



” Мельник С. Інтелектуальні тьюторські системи в освітньому процесі для підготовки майбутніх ІТ-фахівців. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2026. Том 14, № 2. С. 85-92. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i2-011>.

Melnyk S. Intellectuální tutorské systémy v osvitnomu protsesi dlia pidhotovky maibutnih IT-fakhivtsiv [Intelligent tutoring systems in the educational process for the training of future IT-specialists]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Educatio. Innovation. Practice*, 2026. Vol. 14, No 2. S. 85-92. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol14i2-011>.

УДК 37.091.2:004.8-021.111(045)

DOI: 10.31110/2616-650X-vol14i2-011

Сергій МЕЛЬНИК

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

<https://orcid.org/0009-0002-8223-6393>

serhiimelnik@gmail.com

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЬЮТОРСЬКІ СИСТЕМИ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІТ-ФАХІВЦІВ

Анотація. Стаття пропонує теоретично обґрунтовану методичну основу впровадження інтелектуальних тьюторських систем (ІТС) у підготовку майбутніх ІТ-фахівців із залученням генерувальних мовних моделей, що адресує виявлену в літературі прогалу між традиційними методами навчання програмування та сучасними вимогами ІТ-ринку. На тлі швидкої еволюції мов програмування та високого відсіву на вступних курсах від 30% до 50% автор систематизує архітектуру ІТС (доменна, студентська, тьюторська моделі та інтерфейс) і теоретично обґрунтовує, як поєднання розмовної моделі з діагностичними алгоритмами має потенціал забезпечувати адаптивні траєкторії навчання й оперативний зворотний зв'язок. Ключова новизна — концептуальна модель *guidance-practice-transformation (G-P-T)*, що пропонує структурування процесу навчання через три етапи від пояснювальних підказок до самостійних проєктів і перенесення знань у нові контексти, яка розроблена на основі синтезу теорій конструктивізму, андрагогіки та когнітивного навантаження. Аналіз метааналітичних досліджень показує: класичні ІТС забезпечують приріст успішності близько 0.61–0.80 стандартних відхилень, а застосування сучасних мовних моделей демонструє ще вищий ефект близько 0.867. Порівняння дисциплін виявляє найбільший потенціал у програмуванні завдяки можливості генерувати й перевіряти код, проте огляд літератури ідентифікує обмеження: помилкові відповіді, зниження самостійності, ризики академічної недоброчесності. Практичний внесок — концептуальна рамка впровадження: проєктування доменної бази знань під Elixir, Python, Java; алгоритми діагностики рівня; сценарії G-P-T для трьох модулів; правила подвійної верифікації відповідей за офіційною документацією; механізми етичного контролю; вимоги до цифрової грамотності викладачів і студентів; орієнтири локалізації під український контекст. Обґрунтовано узгодженість підходу з конструктивізмом, андрагогікою та теорією когнітивного навантаження: система має потенціал оптимізувати інформацію, активує попередні знання, надає підказки лише за потреби й поступово зменшує підтримку. Окреслено напрями подальших досліджень: емпірична перевірка запропонованої моделі, україномовні корпуси та глосарії, порівняння дисциплін (алгоритми, DevOps, кібербезпека), автоматична верифікація відповідей і протидія протидія помилковим відповідям. Стаття пропонує теоретично обґрунтовану практичну рамку, що має потенціал підвищувати навчальні результати, зменшувати відсів і сприяти культурі академічної доброчесності в ІТ-освіті України.

Ключові слова: інтелектуальна тьюторська система; ChatGPT; програмування; Elixir; підготовка ІТ-фахівців; персоналізоване навчання; педагогічна інформатика; адаптивні технології.

Serhii MELNYK

Bohdan Khmelnytsky National University at Cherkasy, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0002-8223-6393>

serhiimelnik@gmail.com

INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS IN THE EDUCATIONAL PROCESS FOR THE TRAINING OF FUTURE IT-SPECIALISTS

Abstract. The article offers a theoretically grounded methodological basis for implementing intelligent tutoring systems (ITS) in the training of future IT specialists, leveraging generative language models, thereby addressing the gap identified in the literature between traditional programming training methods and modern IT market requirements. Against the background of the rapid evolution of programming languages and the high dropout rate in introductory courses of 30% to 50%, the author systematizes the ITS architecture (domain, student, tutor models, and interface) and theoretically justifies how the combination of the conversational model with diagnostic algorithms has the potential to provide adaptive learning trajectories and operational feedback. Key novelty – conceptual model *guidance-practice-transformation (G-P-T)*, which offers structuring of the learning process through three stages from explanatory hints to independent projects and transfer of knowledge to new contexts, which is developed on the basis of the synthesis of theories of constructivism, andragogy, and cognitive load. Analysis of meta-analytical studies shows that classical ITS provides a success gain of about 0.61–0.80 standard deviations, and the use of modern language models shows an even higher effect of about 0.867. A comparison of disciplines reveals the greatest potential in programming due to the ability to generate and verify code, but a literature review identifies limitations: false answers, reduced autonomy, and risks of academic dishonesty. Practical contribution — conceptual framework of implementation: design of domain knowledge bases for Elixir, Python, and Java; level-diagnostic algorithms; G-P-T scenarios for three modules; rules for double verification of answers according to official documentation; mechanisms of ethical control; requirements for digital literacy of teachers and students; localization guidelines for the Ukrainian context. The consistency of the approach with constructivism, andragogy, and cognitive load theory is substantiated: the system has the potential to optimize information, activate previous knowledge, provide hints only when necessary, and gradually reduce support. Areas of further research are outlined: empirical verification of the proposed model; Ukrainian-language corpora and glossaries; comparison

across disciplines (algorithms, DevOps, cybersecurity); automatic verification of answers; and countermeasures against false answers. The article offers a theoretically grounded, practical framework that has the potential to improve educational outcomes, reduce dropouts, and promote a culture of academic integrity in IT education in Ukraine.

Keywords: intelligent tutor system; ChatGPT; programming; Elixir; IT-specialist training; personalized training; pedagogical informatics; adaptive technologies.

Постановка проблеми. Швидкий розвиток інформаційних технологій та цифровізація економіки зумовлюють зростання потреби у кваліфікованих ІТ-фахівцях. Аналіз літератури виявляє критичну прогалину між темпами оновлення технологій та здатністю традиційної освітньої системи адаптуватися до цих змін [4, 15, 19, 21]. Згідно з дослідженнями ринку праці, існує значний розрив між навичками випускників та потребами роботодавців [1]. Університети та курси підготовки зустрічаються з труднощами, пов'язаними зі збільшенням обсягу необхідних знань, швидкою еволюцією мов програмування, опануванням парадигм паралельного програмування та алгоритмічного мислення. Традиційні освітні моделі, засновані на лекціях та групових практичних заняттях, не забезпечують достатньої індивідуалізації та адаптивності, що призводить до дефіциту уваги та зворотного зв'язку для студентів. Теоретичний аналіз різних освітніх підходів дозволяє припустити: традиційне навчання забезпечує базовий рівень засвоєння матеріалу, змішане навчання (blended learning) покращує доступність, адаптивне навчання підвищує персоналізацію, тоді як запропонована методологія G-P-T з використанням ІТС має потенціал поєднувати переваги як змішаного так і адаптивного підходів. Дослідження ефективності інтелектуальних тьюторських систем демонструють значну перевагу індивідуального наставництва над груповим навчанням, проте його масштабування у масових програмах є неможливим [14].

Освоєння сучасних функціональних мов програмування, таких як Elixir чи Haskell, що вимагають абстрактного мислення та розуміння рекурсії, часто супроводжується значною фрустрацією у студентів на початкових етапах навчання. Міжнародні дослідження вказують на високий рівень відрахувань або невдачі при складанні іспитів (30-50%) на вступних курсах з програмування, а масові онлайн-курси характеризуються ще вищим показником відсіву – до 90% [16]. Наприклад, лише 19.2% із 50000 зареєстрованих слухачів MOOC «Functional Programming Principles in Scala» завершили навчання [18]. Для українського контексту характерні додаткові проблеми: мовний бар'єр через брак україномовних ресурсів, необхідність підвищення цифрової грамотності викладачів, відсутність адаптації навчальних матеріалів до локального ІТ-ринку. У цьому контексті інтелектуальні тьюторські системи – програмні комплекси, що забезпечують персоналізоване навчання – розглядаються як оптимальне рішення, що поєднує переваги індивідуального підходу з економічною доцільністю масового впровадження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші ІТС з'явилися на початку 1970-х років і поступово перейшли від простого програмованого навчання до адаптивних діалогових систем. Аналіз еволюції ІТС виявляє три основні етапи: rule-based системи (1970-1990) з ефектом 0.35, інтелектуальні адаптивні системи (1990-2015) з ефектом 0.66, та системи на основі генеративного ШІ (2015-сьогодні) з ефектом до 0.86, що демонструє якісний стрибок в ефективності на кожному етапі [2, 13, 14]. Мета-аналітичне дослідження Флетчера та Куліка охопило 50 контрольованих оцінок ІТС та продемонструвало значний позитивний вплив на успішність студентів: медіанне підвищення успішності становить 0.66, а середнє – 0.61. Це відповідає переходу студента з 50-го до 75-го перцентилу та свідчить про перевагу використання ІТС у 92% випадків порівняно з традиційними методами навчання. Ефективність ІТС також перевищує результати класичних комп'ютерних курсів та індивідуального репетиторства, де приріст успішності оцінюється у 0.40 стандартних відхилення [14].

Порівняльний аналіз різних освітніх підходів виявляє унікальні переваги запропонованої методології G-P-T: традиційне навчання забезпечує лінійну траєкторію без персоналізації; змішане навчання (blended learning) комбінує онлайн та офлайн формати, але не адаптується до індивідуальних потреб; адаптивне навчання враховує темп студента, але обмежене попередньо визначеними сценаріями. Натомість теоретична модель G-P-T з ІТС передбачає динамічну адаптацію через три фази (керівництво → практика → трансформація), забезпечуючи персоналізований зворотний зв'язок у реальному часі та генерацію унікальних навчальних матеріалів для кожного студента [6, 22].

Систематичний огляд ШІ-керуваних ІТС для початкової та середньої освіти підтвердив попередні висновки про високу ефективність, особливо систем, що використовують алгоритми детального відслідковування дій учня (0.75-0.80) [5]. Підкреслюється необхідність інтеграції ІТС як доповнення до традиційного навчання під керівництвом викладача, а не як його заміна.

Поява генеративних мовних моделей (ГММ) стимулювала новий етап розвитку ІТС. Мета-аналіз 2025 року, що охопив 51 емпіричне дослідження, встановив значний позитивний вплив використання ChatGPT та аналогічних моделей на навчальні результати ($g=0.867$), а також на сприйняття навчання та розвиток критичного мислення [23]. Цей ефект перевищує середні показники класичних ІТС і вказує на потенціал ГММ у забезпеченні природної діалогової взаємодії. Дослідження щодо курсу Data Analytics підтвердило, що ChatGPT сприяє розробці навчальних матеріалів та генерації

коду, надає студентам пояснення, проте ідентифіковано ризики у вигляді неточностей та помилкових посилань, що потребують обов'язкової верифікації [8].

Опитування студентів-програмістів у міжнародних дослідженнях вказують що мовні моделі зменшують фрустрацію та допомагають у відлагодженні коду, але можуть знижувати здатність до самостійного вирішення задач [9, 11]. Це підкреслює необхідність формування критичного ставлення до ШІ та дотримання етичних норм. Питання академічної доброчесності та захисту персональних даних залишаються ключовими, що узгоджується з вимогами законодавства України у сфері освіти.

Виявлена наукова прогалина полягає у відсутності комплексної теоретичної моделі інтеграції генеративних мовних моделей в ІТС для підготовки ІТ-фахівців, яка б:

- 1) враховувала специфіку навчання програмуванню з його унікальними вимогами до практичної верифікації коду;
- 2) забезпечувала баланс між автоматизованою підтримкою та розвитком самостійності;
- 3) була адаптована до українського освітнього контексту;
- 4) мала теоретичне обґрунтування на основі сучасних педагогічних теорій. Запропонована методологія G-P-T адресує цю прогалину.

Мета дослідження: розробити теоретично обґрунтовану методичну основу для впровадження інтелектуальних тьюторських систем у підготовку майбутніх ІТ-фахівців, яка б синтезувала досягнення сучасних педагогічних теорій та технологічних можливостей ШІ для подолання виявлених обмежень традиційних підходів. Запропонована модель передбачає подальшу емпіричну перевірку її ефективності в умовах української освітньої системи. Для досягнення цієї мети ставляться завдання:

1. Провести критичний аналіз існуючих підходів до використання ІТС у навчанні програмуванню.
2. Розробити концептуальну модель G-P-T на основі синтезу педагогічних теорій.
3. Обґрунтувати архітектуру ІТС для навчання програмуванню.
4. Запропонувати практичні рекомендації для впровадження в українському контексті.
5. Окреслити напрями емпіричної перевірки запропонованої моделі.

Методи дослідження. Стаття ґрунтується на теоретичному аналізі та дизайн-орієнтованому підході. Для визначення ефективності ІТС було опрацьовано мета-аналітичні огляди та експериментальні дослідження. При створенні концептуальної моделі враховувалися підходи конструктивізму, андрагогіка та теорія когнітивного навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. ІТС зазвичай складається з чотирьох компонентів – доменної моделі, яка структурує знання; студентської моделі, що відстежує рівень підготовки; тьюторської моделі, яка обирає педагогічні стратегії; та інтерфейсу, що забезпечує діалог і відображення матеріалу. Ці компоненти взаємодіють для реалізації адаптивного навчання, коли система аналізує відповіді та коригує складність завдань.

Теоретичне обґрунтування вибору методології G-P-T базується на критичному аналізі альтернативних педагогічних підходів та специфіці навчання дорослих. Змішане навчання (blended learning), незважаючи на поєднання онлайн та офлайн форматів, характеризується обмеженою адаптивністю до індивідуальних потреб студентів: воно передбачає однакову траєкторію для всіх учасників без урахування їхнього початкового рівня та темпу засвоєння матеріалу. Адаптивне навчання (adaptive learning), хоча й враховує індивідуальний темп, обмежене попередньо визначеними сценаріями та не забезпечує генерації нових пояснень чи завдань у реальному часі [6, 22]. На противагу цим підходам, запропонована методологія G-P-T інтегрує можливості генеративних мовних моделей для створення динамічного діалогу, що теоретично обґрунтовується андрагогічною теорією М. Ноулза про самокерованість дорослих учнів та їхню орієнтацію на практичне застосування знань [3].

Ключова відмінність G-P-T від існуючих підходів полягає у трифазній структурі, що відповідає циклу досвідного навчання Д. Колба: на етапі guidance (керівництво) система забезпечує концептуалізацію через пояснення та приклади; на етапі practice (практика) – активне експериментування з поступовим зменшенням допомоги відповідно до прогресу студента; на етапі transformation (трансформація) – рефлексивне спостереження та перенесення знань у нові професійні контексти [12]. Така структура концептуально узгоджується з теорією саморегульованого навчання Б. Циммермана, яка акцентує на здатності дорослих студентів самостійно планувати, моніторити та оцінювати власний навчальний процес [24].

Методологія guidance-practice-transformation (G-P-T) складається з трьох фаз:

1. Guidance (керування) – система надає пояснення, порівняння та приклади нових концепцій. Наприклад, при вивченні алгоритмів сортування студенту надають псевдокод, демонстраційні відео та аналогії. З позиції теорії когнітивного навантаження Дж. Свеллера, цей етап спрямований на оптимізацію продуктивного навантаження через структуровану подачу інформації та мінімізацію надлишкового навантаження завдяки адаптивності пояснень [20]. Відповідно до принципів

андрагогіки, на цьому етапі важливо пов'язувати новий матеріал із попереднім професійним досвідом студента.

2. Practice (практика) – студент виконує завдання різної складності, отримуючи миттєвий зворотний зв'язок. Система може пропонувати невеликі підказки, але не розв'язує задачу за студента. Теоретичним підґрунтям цього етапу є концепція deliberate practice А. Еріксона, яка наголошує на цілеспрямованому тренуванні з негайним зворотним зв'язком як ключовому механізмі формування професійної експертності [10].

3. Transformation (трансформація) – студент застосовує знання у нових контекстах: розв'язує задачі іншої тематики, бере участь у командних проєктах, оптимізує власні рішення. Цей етап концептуально базується на теорії трансформативного навчання Дж. Мезірова, яка передбачає критичну рефлексію та зміну перспективи, а також на вищих рівнях таксономії Б. Блума (аналіз, синтез, оцінювання) [7, 17].

Реалізація методології guidance-practice-transformation у навчальних програмах передбачає структурування матеріалу в три модулі. Перший модуль спрямований на засвоєння базових конструкцій мови програмування, другий – на поглиблене вивчення рекурсії та функцій вищого порядку з трансформацією імперативних алгоритмів, а третій – на ознайомлення з паралельністю, акторною моделлю та відмовостійкістю. Для забезпечення ефективності методології G-P-T передбачається поступове зменшення рівня підтримки: від детальних інструкцій у першому модулі до максимальної самостійності студентів у третьому, що супроводжується практичними завданнями, міні-проєктами та рефлексією.

Українська система освіти характеризується певними особливостями, зокрема нормативними законами «Про освіту» та «Про вищу освіту», значною часткою російськомовних або англійськомовних навчальних матеріалів з програмування, а також необхідністю підвищення цифрової компетентності викладачів. Контекстуальна специфіка зумовлює необхідність адаптації запропонованої теоретичної моделі: локалізація включає не лише переклад інтерфейсу, але й культурну адаптацію прикладів, урахування особливостей національної термінології та інтеграцію з українськими освітніми стандартами.

Рекомендації щодо впровадження ІТС:

1. Чітке структурування запитів і завдань. Викладачі мають формулювати конкретні промпти, що забезпечують логічні відповіді та спонукають студентів аналізувати проблему. Студенти повинні вчитися ставити запитання, які поглиблюють розуміння.

2. Подвійний контроль відповідей. Відповіді ШІ слід перевіряти за офіційними джерелами; корисно створювати локальні бази знань та інтегрувати їх в ІТС для посилення достовірності.

3. Баланс між автоматизацією і взаємодією. ІТС покривають типові питання та вправи, але складні теми та проєкти мають обговорюватись з викладачем, що підтримує критичне мислення.

4. Підтримка академічної доброчесності та цифрових компетентностей. Слід розробити правила використання ШІ, зосередитися на рефлексивних журналах і усних захистах, а також організувати тренінги для викладачів і студентів з етичної та технічної грамотності.

Дотримання цих рекомендацій сприятиме ефективному використанню ІТС і допоможе сформувати у студентів навички самостійного мислення та доброчесності.

Успішне впровадження інтелектуальних тьюторських систем неможливе без урахування психолого-педагогічних концепцій.

По-перше, проблема двох сигм, сформульована Бенджаміном Блумом, показує, що індивідуальний репетитор забезпечує приріст успішності на два стандартні відхилення порівняно з класичним навчанням. ІТС мають потенціал наблизити групове навчання до цього рівня, хоча ефект поки що обмежений 0.61–0.80.

По-друге, теорія андрагогіки, запропонована Малкольмом Ноулзом, наголошує, що дорослі учні відрізняються від дітей рядом принципів: вони стають самостійними та незалежними, використовують накопичений досвід як ресурс для навчання, готові вчитися тоді, коли знання пов'язані з їхніми соціальними ролями та життєвими ситуаціями, орієнтуються на вирішення проблем з негайною практичною користю, мають внутрішню мотивацію і потребують розуміння цінності того, що вони вивчають [3]. ІТС повинні враховувати ці принципи: надавати студентам можливість контролювати траєкторію навчання, спиратися на їхній професійний досвід, формулювати завдання, що мають практичне значення, пояснювати значення теми й підтримувати внутрішню мотивацію. Такий підхід поєднується з методологією guidance-practice-transformation: на етапі керування система активує попередні знання та мотивує учня, у практиці – забезпечує застосування й закріплення навичок, а на етапі перенесення – підтримує автономію та вирішення проблем.

По-третє, теорія когнітивного навантаження, відповідно до якої під час навчання слід мінімізувати зайве навантаження робочої пам'яті. ІТС можуть дозувати інформацію, надавати підказки лише тоді, коли це необхідно, та комбінувати текст із візуальними елементами. Наприклад, при

поясненні паралельності в Elixir система може послідовно вводити процеси, а потім демонструвати архітектуру на малюнку чи схемі, щоб уникнути перевантаження абстрактними поняттями.

Використання ШІ й ІТС в освіті потребує дотримання етичних норм та законодавчих вимог. Закон України «Про освіту» наголошує на принципах академічної доброчесності, недискримінації та захисту персональних даних. Тому під час розробки ІТС слід передбачити механізми анонімізації, збереження конфіденційності та безпеки даних. Моделі повинні уникати дискримінаційних стереотипів і давати рівний доступ для всіх студентів.

Академічна доброчесність є ключовим викликом: студенти можуть копіювати код чи текст. ІТС має надавати приклади, але водночас стимулювати самостійне мислення: через відкриті запитання, пояснення логіки і вимогу аргументації. Викладачі повинні встановлювати правила використання ШІ: заборона автоматичного створення програмних проєктів без розуміння, обов'язкове посилання на джерела, можливість усних обговорень.

Важливо також враховувати авторське право та ліцензування матеріалів, що використовуються для тренування моделей. Використання відкритих матеріалів з ліцензією Creative Commons або власних методичних напрацювань виключають порушення прав третіх осіб. У випадку комерційних продуктів необхідно звертати увагу на умови використання моделей і сервісів.

Ефективне використання ІТС потребує високого рівня цифрової грамотності. Викладачі мають уміти:

- проектувати навчальний процес з урахуванням ІТС;
- формулювати коректні промпти;
- аналізувати результати діалогу та коригувати курс;
- забезпечувати етичний контроль.

Для цього необхідно проводити регулярні тренінги, вебінари й майстер-класи. Формування цифрових компетентностей студентів також є пріоритетом: вони повинні вміти працювати з системами контролю версій, системами трекінгу задач, менеджерами залежностей та інструментами тестування. ІТС може містити інтегровані симуляції цих інструментів та підказувати правильні дії.

Університети повинні передбачити педагогічний супровід і технічну підтримку: призначити кураторів курсу, які допомагатимуть студентам у роботі з ІТС, та забезпечити наявність технічних спеціалістів для обслуговування системи. Розвиток цифрових компетентностей сприятиме загальному підвищенню якості освіти.

Оскільки різні мови програмування мають різні парадигми і рівень складності, важливо адаптувати ІТС до конкретного контексту. Наприклад:

- Elixir (функціональна, акторна модель): вимагає глибокого розуміння рекурсії, імутабельності та паралелізму. ChatGPT може ефективно пояснювати pattern matching, розкласти кортежі і списки, але іноді помиляється у сигнатурах OTP-функцій.

- Python (імперативна, об'єктно-орієнтована): більш відома й легша для початківців; ІТС допомагають пояснювати цикли, об'єкти й бібліотеки, однак рівень складності нижчий і потреба в адаптивності менша.

- Java (об'єктно-орієнтована, типізація): вимагає розуміння класів, інтерфейсів, потоків; ІТС мають акцентувати увагу на роботі з колекціями, винятками та паралельним програмуванням.

Таким чином, універсальна ІТС повинна мати модульну структуру: доменну модель можна розширювати під конкретну мову; тьюторська модель адаптує стратегії; інтерфейс залишається спільним.

ІТС із мовними моделями характеризується низкою потенційних ризиків, що потребують урахування при впровадженні:

- Технічні обмеження. Моделі можуть генерувати правдоподібні, але хибні відповіді, що може вводити студента в оману. Необхідно проводити подвійний контроль за допомогою офіційної документації.

- Порушення академічної доброчесності. Автоматичні підказки можуть спонукати до копіювання рішень. Важливо визначити допустимі межі допомоги й застосовувати усні захисти та рефлексивні записи.

- Фокус на поверхневому знанні. Надмірна залежність від підказок може обмежити розвиток глибокого розуміння. Тому варто чергувати роботу з ІТС із завданнями, які вимагають аналітичного мислення й створення власних проєктів.

- Приватність і етика. ІТС повинні дотримуватися принципів захисту даних: не зберігати персональні коди, захищати конфіденційну інформацію і не допускати дискримінаційних упереджень.

Систематизація виявлених обмежень дозволяє сформулювати умови ефективного застосування запропонованої моделі: необхідною є достатня цифрова грамотність як викладачів, так і студентів; наявність інституційної підтримки та технічної інфраструктури; інтеграція ІТС як

доповнення до традиційного навчання, а не його заміна; регулярний моніторинг якості відповідей системи та коригування доменної моделі.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, проведене дослідження створює теоретичне підґрунтя для подальшої емпіричної роботи та практичного впровадження ІТС у підготовку ІТ-фахівців в Україні, що відповідає стратегічним пріоритетам цифрової трансформації освіти.

Обґрунтовано переваги трифазної моделі G-P-T порівняно з альтернативними підходами (blended learning, adaptive learning) на основі їх концептуального аналізу з позицій теорій навчання.

Запропонована модель розширює теорію конструктивізму через включення адаптивного ШІ-агента як медіатора між зоною актуального та найближчого розвитку студента.

Подальші дослідження мають зосередитися на проведенні педагогічного експерименту для перевірки ефективності методології G-P-T у порівнянні з традиційним та змішаним навчанням в умовах українських ЗВО.

Конфлікт інтересів. Автори підтверджують відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, що можуть розглядатися як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

Джерела фінансування. Робота виконана за відсутності фінансової підтримки з боку будь-яких організацій.

Доступність даних. Це теоретичне дослідження не передбачає використання додаткових наборів даних.

Використання засобів штучного інтелекту (ШІ). Під час підготовки цієї роботи автори використовували інструменти штучного інтелекту, а саме ChatGPT для перевірки граматики, автори критично перевірили та відредагували отриманий контент і несуть повну відповідальність за його зміст.

Список використаних джерел

1. *Теоретичні основи і механізми взаємодії вищої освіти та ринку праці в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення України* / Ю. Скиба та ін. 2024. С. 43–48. URL: <https://ihed.org.ua/wp-content/uploads/2025/03/Vzayemodiya-VO-ta-rynku-pratsi-IVO-2024-135p.pdf>
2. AI tutoring outperforms in-class active learning: an RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting / G. Kestin та ін. *Scientific Reports*. 2025. Т. 15, № 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97652-6>
3. Andragogy in Practice: Applying a Theoretical Framework to Team Science Training in Biomedical Research / J. M. Knapke та ін. *British Journal of Biomedical Science*. 2024. Т. 81. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.12651>
4. Are Graduates Digitally Unprepared?—A Digital Technology Gap Analysis From Alumni and Employer's Perspectives / X. Zhou та ін. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2025. Т. 41, № 4. <https://doi.org/10.1111/jcal.70046>
5. A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education / A. Létourneau та ін. *npj Science of Learning*. 2025. Т. 10, № 1. <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7>
6. Blended learning: the new normal and emerging technologies / C. Dziuban та ін. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2018. Т. 15, № 1. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0087-5>
7. Blyth W. A. L., Bloom B. S., Krathwohl D. R. Taxonomy of Educational Objectives. Handbook I: Cognitive Domain. *British Journal of Educational Studies*. 1966. Т. 14, № 3. P. 119. <https://doi.org/10.2307/3119730>
8. Bringula R. ChatGPT in a programming course: benefits and limitations. *Frontiers in Education*. 2024. Т. 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1248705>
9. Enhancing Programming Performance, Learning Interest, and Self-Efficacy: The Role of Large Language Models in Middle School Education / B. Tang та ін. *Systems*. 2025. Т. 13, № 7. P. 555. <https://doi.org/10.3390/systems13070555>
10. Ericsson K. A., Krampe R. T., Tesch-Römer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*. 1993. Т. 100, № 3. P. 363–406. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.100.3.363>
11. Güner H., Er E. AI in the classroom: Exploring students' interaction with ChatGPT in programming learning. *Education and Information Technologies*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13337-7>
12. Kolb D. A. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. FT Press, 1983. 288 p.
13. Kulik C.-L. C., Kulik J. A. Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*. 1991. Т. 7, № 1-2. P. 75–94. [https://doi.org/10.1016/0747-5632\(91\)90030-5](https://doi.org/10.1016/0747-5632(91)90030-5)
14. Kulik J. A., Fletcher J. D. Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems. *Review of Educational Research*. 2016. Т. 86, № 1. P. 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
15. Learning Analytics for Bridging the Skills Gap: A Data-Driven Study of Undergraduate Aspirations and Skills Awareness for Career Preparedness / J. W. Lai та ін. *Education Sciences*. 2025. Т. 15, № 1. P. 40. <https://doi.org/10.3390/educsci15010040>
16. Margulieux L. E., Morrison B. B., Decker A. Reducing withdrawal and failure rates in introductory programming with subgoal labeled worked examples. *International Journal of STEM Education*. 2020. Т. 7, № 1. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00222-7>
17. Mezirow J. *Transformative Learning: Theory to Practice*. *New Directions for Adult and Continuing Education*. 1997. Т. 1997, № 74. P. 5–12. <https://doi.org/10.1002/ace.7401>

18. Parr C. Not Staying the Course. *Inside Higher Ed*. URL: <https://www.insidehighered.com/news/2013/05/10/new-study-low-mooc-completion-rates#:~:text=The%20course%20with%20the%20highest,who%20enrolled%20completed%20the%20course>
19. Smith C. Bridging the Digital Skills Gap with a Focused Student Initiative. *Pedagogy: The LTEC Learning and Teaching Showcase*. 2025. T. 1, № 1. <https://doi.org/10.57898/pedagogy.267>
20. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*. 1994. T. 4, № 4. P. 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
21. *The global digital skills gap: Current trends and future directions*. RAND Corporation, 2021. <https://doi.org/10.7249/rra1533-1>
22. The Impact of Adaptive Learning Technologies, Personalized Feedback, and Interactive AI Tools on Student Engagement: The Moderating Role of Digital Literacy / H. Yaseen та ін. *Sustainability*. 2025. T. 17, № 3. P. 1133. <https://doi.org/10.3390/su17031133>
23. Wang J., Fan W. The effect of ChatGPT on students' learning performance, learning perception, and higher-order thinking: insights from a meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2025. T. 12, № 1. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04787-y>
24. Zimmerman B. J. Self-Regulated Learning: Theories, Measures, and Outcomes. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 2015. P. 541–546. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-097086-8.26060-1>

References

1. Teoretychni osnovy i mekhanizmy vzaiemodii vyshchoi osvity ta rynku pratsi v umovakh voiennoho stanu ta pislivoiennoho vidnovlennia Ukrainy / Yu. Skyba et al. 2024. P. 43–48. URL: https://ihed.org.ua/wp-content/uploads/2025/03/Vzayemodiya-VO-ta-rynku-pratsi_IVO-2024-135p.pdf (in Ukrainian).
2. AI tutoring outperforms in-class active learning: an RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting / G. Kestin та ін. *Scientific Reports*. 2025. T. 15, № 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97652-6>
3. Andragogy in Practice: Applying a Theoretical Framework to Team Science Training in Biomedical Research / J. M. Knapke та ін. *British Journal of Biomedical Science*. 2024. T. 81. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.12651>
4. Are Graduates Digitally Unprepared?—A Digital Technology Gap Analysis From Alumni and Employer's Perspectives / X. Zhou та ін. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2025. T. 41, № 4. <https://doi.org/10.1111/jcal.70046>
5. A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education / A. Létourneau та ін. *npj Science of Learning*. 2025. T. 10, № 1. <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7>
6. Blended learning: the new normal and emerging technologies / C. Dziuban та ін. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2018. T. 15, № 1. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0087-5>
7. Blyth W. A. L., Bloom B. S., Krathwohl D. R. Taxonomy of Educational Objectives. Handbook I: Cognitive Domain. *British Journal of Educational Studies*. 1966. T. 14, № 3. P. 119. <https://doi.org/10.2307/3119730>
8. Bringula R. ChatGPT in a programming course: benefits and limitations. *Frontiers in Education*. 2024. T. 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1248705>
9. Enhancing Programming Performance, Learning Interest, and Self-Efficacy: The Role of Large Language Models in Middle School Education / B. Tang та ін. *Systems*. 2025. T. 13, № 7. P. 555. <https://doi.org/10.3390/systems13070555>
10. Ericsson K. A., Krampe R. T., Tesch-Römer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*. 1993. T. 100, № 3. P. 363–406. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.100.3.363>
11. Güner H., Er E. AI in the classroom: Exploring students' interaction with ChatGPT in programming learning. *Education and Information Technologies*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13337-7>
12. Kolb D. A. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. FT Press, 1983. 288 p.
13. Kulik C.-L. C., Kulik J. A. Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*. 1991. T. 7, № 1-2. P. 75–94. [https://doi.org/10.1016/0747-5632\(91\)90030-5](https://doi.org/10.1016/0747-5632(91)90030-5)
14. Kulik J. A., Fletcher J. D. Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems. *Review of Educational Research*. 2016. T. 86, № 1. P. 42–78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
15. Learning Analytics for Bridging the Skills Gap: A Data-Driven Study of Undergraduate Aspirations and Skills Awareness for Career Preparedness / J. W. Lai та ін. *Education Sciences*. 2025. T. 15, № 1. P. 40. <https://doi.org/10.3390/educsci15010040>
16. Margulieux L. E., Morrison B. B., Decker A. Reducing withdrawal and failure rates in introductory programming with subgoal labeled worked examples. *International Journal of STEM Education*. 2020. T. 7, № 1. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00222-7>
17. Mezirow J. Transformative Learning: Theory to Practice. *New Directions for Adult and Continuing Education*. 1997. T. 1997, № 74. P. 5–12. <https://doi.org/10.1002/ace.7401>
18. Parr C. Not Staying the Course. *Inside Higher Ed*. URL: <https://www.insidehighered.com/news/2013/05/10/new-study-low-mooc-completion-rates#:~:text=The%20course%20with%20the%20highest,who%20enrolled%20completed%20the%20course>
19. Smith C. Bridging the Digital Skills Gap with a Focused Student Initiative. *Pedagogy: The LTEC Learning and Teaching Showcase*. 2025. T. 1, № 1. <https://doi.org/10.57898/pedagogy.267>
20. Sweller J. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*. 1994. T. 4, № 4. P. 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
21. *The global digital skills gap: Current trends and future directions*. RAND Corporation, 2021. <https://doi.org/10.7249/rra1533-1>

22. The Impact of Adaptive Learning Technologies, Personalized Feedback, and Interactive AI Tools on Student Engagement: The Moderating Role of Digital Literacy / H. Yaseen та ін. *Sustainability*. 2025. Т. 17, № 3. P. 1133. <https://doi.org/10.3390/su17031133>
23. Wang J., Fan W. The effect of ChatGPT on students' learning performance, learning perception, and higher-order thinking: insights from a meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2025. Т. 12, № 1. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04787-y>
24. Zimmerman B. J. Self-Regulated Learning: Theories, Measures, and Outcomes. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 2015. P. 541–546. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-097086-8.26060-1>

| Матеріал надійшов до редакції: 06.11.2025 р. | Прийнято до друку: 28.12.2025 р. | Опубліковано: 02.03.2026 р. |

