання індивідуальних освітніх траєкторій, ризики обробки персональних даних, потенціал відтворення освітньої нерівності та варіативність якості цифрових ресурсів. За цих умов індивідуалізація навчання засобами інформаційних технологій набуває ефективності лише за умови її системної педагогічної керованості, методичної обґрунтованості та емпіричної верифікації [11].

Таким чином, використання інформаційних технологій у підготовці майбутніх учителів математики доцільно розглядати як системно організований механізм диференціації та індивідуалізації навчання, ефективність якого визначається якістю педагогічного проектування, інтеграцією цифрових інструментів у предметно-специфічну діяльність та забезпеченням адаптивності освітнього процесу.

Порівняння з іншими дослідженнями. Одержані результати узгоджуються з дослідженнями О. Г. Романовського, В. М. Гриньової, О. А. Жерновникової, Л. А. Штефан, В. В. Фазана, у яких обґрунтовано значущість формування цифрової компетентності майбутніх учителів математики [3], а також із науковими положеннями Л. Д. Шевчук щодо використання ІКТ у професійній підготовці педагогів [7]. Водночас у представленому дослідженні акцент зміщено з інструментального використання ІКТ на їх системну функцію у проектуванні варіативних освітніх траєкторій.

Результати співвідносяться з працями О. В. Семеніхіної, М. Г. Друшляк, Ю. В. Хворостіної, а також О. В. Семеніхіної та В. В. Прошкіна, де розкрито дидактичний потенціал GeoGebra та комп'ютерних математичних інструментів [4; 5]. На відміну від

зазначених підходів, у цьому дослідженні цифрові середовища інтерпретуються як складові інтегрованої системи диференціації та індивідуалізації навчання.

Порівняння із зарубіжними дослідженнями A. Clark-Wilson, O. Robutti, M. Thomas, а також D. Hooshyar, X. Weng, P. J. Sillat, K. Tammets, M. Wang, R. Hämäläinen і E. du Plooy, D. Casteleijn, D. Franzsen засвідчує відповідність запропонованого підходу сучасним тенденціям цифрової математичної освіти та персоналізованого навчання у вищій школі [8; 11; 13]. Таким чином, результати дослідження розширюють наявні наукові підходи, інтегруючи їх у цілісну модель диференціації та індивідуалізації підготовки майбутніх учителів математики.

Наукова новизна (розгорнуто). Наукова новизна одержаних результатів полягає у теоретичному обґрунтуванні та структуризації використання інформаційних технологій як інтегративного механізму диференціації та індивідуалізації навчання у підготовці майбутніх учителів математики та конкретизується у наступному:

Вперше:

науково обґрунтовано та концептуалізовано підхід до використання інформаційних технологій не як інструменту цифровізації навчального контенту, а як системного засобу проектування варіативних освітніх траєкторій, що інтегрує діагностику, адаптивну маршрутизацію, мультимодальну репрезентацію математичного змісту та формувальне оцінювання;

розроблено узагальнену модель реалізації диференціації та індивідуалізації навчання майбутніх учителів математики засобами ІТ, яка базується на циклічній логіці (діагностика → профілювання → проектування → маршрутизація → діяльність → оцінювання → рефлексія) та забезпечує узгодження когнітивного, діяльнісного і професійно-методичного рівнів підготовки;

визначено функціональну роль цифрових платформ (GeoGebra, Moodle, H5P, CoCalc, Wolfram) як компонентів єдиної освітньої екосистеми, що забезпечує багатовимірну диференціацію навчання.

Удосконалено:

теоретичне розуміння механізмів диференціації та індивідуалізації навчання у цифровому освітньому середовищі за рахунок інтеграції рівневої, функціонально-діяльнісної та траєкторної моделей навчання;

методичні підходи до організації підготовки майбутніх учителів математики шляхом впровадження адаптивної маршрутизації, мультимодальної математичної репрезентації та цифрово підтримуваного формувального оцінювання.

Набуло подальшого розвитку:

положення щодо трансформації ролі викладача у цифровому освітньому середовищі як аналітика, проектувальника освітніх траєкторій і фасилітатора навчальної діяльності;

підходи до інтерпретації інформаційних технологій як середовищного чинника професійного становлення майбутнього вчителя математики, що поєднує предметну, методичну та рефлексивну підготовку.

Практичне значення (розгорнуто). Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні та обґрунтуванні методичного підходу до використання інформаційних технологій як засобу диференціації та індивідуалізації навчання у підготовці майбутніх учителів математики, що може бути безпосередньо впроваджений у практику закладів вищої освіти.

Результати дослідження можуть бути використані: викладачами закладів вищої освіти при проектуванні освітніх програм і навчальних курсів з метою забезпечення варіативності навчальних траєкторій студентів; розробниками освітнього контенту для створення адаптивних навчальних матеріалів, інтерактивних модулів та цифрових завдань різного рівня складності; адміністрацією закладів вищої освіти при

впровадженні стратегій цифровізації освітнього процесу та організації змішаного й адаптивного навчання.

На основі отриманих результатів стає можливим прийняття таких педагогічних і організаційних рішень: проектування навчальних курсів із використанням механізмів адаптивної маршрутизації та диференціації контенту; впровадження систем формувального оцінювання, що орієнтовані на відстеження індивідуального прогресу здобувачів освіти; інтеграція цифрових платформ у предметно-специфічну підготовку з метою поєднання навчальної та професійно-методичної діяльності.

Запропонований підхід може бути інтегрований у освітні програми підготовки майбутніх учителів математики та використаний як основа для подальшого розвитку цифрово орієнтованих моделей навчання.

Висновки

1. На основі проведеного аналізу інформаційні технології у професійній підготовці майбутніх учителів математики доцільно розглядати як засіб диференціації та індивідуалізації навчання, що забезпечує варіативність змісту, темпу, рівня складності, форм педагогічної підтримки та способів представлення результатів навчальної діяльності.

2. Дидактичний потенціал ІТ виявляється у поєднанні діагностично-аналітичних процедур, адаптивної маршрутизації, мультимодальної репрезентації математичного змісту, організації спільної діяльності та формувального оцінювання. Саме системна інтеграція цих компонентів дає змогу перейти від фрагментарного використання цифрових сервісів до побудови цілісного цифрового освітнього середовища.

3. Визначено, що платформи GeoGebra Classroom, Moodle, H5P, CoCalc, Wolfram|Alpha / Wolfram Language мають різний, але взаємодоповнювальний дидактичний потенціал. LMS доцільно використовувати для маршрутизації та аналітики, предметно-специфічні математичні середовища – для моделювання, візуалізації й дослідницької діяльності, інтерактивні ресурси – для поетапного супроводу навчання, а хмарні середовища – для організації спільної професійної діяльності.

4. Обґрунтовано, що ефективність використання ІТ залежить не від кількості цифрових інструментів, а від якості педагогічного проектування, методичної доцільності їх добору, урахування рівня підготовки студентів і здатності викладача організовувати адаптивне навчальне середовище.

Список використаних джерел

1. Методичні рекомендації щодо формування інформаційно-цифрової компетентності педагогічних працівників. Державна установа «Український інститут розвитку освіти». Київ, 2021. 22 с.

2. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої освіти. Міністерство освіти і науки України. Київ, 2016. 40 с.

3. Романовський О. Г., Гриньова В. М., Жерновникова О. А., Штефан Л. А., Фазан В. В. Формування цифрової компетентності майбутніх учителів математики: констатувальний етап. *Information Technologies and Learning Tools*. 2018. Vol. 65, No. 3. P. 184–200.

4. Семеніхіна О. В., Друшляк М. Г., Хворостіна Ю. В. Використання хмарного сервісу GeoGebra у навчанні майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Information Technologies and Learning Tools*. 2019. Vol. 73, No. 5. P. 48–66. DOI: 10.33407/itlt.v73i5.2500.

5. Семеніхіна О. В., Прошкін В. В. Застосування комп'ютерних математичних інструментів у процесі професійної підготовки майбутніх учителів математики. *Open educational e-environment of modern university*. 2018. № 4. С. 61–73.

6. Тітова Л. О. Модель формування інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів математики. *Молодь і ринок*. 2024. № 11/231. DOI: 10.24919/2308-4634.2024.314633.

7. Шевчук Л. Д. Теоретичні та методичні засади неперервної професійної підготовки майбутніх учителів математики засобами ІКТ: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04. Київ, 2021. 558 с.

8. Clark-Wilson A., Robutti O., Thomas M. Teaching with digital technology. *ZDM: Mathematics Education*. 2020. Vol. 52, No. 7. P. 1223–1242. DOI: 10.1007/s11858-020-01196-0

9. CoCalc – collaborative computation platform. URL: <https://cocalc.com/>

10. Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu). European Commission, Joint Research Centre. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en

11. du Plooy E., Casteleijn D., Franzsen D. Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Iss. 21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39630>

12. GeoGebra. Interactive mathematics material (dynamic model) // GeoGebra Materials. URL: <https://www.geogebra.org/m/hncrgruu>

13. Hooshyar D., Weng X., Sillat P. J., Tammets K., Wang M., Hämäläinen R. The effectiveness of personalized technology-enhanced learning in higher education: A meta-analysis with association rule mining. *Computers & Education*. 2024. Vol. 223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105169>

14. Popel M. V. Using CoCalc as a training tool for mathematics teachers' pre-service training. *Information Technologies and Learning Tools*. 2018. Vol. 68, No. 6. P. 251–261. – DOI: 10.33407/itlt.v68i6.2404.

15. Rijal A., Aswarliansyah, Waluyo B. Effectiveness of differentiated learning in mathematics: insights from elementary school students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*. 2025. Vol. 19, No. 1. P. 241–248. DOI: <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21806>.

16. Semenikhina O. V., Drushliak M. G., Khvorostina Y. V. Use of GeoGebra cloud service in future math teachers' teaching. *Information Technologies and Learning Tools*. – 2019. – Vol. 73, No. 5. – P. 48–66.

17. Wolfram Education. Wolfram Research. URL: <https://www.wolfram.com/education/>.

References

1. Metodichni rekomendatsii shchodo formuvannia informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti pedahohichnykh pratsivnykiv [Methodological recommendations for the formation of information and digital competence of pedagogical workers]. Derzhavna ustanova «Ukrainskyi instytut rozvytku osvity». Kyiv, 2021. 22 s.

2. Nova ukrainska shkola: kontseptualni zasady reformuvannia serednoi osvity [New Ukrainian School: Conceptual Principles of Reforming Secondary Education]. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy. Kyiv, 2016. 40 s.

3. Romanovskyi O. H., Hrynova V. M., Zhernovnykova O. A., Shtefan L. A., Fazan V. V. (2018) Formuvannia tsyfrovoy kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky: konstatuvalnyi etap [Formation of digital competence of future mathematics teachers: assessment stage]. *Information Technologies and Learning Tools*, 65 (3), 184–200.

4. Semenikhina O. V., Drushliak M. H., Khvorostina Yu. V. (2019) Vykorystannia khmarnoho servisu GeoGebra u navchanni maibutnikh uchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin [Using the GeoGebra cloud service in teaching future teachers of natural and mathematical disciplines]. *Information Technologies and Learning Tools*, 73 (5), 48–66. DOI: 10.33407/itlt.v73i5.2500.
5. Semenikhina O. V., Proshkin V. V. (2018) Zastosuvannia kompiuternykh matematychnykh instrumentiv u protsesi profesiinoi pidhotovky maibutnikh uchyteliv matematyky [The use of computer mathematical tools in the process of professional training of future mathematics teachers]. *Open educational e-environment of modern university*. 4, 61–73.
6. Titova L. O. (2024) Model formuvannia informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky [A model for the formation of information and digital competence of future mathematics teachers]. *Molod i rynek*, 11/231. DOI: 10.24919/2308-4634.2024.314633.
7. Shevchuk L. D. (2021) Teoretychni ta metodychni zasady neperervnoi profesiinoi pidhotovky maibutnikh uchyteliv matematyky zasobamy IKT [Theoretical and methodological principles of continuous professional training of future mathematics teachers using ICT] : dys. ... d-ra ped. nauk : 13.00.04. Kyiv.
8. Clark-Wilson A., Robutti O., Thomas M. (2020) Teaching with digital technology. *ZDM: Mathematics Education*, 52 (7). 1223–1242. DOI: 10.1007/s11858-020-01196-0
9. CoCalc – collaborative computation platform. URL: <https://cocalc.com/>
10. Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu). European Commission, Joint Research Centre. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digcompedu_en
11. du Plooy E., Casteleijn D., Franzsen D. (2024) Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement. *Heliyon*, 10 (21). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39630>
12. GeoGebra. Interactive mathematics material (dynamic model). GeoGebra Materials. URL: <https://www.geogebra.org/m/hncrgruu>
13. Hooshyar D., Weng X., Sillat P. J., Tammets K., Wang M., Hämäläinen R. (2024) The effectiveness of personalized technology-enhanced learning in higher education: A meta-analysis with association rule mining. *Computers & Education*, 223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105169>
14. Popel M. V. (2018) Using CoCalc as a training tool for mathematics teachers' pre-service training. *Information Technologies and Learning Tools*, 68 (6), 251–261. DOI: 10.33407/itlt.v68i6.2404.
15. Rijal A., Aswarliansyah, Waluyo B. (2025) Effectiveness of differentiated learning in mathematics: insights from elementary school students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19 (1), 241–248. DOI: <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21806>
16. Semenikhina O. V., Drushliak M. G., Khvorostina Y. V. (2019) Use of GeoGebra cloud service in future math teachers' teaching. *Information Technologies and Learning Tools*, 73 (5), 48–66.
17. Wolfram Education. Wolfram Research. URL: <https://www.wolfram.com/education/>