УДК 37.091.3:004:004.8

Наталія Морзе
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0003-3477-9254
n.morze@karazin.ua

Людмила Чернікова
Комунальний заклад «Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти» Запорізької обласної ради, м. Запоріжжя, Україна
ORCID ID 0000-0002-1214-9019
tchernikova.la@gmail.com

Ольга Барна
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна
ORCID ID 0000-0002-2954-9692
barna@tnpu.edu.ua

Оксана Пасічник
ліцей «Сихівський» Львівської міської ради, м. Львів, Україна
ORCID ID 0000-0003-2808-1247
oksanapas@yahoo.com

Тетяна Нанаєва
Експертно-консультативний комітет з цифрових технологій в освіті при МОН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-2831-3661
tatiana.nanaieva@gmail.com

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАТИЧНОЇ ОСВІТНЬОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТИ

Анотація. У статті розглянуто проблему розвитку інформатичної освітньої галузі в умовах цифрової трансформації освіти та стрімкого поширення технологій штучного інтелекту. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розроблення інтегрованої концептуальної моделі розвитку інформатичної освіти, що забезпечує узгодження міжнародних освітніх підходів і національних особливостей освітньої системи. Методологія ґрунтується на поєднанні теоретичного аналізу, порівняльного підходу та емпіричного дослідження в логіці дослідження, орієнтованого на проєктування.

У результаті порівняльного аналізу підходів України, ЄС і США виявлено ключові тенденції розвитку інформатичної освіти: перехід до компетентнісної парадигми, інтеграцію обчислювального мислення та ШІ-грамотності, посилення міждисциплінарності й персоналізації навчання. Запропоновано інтегровану концептуальну модель, що охоплює взаємопов'язані компоненти: соціально-технологічний контекст, освітні цілі, компетентнісне ядро, зміст навчання, педагогічні підходи, цифрове освітнє середовище, оцінювання та освітні результати, об'єднані механізмом зворотного зв'язку.

Емпіричне дослідження з участю 1210 учителів, 1195 учнів і 1195 батьків підтвердило практичну значущість моделі: 86,2% учителів позитивно оцінили якість навчального контенту, 73,9% батьків відзначили зростання зацікавленості учнів, понад 80% респондентів рекомендують використання розробленої платформи – ІТ-студії. Апробацію моделі здійснено через ІТ-студії – інтегровані цифрові навчальні середовища, що поєднують зміст, педагогічні підходи та інструменти оцінювання в єдину систему. Водночас виявлено організаційні, технологічні та педагогічні бар'єри її впровадження.

Наукова новизна полягає у розробленні інтегрованої моделі, що поєднує компетентнісний, дисциплінарний та інтегративний підходи, та обґрунтуванні її компонентної структури, взаємозв’язків між компонентами та умов практичної реалізації в цифровому освітньому середовищі. Практичне значення – можливість використання моделі для проєктування освітніх програм і розвитку цифрових освітніх середовищ.

© Наталія Морзе, Людмила Чернікова, Ольга Барна, Оксана Пасічник, Тетяна Нанаєва 2026.

Ключові слова: інформатична освіта; цифрова трансформація; штучний інтелект; обчислювальне мислення; цифрова компетентність; IT-студії.

1. ВСТУП

Стрімкий розвиток цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту, аналітики даних і платформних освітніх середовищ, зумовлює глибокі трансформації змісту та організації освіти. У цих умовах інформатична освітня галузь набуває ключового значення як основа формування цифрової компетентності та обчислювального мислення [1].

В українському освітньому просторі ці процеси набули особливої інтенсивності під впливом пандемії COVID-19 та в умовах воєнного стану, коли цифрові технології стали необхідною умовою забезпечення безперервності навчання. Важливим орієнтиром цифрової модернізації стала Стратегія інтеграції України до Єдиного цифрового ринку Європейського Союзу [2]. За таких обставин інформатична освітня галузь забезпечує формування базових знань і вмінь, пов'язаних із використанням цифрових технологій, обчислювальним мисленням, безпечною поведінкою в цифровому середовищі та застосуванням інноваційних інструментів у навчальній і майбутній професійній діяльності [1].

Постановка проблеми.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується істотним ускладненням змісту інформатичної освітньої галузі: до її структури залучаються питання цифрового громадянства, аналітики даних, штучного інтелекту та персоналізованих освітніх траєкторій [3]. Це зумовлює необхідність переосмислення концептуальних засад галузі, оскільки традиційне розуміння інформатики як навчального предмета, зосередженого переважно на технічних уміннях, уже не відображає повною мірою її сучасного змісту й функцій у структурі загальної середньої освіти.

Актуальність дослідження посилюється потребою узгодження міжнародних тенденцій цифрової освіти з національним контекстом реформування української школи. У міжнародному освітньому просторі сформовано концептуальні рамки та підходи – DigComp [4], DigCompEdu [5], AI literacy [6], computational thinking [7], що визначають нові орієнтири розвитку освіти. Однак їхня імплементація в національну освітню систему залишається фрагментарною, що й зумовлює необхідність цілісного концептуального осмислення проблеми.

Аналіз наукових джерел і освітніх практик свідчить про наявність таких **суперечностей:**

- між динамікою розвитку цифрових технологій і темпами оновлення змісту інформатичної освіти [8], [3];
- між міжнародними підходами до розвитку цифрової та інформатичної компетентності та їх фрагментарною імплементацією в національну освітню систему [1], [2];
- між потребою в інтеграції штучного інтелекту в освіту та відсутністю цілісних педагогічних моделей його використання [3], [9];
- між компетентнісною орієнтацією освіти та домінуванням предметно-знаннєвих підходів у практиці навчання інформатики [1], [10].

Зазначені суперечності зумовлюють необхідність теоретичного обґрунтування та розроблення цілісної моделі розвитку інформатичної освітньої галузі в умовах цифрової трансформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблематика розвитку інформатичної освітньої галузі розглядається в кількох взаємопов'язаних напрямах: цифрова трансформація освіти, оновлення змісту інформатичної підготовки, розвиток цифрової та професійної компетентності педагогів, а також інтеграція нових технологічних рішень в освітній процес.

У вітчизняному науковому дискурсі Н. Морзе, Т. Нанаєва та О. Пасічник обґрунтовують, що інформаційно-цифрова компетентність є однією з ключових для сучасної людини, що дає підстави розглядати інформатичну освітню галузь як базову складову шкільної освіти, а не лише як допоміжний компонент [1]. О. Ляшенко, О. Спірін, С. Литвинова, О. Пінчук, О. Овчарук та А. Сухіх окреслили стратегічні пріоритети концептуальних основ цифровізації шкільного освітнього середовища, такі як цифрова освітня інфраструктура, цифрові компетенції педагогічних працівників, нові цифрові та освітні технології, співпраця та цифрова комунікація з батьками та громадою, кібербезпека навчального закладу [3].

Васько, О. Більєр та С. Петренко наголошують на нових вимогах до розвитку інформаційно-комунікаційної компетентності учнів і методичної підготовки вчителів [10].

Теоретико-методологічне підґрунтя змін у підготовці педагога формують дослідження адаптивних і персоналізованих моделей освіти. Я. Сікора обґрунтовує необхідність гнучкості змісту освіти, індивідуалізації освітніх траєкторій та інтеграції цифрових технологій в освітній процес [11]. К. Осадча, В. Осадчий, О. Спірін та В. Круглик акцентують значення персоналізації в умовах змішаного навчання [12]. О. Єрьоменко [13], Н. Мирончук [14], О. Дубасенюк [15] і М. Головченко [16] розкривають адаптивні, контекстні та компетентнісні засади педагогічної освіти.

Зарубіжні дослідники пов'язують сучасну інформатичну освіту з новими когнітивними орієнтирами. С. Лі, Г. Франком і Дж. Нуатому доводять, що інформатична освіта сприяє розвитку обчислювального, творчого та критичного мислення учнів [17], що дозволяє розглядати обчислювальне мислення як ключовий результат сучасної підготовки. Дж. Сан, Х. Ма та ін. наголошують, що інтеграція штучного інтелекту в освіту потребує поєднання технологічних знань, педагогічних підходів і предметного змісту відповідно до моделі TPACK [18]. М. Чжу та С. Ван підкреслюють, що ефективне навчання комп'ютерних наук передбачає поєднання алгоритмічного мислення, проєктного навчання та практичної програмної діяльності [19].

Важливий вимір складають дослідження, присвячені цифровому громадянству та цифровій інклюзії. Дж. Мінц, К. Конноллі та ін. підкреслюють, що цифрова інклюзія є складною соціальною проблемою, що виходить за межі окремих політичних сфер [20]. А. Ертегрен та А. Олофссон розглядають цифрову компетентність педагога в нерозривному зв'язку з підготовкою до навчання для цифрового громадянства [21]. С. Норхаген, Р. Крумсвік та Ф. Рокенес обґрунтовують багатовимірність професійної цифрової компетентності педагога [22].

Узагальнення розглянутих праць показує, що інформатична освітня галузь постає як багатовимірний освітній простір, у якому поєднуються цифрова інфраструктура, методичні стратегії, ціннісні орієнтири та нові моделі педагогічної взаємодії. Водночас у науковій літературі недостатньо цілісно висвітлено концептуальні засади розвитку інформатичної освітньої галузі як системного феномену в умовах цифрової трансформації, що й зумовлює необхідність подальшого наукового осмислення цієї проблеми.

Отже, сучасні дослідження інформатичної освіти окреслюють чотири блоки підходів до побудови концепції системи – нормативно-стратегічний, адаптивно-персоналізований, когнітивно-орієнтований та соціально-інклюзивний; їхня спільна

проблема полягає в недостатній кількості практичних моделей, інструментів для масової школи та адаптації до українських умов.

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розроблення інтегрованої концептуальної моделі розвитку інформатичної освітньої галузі в умовах цифрової трансформації освіти з урахуванням міжнародних освітніх підходів і національних особливостей освітньої системи України.

Для досягнення мети визначено такі **завдання:**

1. Проаналізувати сучасні підходи до розвитку інформатичної освіти в Україні та за кордоном (ЄС, США).
2. Визначити ключові чинники та тенденції трансформації інформатичної освітньої галузі в умовах цифровізації та розвитку штучного інтелекту.
3. Узагальнити та систематизувати концептуальні підходи (компетентнісний, системний, адаптивний, контекстний, персоналізований).
4. Обґрунтувати структуру інформатичної освітньої галузі як цілісної системи.
5. Розробити інтегровану концептуальну модель розвитку інформатичної освітньої галузі.
6. Визначити педагогічні, організаційні та технологічні умови практичного застосування моделі в освітній практиці.

На основі окреслених завдань сформульовано **дослідницькі питання:**

1. Які ключові тенденції та чинники визначають розвиток інформатичної освітньої галузі в умовах цифрової трансформації та розвитку штучного інтелекту?
2. Які спільні риси та відмінності підходів до інформатичної освіти в Україні, ЄС і США, і які з них можуть бути інтегровані в національний контекст?
3. Якою має бути структура та ключові компоненти інтегрованої концептуальної моделі інформатичної освітньої галузі з урахуванням сучасних освітніх концепцій (обчислювальне мислення, ШІ-грамотність, цифрова компетентність)?
4. Які педагогічні, організаційні та технологічні умови забезпечують ефективну реалізацію та адаптивність запропонованої моделі в освітній практиці?

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що розвиток інформатичної освітньої галузі в умовах цифрової трансформації буде більш результативним, якщо його здійснювати на основі інтегрованої концептуальної моделі, яка поєднує компетентнісні, змістові, педагогічні, технологічні та оцінювальні компоненти, враховує міжнародні освітні підходи й національний контекст та передбачає адаптивний механізм зворотного зв'язку.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Дизайн дослідження та процедура реалізації

Методика дослідження ґрунтується на поєднанні теоретико-аналітичного та емпіричного підходів і відповідає логіці дослідження, заснованого на проєктуванні (design-based research – DBR) – дослідницької стратегії, що передбачає ітеративне проєктування, апробацію, удосконалення та валідацію освітньої моделі в реальному освітньому середовищі. Витоки підходу пов'язують з концепцією «design experiments», запропонованою у працях Аллан Коллінз [23] та Енн Браун [24], де обґрунтовується необхідність формувального дослідження для тестування й удосконалення освітніх інновацій у реальних умовах навчання. Подальший розвиток методології DBR представлено в працях Т'єрд Пломп [25], де освітнє дизайн-дослідження визначається як систематичний підхід до розроблення, впровадження й оцінювання освітніх інновацій у складних освітніх контекстах. Вибір методології DBR зумовлений характером

дослідницьких завдань, які передбачають не лише теоретичне обґрунтування освітньої моделі, а й її поетапну розробку, експериментальну перевірку та оцінювання ефективності в умовах реального освітнього процесу з подальшим уточненням структурних компонентів і методичних рішень.

Теоретичний етап передбачав аналіз міжнародних і національних підходів до розвитку інформатичної освіти, порівняння концептуальних рамок (DigComp [4], DigCompEdu [5], AI4K12 [26], K–12 Computer Science Framework [27]) та узагальнення теоретико-методологічних засад галузі. На основі структурно-функціонального аналізу обґрунтовано структуру інформатичної освітньої галузі як цілісної системи (Табл. 2). На цій основі розроблено інтегровану концептуальну модель її розвитку (Рис. 1), яка охоплює соціально-технологічний контекст, освітні цілі, компетентнісне ядро, зміст навчання, педагогічні підходи, цифрове освітнє середовище, оцінювання та освітні результати, об’єднані механізмом зворотного зв’язку.

Емпіричний етап передбачав апробацію моделі на платформі ІТ-студії – інноваційному освітньому проєкті МОН та Мінцифри України, реалізованому за підтримки Європейського Союзу. За участю авторів дослідження було створено сучасні цифрові матеріали для вивчення інформатики у 1–11 класах, що містять інтерактивні уроки, практичні завдання та інструменти, доступні на платформі «Дія.Освіта». ІТ-студії виступали експериментальним цифровим середовищем для перевірки взаємодії компонентів запропонованої моделі та оцінювання можливостей її практичної реалізації.

2.2. Учасники дослідження та вибірка

В опитуванні взяли участь 1210 учителів, 1195 батьків та 1195 учнів з різних регіонів України, включно х прифронтовими територіями. Анкетування проводилось в онлайн-форматі у період з 20 травня по 03 червня 2024 року.

Серед педагогів основну частку становили вчителі інформатики (79,4%), учителі початкових класів (12,7%) та інші категорії педагогічних працівників (7,9%). За педагогічним стажем вибірка була збалансованою: до 5 років – 30,0%, до 10 років – 26,4%, до 20 років – 23,1%, понад 20 років – 20,6%. Репрезентативність вибірки забезпечувалась географічним охопленням регіонів України та різноманітністю професійного досвіду респондентів.

2.3. Інструментарій дослідження

Для оцінювання сприйняття моделі учасниками освітнього процесу, виявлення бар'єрів її впровадження та умов адаптивності проведено анкетування.

Інструментарій дослідження розроблено відповідно до структури запропонованої концептуальної моделі, що дозволяє співвіднести емпіричні результати з її ключовими компонентами. Анкета складалась із чотирьох блоків: (1) оцінювання цифрового освітнього середовища (якість платформи, навігація, технічна стабільність); (2) педагогічні підходи (форми організації навчання, типи завдань, персоналізація); (3) освітні результати (рівень зацікавленості учнів, досягнення компетентностей); (4) бар'єри впровадження (технологічні, організаційні, педагогічні). Для забезпечення змістової валідності інструментарію структуру анкети було попередньо узгоджено з компонентами теоретичної моделі.

2.4. Методи аналізу даних та обмеження дослідження

Для аналізу отриманих даних застосовано методи описової статистики, зокрема частотний розподіл, відсоткові частки та середні значення. Узагальнення результатів здійснювалось шляхом зіставлення відповідей учителів, батьків і учнів.

Під час інтерпретації результатів враховано, що дослідження ґрунтується переважно на кількісних методах описового рівня, що обмежує можливості аналізу причинно-наслідкових зв'язків між компонентами моделі. Перспективи подальших досліджень пов'язані із застосуванням кореляційного та факторного аналізу для глибшого вивчення взаємозалежностей між змінними.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Порівняльний аналіз підходів до розвитку інформатичної освіти

На основі аналізу міжнародних і національних підходів виокремлено три домінантні моделі розвитку інформатичної освіти, що відображають різні концептуальні орієнтири (Табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльний аналіз підходів до розвитку інформатичної освіти

Критерій	Україна	Європейський Союз	США
Концептуальна основа	НУШ, компетентнісний підхід, цифрова трансформація освіти	DigComp, DigCompEdu, План дій з цифрової освіти	Комп'ютерні науки для всіх, AI4K12, стандарти ISTE
Роль інформатики	Освітня галузь, інтегрована з іншими	Ключова компетентність, міжгалузевий компонент	Окрема дисципліна, міждисциплінарна інтеграція
Фокус змісту	Цифрова компетентність, алгоритмічне мислення, безпека	Цифрова компетентність, грамотність у сфері даних, ШІ-грамотність	Комп'ютерні науки, обчислювальне мислення, програмування
Обчислювальне мислення	Частково інтегроване	Центральний компонент, особливо в STEM-освіті	Ключова основа навчання комп'ютерних наук
Штучний інтелект	Початкове впровадження	Активне включення, ШІ-грамотність, етика	Системна інтеграція в межах рамки AI4K12
Підготовка вчителя	Орієнтація на цифрову компетентність, адаптація DigCompEdu	Системні рамки, DigCompEdu, TPACK	Практикоорієнтована підготовка, педагогіка комп'ютерних наук
Освітні технології	Системи управління навчанням, дистанційне та змішане навчання	Платформізація освіти, навчальна аналітика	Екосистема освітніх технологій, адаптивні системи
Оцінювання	Компетентнісне, але недостатньо інструменталізоване	Формувальне оцінювання, аналітика даних	Оцінювання на основі результату, проєктне оцінювання

Критерій	Україна	Європейський Союз	США
Міждисциплінарність	STEM-інтеграція розвивається	STEAM, міжпредметна інтеграція	STEAM, проєктне навчання
Цифрове громадянство	Формується	Системно інтегроване	Вбудоване в стандарти ISTE

(Складено авторами на основі [1], [3], [4], [28], [29])

Компетентнісноорієнтована модель, характерна для ЄС, базується на ідеї розвитку цифрової компетентності як ключової життєвої навички та реалізується через рамки DigComp [4] і DigCompEdu [5] з акцентом на грамотність у галузі даних, цифрове громадянство та освітню аналітику. Її обмеженням є відносно менша увага до глибини вивчення програмування.

Дисциплінарноорієнтована модель США ґрунтується на розумінні computer science як фундаментальної галузі знань і передбачає поглиблене вивчення програмування, розвиток обчислювального мислення та інтеграцію елементів штучного інтелекту в межах ініціативи AI4K12 [26]. Широке використання проєктного навчання забезпечує її практичну спрямованість і змістову глибину.

В українському освітньому просторі формується інтегративний підхід, що розглядає інформатичну освітню галузь як складову ширших змін у межах концепції Нової української школи. Її ключовим викликом залишається відсутність цілісної концептуальної моделі, яка поєднувала б міжнародні підходи з національним контекстом.

Узагальнення результатів дозволяє стверджувати, що ефективна модель розвитку інформатичної освітньої галузі має поєднувати компетентнісну спрямованість європейського підходу, змістову глибину й практичність американської моделі, а також системну інтеграцію та трансформаційний потенціал, характерні для українського контексту.

3.2. Ключові тенденції та чинники розвитку інформатичної освітньої галузі

Розвиток інформатичної освітньої галузі в умовах цифрової трансформації визначається сукупністю взаємопов'язаних тенденцій. Ключовою є перехід від інструментального розуміння інформатики до формування комплексної цифрової компетентності, що охоплює грамотність у галузі даних, алгоритмічне та обчислювальне мислення і здатність до критичного використання цифрових технологій відповідно до рамок DigComp [4] і DigCompEdu [5]. Ця трансформація супроводжується інтеграцією штучного інтелекту в освітній зміст через розвиток ШІ-грамотності, що передбачає не лише розуміння принципів роботи ШІ, а й етичні, соціальні та правові аспекти його використання.

Автори зауважують, що в даному дослідженні ШІ-грамотність, за підходом ЮНЕСКО, означає здатність людини розуміти принципи роботи штучного інтелекту, його можливості та ризики, критично оцінювати результати, а також використовувати його безпечно, етично й відповідально в навчанні, професійній діяльності та суспільному житті [6].

Другою важливою тенденцією є посилення ролі обчислювального мислення як універсальної когнітивної навички, що інтегрується в різні освітні галузі. Відповідно до підходів CSTA [30] та ініціативи AI4K12, навчання інформатики дедалі більше орієнтується на міждисциплінарність, проєктну діяльність і розв'язування реальних проблем [17]. Водночас відбувається активне впровадження адаптивних та

персоналізованих освітніх технологій на основі штучного інтелекту, що дозволяють аналізувати навчальні дані та оптимізувати освітні траєкторії.

Серед ключових чинників, що визначають ці трансформації, слід виокремити: розвиток цифрової інфраструктури та доступу до технологій; державну освітню політику, зокрема наказ МОН України про затвердження концептуальних засад освітніх галузей на 2025–2030 роки [28]; підготовку вчителя нового типу, здатного інтегрувати інноваційні технології в навчальний процес; а також глобалізацію освітніх стандартів і зростання ролі міжнародних рамок компетентностей.

3.3. Структура інформатичної освітньої галузі як системної моделі

В українському науковому дискурсі зазначається, що інформаційно-цифрова компетентність належить до базових і має особливе значення [1]. Це положення дає підстави розглядати інформатичну освітню галузь як системоутворювальний компонент сучасної шкільної освіти, спрямований на формування не лише технічних умінь, а й мисленнєвих, комунікативних та практикоорієнтованих здатностей, необхідних для діяльності в умовах цифрової реальності.

У межах реформи «Нова українська школа» зміст інформатичної освітньої галузі зазнає суттєвого переосмислення [10], що означає, що сучасна інформатична галузь уже не може обмежуватись засвоєнням інструментальних цифрових навичок. Її зміст дедалі більше орієнтується на інтеграцію алгоритмічного мислення, обчислювального мислення, безпечної діяльності в цифровому середовищі, творчого використання цифрових засобів та готовності до міжпредметної взаємодії.

Важливим орієнтиром також є нормативний рівень трансформації освітніх галузей. У наказі Міністерства освіти і науки України про затвердження концептуальних засад освітніх галузей та дорожньої карти їх реалізації на 2025–2030 роки акцентовано увагу на необхідності оновлення змісту освіти відповідно до сучасних суспільних і технологічних викликів [28]. У цьому контексті інформатична освітня галузь постає як така, що має забезпечувати не лише адаптацію учнів до цифрових змін, а й їх активне залучення до процесів створення, аналізу та використання цифрових продуктів, моделей і середовищ.

Л. Чернікова та Ю. Швець розглядають інформатичну освітню галузь як системно організований компонент сучасного змісту освіти, пов’язаний із чітко визначеними результатами навчання, орієнтирами оцінювання та логікою формування цифрової компетентності [31]. Такий підхід дозволяє перейти від фрагментарного розуміння інформатичної освіти до цілісного концептуального бачення. Н. Свінцицька підкреслює потенціал інформатичної освітньої галузі в контексті розвитку обдарованості, що розширює її функціональне поле й дає підстави розглядати її як середовище не лише технологічної, а й інтелектуально-творчої підготовки учнів [32].

У сучасних умовах зміст інформатичної освітньої галузі розширюється також завдяки інтеграції нових технологічних напрямів. О. Пилипенко акцентує увагу на необхідності врахування штучного інтелекту як одного з пріоритетних векторів розвитку освіти в найближчі роки [33]. Цей напрям змінює уявлення про структуру інформатичної підготовки, оскільки вимагає вивчення не лише основ програмування чи цифрової грамотності, а й розуміння принципів роботи інтелектуальних систем, етичних аспектів їх використання та педагогічних можливостей їх упровадження.

Узагальнення нормативних документів, українських досліджень і сучасних освітніх тенденцій дає підстави стверджувати, що інформатична освітня галузь формується як багатовимірна система, у якій поєднуються стратегічні цілі освіти, цифрова інфраструктура, компетентнісні результати, змістові лінії, педагогічні

технології та механізми оцінювання. Саме така логіка дає змогу представити її концептуальну структуру у вигляді системної моделі.

На основі аналізу нормативних документів, українських досліджень і міжнародних освітніх тенденцій обґрунтовано структуру інформатичної освітньої галузі як цілісної системи (Табл. 2).

Таблиця 2

Структура концепції інформатичної освітньої галузі як системної моделі

Компонент концепції	Змістове наповнення	Функція в освітній системі	Значення для розвитку галузі
Мета освітньої галузі	Формування особистості, здатної критично, креативно та алгоритмічно мислити, відповідально використовувати цифрові технології	Визначає стратегічну спрямованість галузі та очікуваний освітній результат	Орієнтує зміст галузі на розвиток цифрової та когнітивної компетентностей
Ціннісні орієнтири	Безпечна етична відповідальна діяльність у цифровому середовищі	Формує світоглядну основу освітнього процесу	Забезпечує зв'язок між технологічним розвитком і виховним потенціалом освіти
Компетентнісний потенціал	Інформаційно-цифрова компетентність, алгоритмічне мислення, здатність до розв'язування проблем	Визначає результати, яких має бути досягнуто	Конкретизує зміст і пріоритети інформатичної підготовки
Змістові лінії галузі	Інформаційні процеси, алгоритмізація, програмування, цифрові технології, кібербезпека, робота з даними	Структурують навчальний зміст	Визначають ядро інформатичної освітньої галузі
Педагогічні підходи	Компетентнісний, діяльнісний, персоналізований, проєктний	Забезпечують реалізацію змісту	Визначають логіку організації навчального процесу
Цифрове освітнє середовище	Платформи, LMS, інструменти аналітики та оцінювання	Створює умови для реалізації моделі	Забезпечує технологічну основу навчання
Оцінювання	Критерії та показники досягнення результатів, формувальне оцінювання	Забезпечує систему контролю та зворотного зв'язку	Дає змогу узгодити зміст галузі з механізмами перевірки результатів
Міжгалузева інтеграція	STEM, робототехніка, міждисциплінарні курси	Розширює освітній простір галузі	Підсилює сучасний і прикладний характер інформатичної освіти
Гнучкість і варіативність	Адаптація змісту до потреб закладу та технологічних змін	Забезпечує інноваційність системи	Дозволяє галузі відповідати динаміці цифрової трансформації

(Складено авторами на основі [1], [3], [31], [28], [32], [33])

3.4. Інтегрована концептуальна модель розвитку інформатичної освітньої галузі

Подана структура дає змогу розглядати інформатичну освітню галузь як цілісну модель, у якій поєднуються стратегічні, змістові, ціннісні та технологічні параметри. Її концептуальний розвиток пов'язаний не лише з удосконаленням змісту навчання, а й з формуванням нової логіки освітньої діяльності, орієнтованої на підготовку особистості до життя в цифровому суспільстві. Саме це становить основу для аналізу педагогічних і методологічних засад розвитку інформатичної освітньої галузі.

Системний підхід дає змогу розглядати інформатичну освітню галузь не як сукупність ізольованих тем або цифрових інструментів, а як внутрішньо узгоджену систему, у якій взаємопов'язані мета, зміст, методи, форми навчання та очікувані результати. Саме таке бачення узгоджується з підходом О. Дубасенюк, яка розглядає педагогічну діяльність як цілісний процес, у межах якого поєднуються змістові, організаційні та особистісно-розвивальні складники [15]. Для інформатичної освітньої галузі це означає, що її розвиток не може обмежуватись лише оновленням технічного інструментарію, а має охоплювати зміну педагогічної логіки навчання.

Адаптивний підхід у цьому контексті набуває принципового значення, оскільки зміст інформатичної освіти безпосередньо залежить від темпів розвитку цифрових технологій, платформних сервісів, засобів штучного інтелекту та нових форматів комунікації. О. Єрьоменко, обґрунтовуючи адаптивну систему професійної підготовки, акцентує увагу на її здатності реагувати на змінні умови освітнього середовища та індивідуальні освітні потреби [13]. У близькому руслі Я. Сікора підкреслює, що «цифровізація освітнього процесу – трансформація як освітнього процесу та його елементів, так і цифрових технологій та засобів, що використовуються в освітньому процесі, з метою створення гнучкої та адаптивної освітньої системи, яка відповідає запитам цифрової економіки й забезпечує максимальне використання дидактичного потенціалу цифрових технологій» [11, с. 829]. Це положення є методологічно важливим для нашого дослідження, оскільки прямо вказує на необхідність гнучкого оновлення інформатичної освітньої галузі.

Не менш значущим є контекстний підхід. Н. Мирончук, аналізуючи контекстну підготовку майбутніх викладачів, пов'язує її з розвитком самоорганізації, здатності діяти в змінних умовах і самостійно коригувати власну професійну діяльність [14]. Для інформатичної освітньої галузі це особливо важливо, оскільки робота в цифровому середовищі вимагає постійного оновлення знань, переосмислення попереднього досвіду та швидкого реагування на нові технологічні виклики. Контекстність у цій галузі означає орієнтацію не лише на навчальний матеріал, а й на реальні умови майбутньої цифрової діяльності.

Компетентнісний підхід визначає результативну основу розвитку інформатичної освітньої галузі. М. Головченко пов'язує модернізацію педагогічної освіти з переходом до компетентнісних засад підготовки, за яких важливим стає не накопичення окремих знань, а здатність застосовувати їх у практичній діяльності [16]. У площині інформатичної освітньої галузі це означає, що її результати слід визначати через сформованість цифрової компетентності, алгоритмічного мислення, уміння працювати з даними, створювати цифрові продукти та безпечно діяти в цифровому середовищі.

Персоналізований підхід поглиблює цю логіку, оскільки сучасне цифрове навчання створює умови для варіативності освітніх маршрутів і диференціації способів досягнення результатів. Для інформатичної освітньої галузі це означає можливість врахування різного рівня підготовленості здобувачів освіти, їхніх пізнавальних інтересів, навчального темпу та інструментальних уподобань. Саме тому галузь має будуватись не лише на стандартизованих змістових лініях, а й на принципах гнучкості та варіативності.

Важливого значення набуває й дослідницький вимір освіти. О. Ковальова, С. Бабійчук та Т. Бурлаєнко розглядають сучасну освіту як простір розвитку наукового мислення, пізнавальної активності та готовності до творчого пошуку [34]. У межах інформатичної освітньої галузі це відкриває можливості для посилення проєктної діяльності, моделювання, цифрового експериментування, роботи з даними та створення нових рішень. Подібну логіку підтримують і Г. Алєксєєва, Л. Горбатюк та Н. Кравченко, які акцентують увагу на методичних засадах підготовки фахівців у галузі цифрових технологій [35]. Це дозволяє стверджувати, що розвиток інформатичної освітньої галузі має спиратися на поєднання теоретичної, методичної та практикоорієнтованої складових.

Теоретико-методологічні засади розвитку інформатичної освітньої галузі формуються на основі системного, адаптивного, контекстного, компетентнісного, персоналізованого та дослідницького підходів. Їх поєднання дає змогу розглядати інформатичну освітню галузь як відкриту, гнучку та багатовимірну систему, розвиток якої визначається не лише змістом навчання, а й характером цифрової трансформації освіти загалом.

Міжнародний науковий дискурс дає змогу розглядати інформатичну освітню галузь значно ширше, ніж сферу формування технічних умінь або навичок користування цифровими засобами. У сучасних дослідженнях вона постає як простір розвитку обчислювального мислення, цифрової культури, відповідальної взаємодії з технологіями та готовності до навчання в умовах постійних змін. Саме тому в центрі уваги зарубіжних учених перебувають не лише змістові лінії інформатичної освіти, а й питання професійної цифрової компетентності педагогів, інституційної готовності закладів освіти та методичних стратегій викладання комп'ютерних наук [9], [17], [22].

Вагоме значення для нашого дослідження має підхід, пов'язаний з професійною цифровою компетентністю педагога. С. Норхаген, Р. Крумсвік та Ф. Рокенес наголошують, що «професійна цифрова компетентність у педагогічній освіті є різноманітною та багатовимірною» [22, с. 1]. Така позиція є принциповою для розвитку інформатичної освітньої галузі, оскільки засвідчує, що цифрова підготовка вчителя не може обмежуватися опануванням інструментів. Йдеться про поєднання технологічних знань, педагогічних рішень, предметного змісту, етичної відповідальності та вміння діяти в ситуації швидких технологічних змін. Цю логіку підтримують і дослідження, виконані на основі моделі TPACK, де доведено значення інтеграції технологічного, педагогічного та змістового компонентів у професійній підготовці педагога [36], [37].

Інший важливий орієнтир пов'язаний з цифровим громадянством, цифровою інклюзією та культурою закладу освіти. А. Ертегрен та А. Олофссон розглядають цифрову компетентність педагога в нерозривному зв'язку з підготовкою до навчання для цифрового громадянства [21]. Це означає, що інформатична освітня галузь має забезпечувати не лише формування інструментальних умінь, а й розвиток відповідальної, етичної та критичної позиції щодо використання цифрових технологій. У цьому самому руслі Дж. Мінц, К. Конноллі, Е. О'Браєн, Л. Даніела та Т. Дж. О'Келлі підкреслюють, що «цифрова інклюзія охоплює питання можливостей, доступу, знань і навичок у контексті політики цифровізації та є складною соціальною проблемою, що виходить за межі окремих політичних сфер» [20, с. 116]. Для інформатичної освітньої галузі це означає необхідність врахування не лише змісту навчання, а й доступності цифрових ресурсів, інституційних умов навчання та соціальної справедливості в цифровому середовищі.

Відчутний вплив на сучасну модель інформатичної освіти мають також дослідження цифрових платформ, цифрових освітніх середовищ та цифрової готовності закладів освіти. Сандра Мінгот і Вікторія Марін, аналізуючи використання цифрових

платформ у школах, зазначають, що «цифрові освітні платформи інтегрують інструменти комунікації, управління навчанням і доступу до цифрових ресурсів, створюючи єдине середовище організації освітнього процесу» [38, с. 4]. Це положення є важливим для інформатичної освітньої галузі, оскільки підтверджує, що її розвиток тісно пов'язаний із платформною організацією навчання, зміною ролі цифрових сервісів та появою нових механізмів взаємодії між учителем, учнем і навчальним контентом. У цьому контексті значення мають також праці, присвячені цифровому лідерству та цифровій культурі закладу освіти, де підкреслюється, що успішна цифрова трансформація залежить не лише від технічних ресурсів, а й від організаційних рішень, професійної взаємодії та готовності освітньої спільноти до змін [39], [9].

Змістовий вимір розвитку інформатичної освітньої галузі в зарубіжних дослідженнях тісно пов'язується з обчислювальним мисленням. С. Лі, Г. Франком та Дж. Нуатому доводять, що інформатична освіта сприяє розвитку обчислювального, творчого та критичного мислення учнів [17]. Це дозволяє розглядати computational thinking не як допоміжний елемент навчання програмування, а як один із ключових результатів сучасної інформатичної підготовки. Така логіка істотно розширює зміст галузі, оскільки зміщує акцент із технічного виконання дій на формування способів мислення, необхідних для аналізу даних, моделювання, проєктування та розв'язання складних проблем.

К. Шульте, С. Сентанс та С. Шпарманн зазначають, що інформатична освіта розглядається як поєднання різних освітніх традицій, що базуються на цінностях, переконаннях і обґрунтуваннях, які визначають, навіщо, що і як ми навчаємо [40]. Це демонструє взаємопов'язаність усіх компонентів освітньої галузі, де в центрі знаходиться відповідь на запитання «Чому навчаються учні?», а навколо неї вибудовуються цілі, зміст, діяльності, оцінювання та ролі учасників освітнього процесу. Автори звернулися до ширших теоретичних основ дисципліни інформатики. Вони узагальнили і сформулювали чотири підходи до шкільної інформатичної освіти: алгоритмічний та проблемно орієнтований, науковий, підхід проєктування та творчості, а також суспільний підхід. Це дозволяє розглядати інформатичну освіту як багатовимірне явище, де різні бачення не конкурують, а доповнюють одне одного.

Дж. Сан, Х. Ма, Ю. Цзен, Д. Хань та Ю. Цзінь наголошують, що розвиток компетентностей учителів у сфері штучного інтелекту потребує поєднання технологічних знань, педагогічних підходів і предметного змісту відповідно до логіки моделі TPACK [18, с. 1513]. М. Чжу та С. Ван підкреслюють, що ефективне навчання комп'ютерних наук передбачає поєднання алгоритмічного мислення, проєктного навчання та практичної програмної діяльності [19, с. 6]. Це свідчить про потребу в таких методичних моделях, які поєднують змістову глибину, практичну спрямованість і педагогічну гнучкість.

Міжнародний досвід переконливо свідчить, що розвиток інформатичної освітньої галузі визначається сукупністю кількох взаємопов'язаних чинників: професійною цифровою компетентністю педагога, платформною організацією навчання, цифровою інклюзією, розвитком обчислювального мислення, інтеграцією штучного інтелекту та оновленням методичних стратегій викладання. Саме ці орієнтири дають змогу розглядати інформатичну освітню галузь як динамічну систему, здатну відповідати на виклики цифрової трансформації освіти та забезпечувати підготовку здобувачів освіти до життя й діяльності в сучасному цифровому суспільстві.

Структура інформатичної освітньої галузі як цілісної системи створює підґрунтя для розроблення інтегрованої концептуальної моделі (Рис. 1). Необхідність такої моделі зумовлена тим, що динамічний розвиток технологій штучного інтелекту, зростання ролі даних і поява нових форматів навчання потребують такої рамки, яка б інтегрувала зміст,

педагогічні підходи, цифрове середовище та оцінювання в єдину логічно узгоджену систему.

Відсутність подібної інтегрованої рамки ускладнює ефективне впровадження інновацій та забезпечення наступності розвитку інформатичної освітньої галузі. У зв’язку з цим у дослідженні пропонується інтегрована концептуальна модель, яка відображає взаємозв’язки між соціально-технологічним контекстом, освітніми цілями, компетентнісним ядром, змістом навчання, педагогічними підходами, цифровим середовищем, оцінюванням та освітніми результатами, а також передбачає механізм зворотного зв’язку для її постійного оновлення й адаптації до змін цифрового суспільства (Рис.1).

Модель відображає інформатичну освітню галузь як цілісну систему, у якій взаємопов'язані: соціально-технологічний контекст, освітні цілі та ціннісні орієнтири, компетентнісне ядро (цифрова компетентність, обчислювальне мислення, ШІ-грамотність, грамотність в галузі даних), зміст навчання, педагогічні підходи, цифрове освітнє середовище, оцінювання та освітні результати. Усі компоненти об'єднані механізмом зворотного зв’язку, що забезпечує постійне оновлення й адаптацію моделі до змін цифрового суспільства.

Центральним елементом моделі є компетентнісне ядро. Цифрова компетентність формує здатність учня ефективно, безпечно та відповідально використовувати цифрові технології. Обчислювальне мислення забезпечує когнітивну основу для аналізу даних, моделювання та розв'язання складних проблем. ШІ-грамотність охоплює розуміння принципів роботи інтелектуальних систем та етичних аспектів їх використання. Грамотність в галузі даних формує вміння працювати з даними як ресурсом навчальної та майбутньої професійної діяльності.

Особливістю моделі є її адаптивний характер: через механізми зворотного зв'язку вона реагує на зміни соціально-технологічного контексту, на потреби учасників освітнього процесу, забезпечуючи динамічне оновлення змісту та освітніх практик.

Відповідь на дослідницьке питання щодо структури та ключових компонентів інтегрованої концептуальної моделі інформатичної освітньої галузі дозволяє обґрунтувати її як багаторівневу цілісну систему, що поєднує соціально-технологічний контекст, цінності й цілі освіти, компетентнісне ядро (цифрова компетентність, обчислювальне мислення, ШІ-грамотність, грамотність в галузі даних), зміст навчання, педагогічні підходи, цифрове освітнє середовище, оцінювання та освітні результати, об’єднані механізмом зворотного зв’язку. Запропонована структура моделі не є декларативною, а знаходить емпіричне підтвердження у результатах опитування: високі оцінки якості контенту та інтерактивних і практичних завдань підтверджують релевантність змістового компонента; активне використання ресурсів для самостійного та персоналізованого навчання — ефективність педагогічних підходів та дизайнів навчання; позитивне сприйняття функціоналу платформи – значущість цифрового освітнього середовища; а запит на вдосконалення оцінювання та аналітики – необхідність розвитку відповідного компоненту моделі. Водночас високий рівень зацікавленості учнів і орієнтація на досягнення очікуваних результатів навчання засвідчують результативність компетентнісного ядра, що інтегрує сучасні освітні концепції та забезпечує адаптивність моделі до викликів цифрової трансформації освіти.

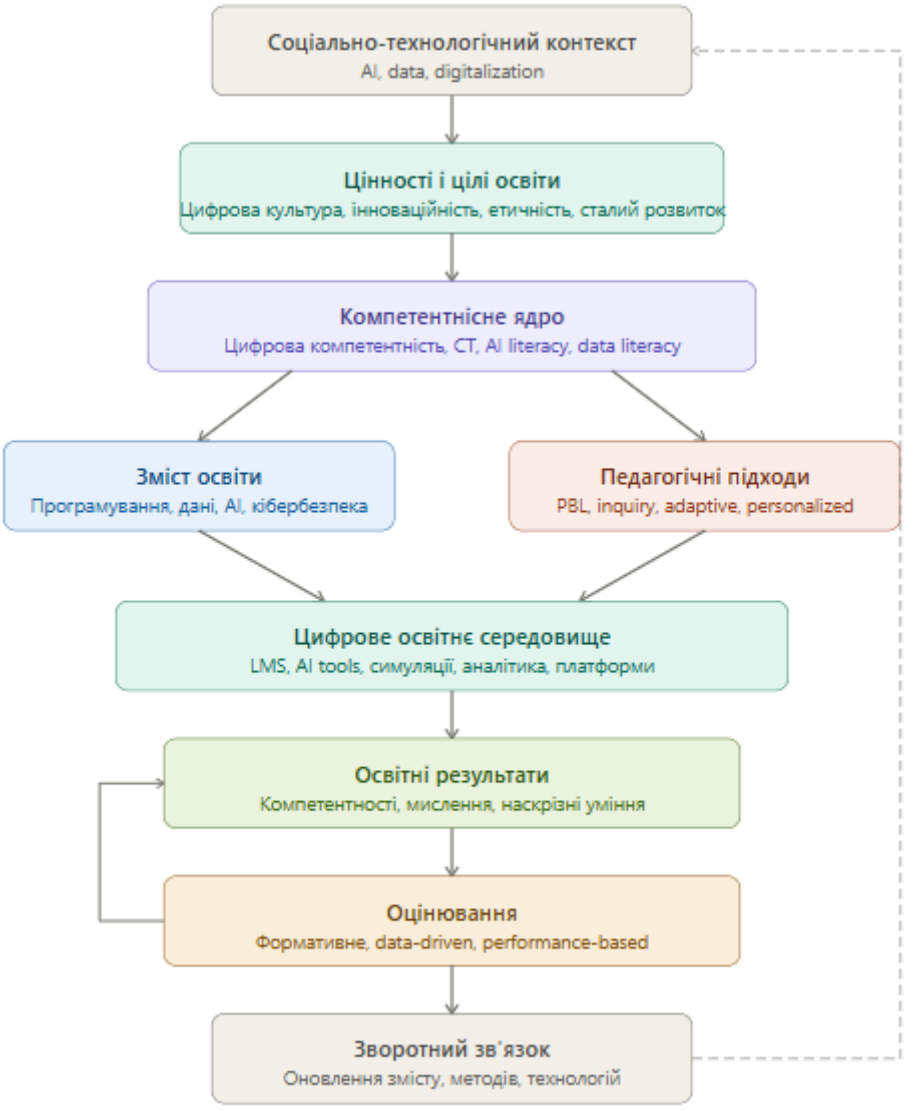

Рис. 1. Інтегрована модель розвитку інформатичної освітньої галузі

Розроблена інтегрована концептуальна модель розвитку інформатичної освітньої галузі стала теоретичною основою для організації та інтерпретації емпіричного дослідження, спрямованого на перевірку її релевантності та практичної застосовності. Зокрема структурні компоненти моделі (компетентнісне ядро, зміст освіти, педагогічні підходи, цифрове освітнє середовище, оцінювання та освітні результати) були покладені в основу конструювання інструментарію опитування, що дозволило комплексно оцінити стан і ефективність розвитку інформатичної освіти з позиції практиків. З метою емпіричного обґрунтування теоретичних положень дослідження було проведено опитування вчителів щодо ефективності використання ІТ-студій та сучасних підходів до навчання інформатики, яке було спрямоване на визначення рівня впровадження інноваційних ІТ-практик, виявлення ключових проблем і бар'єрів, оцінювання готовності педагогів до використання сучасних цифрових технологій, а також визначення потреб у їхньому професійному розвитку. Застосування методів анкетування, описової статистики, порівняльного аналізу та узагальнення результатів забезпечило можливість співвіднести отримані емпіричні дані з компонентами запропонованої моделі та виявити ступінь її відповідності реальним освітнім практикам,

що, своєю чергою, дозволяє уточнити окремі елементи моделі та підтвердити її практичну значущість.

3.5. Емпіричне обґрунтування моделі: результати опитування

Цифрове освітнє середовище. Компонент підтверджується високим рівнем задоволеності функціоналом платформи: середні оцінки дизайну, навігації та структури подання матеріалів становили 4,16–4,38 з 5,0. Технічних проблем не виникало у 82% респондентів, що свідчить про стабільність цифрового середовища як умови реалізації моделі (Рис. 2).

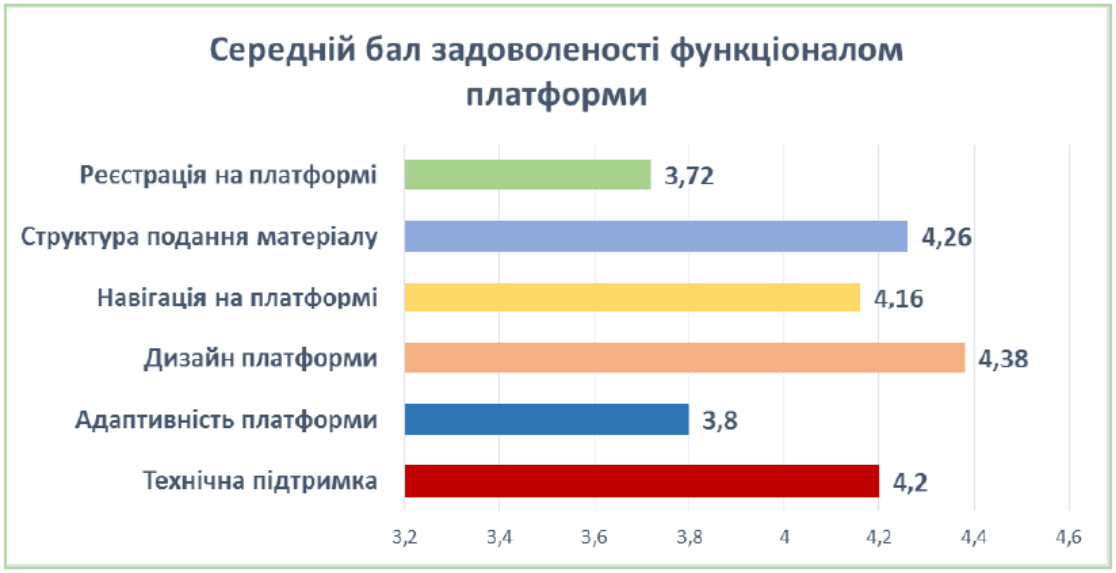

Рис. 2. Оцінювання якості цифрового освітнього середовища (ІТ-студій)

Педагогічні підходи. Значна частина вчителів використовує ІТ-студії для організації самостійного (38,5%) та персоналізованого навчання (30,8%), що разом становить 69,3% і узгоджується з ідеями адаптивного й персоналізованого навчання, закладеними в моделі (Рис. 3).

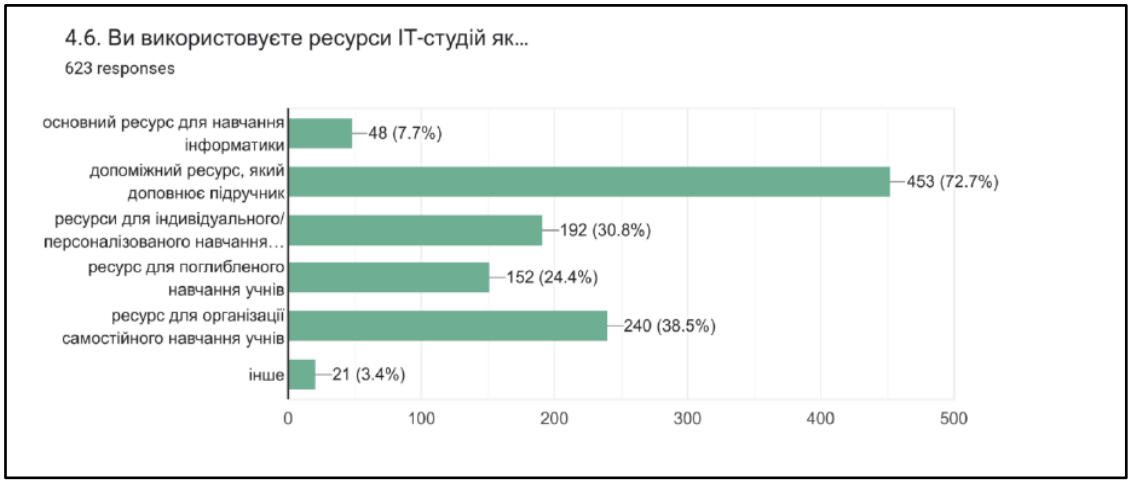

Рис. 3. Форми організації навчання з використанням ІТ-студій

Зміст освіти. 86,2% респондентів позитивно оцінили якість навчального контенту. Найбільш ефективними визначено інтерактивні завдання (57,8%), практичні завдання (55,1%) та спосіб подання інформації (54,1%), що підтверджує орієнтацію на діяльнісний і компетентнісний підходи (Рис. 4).

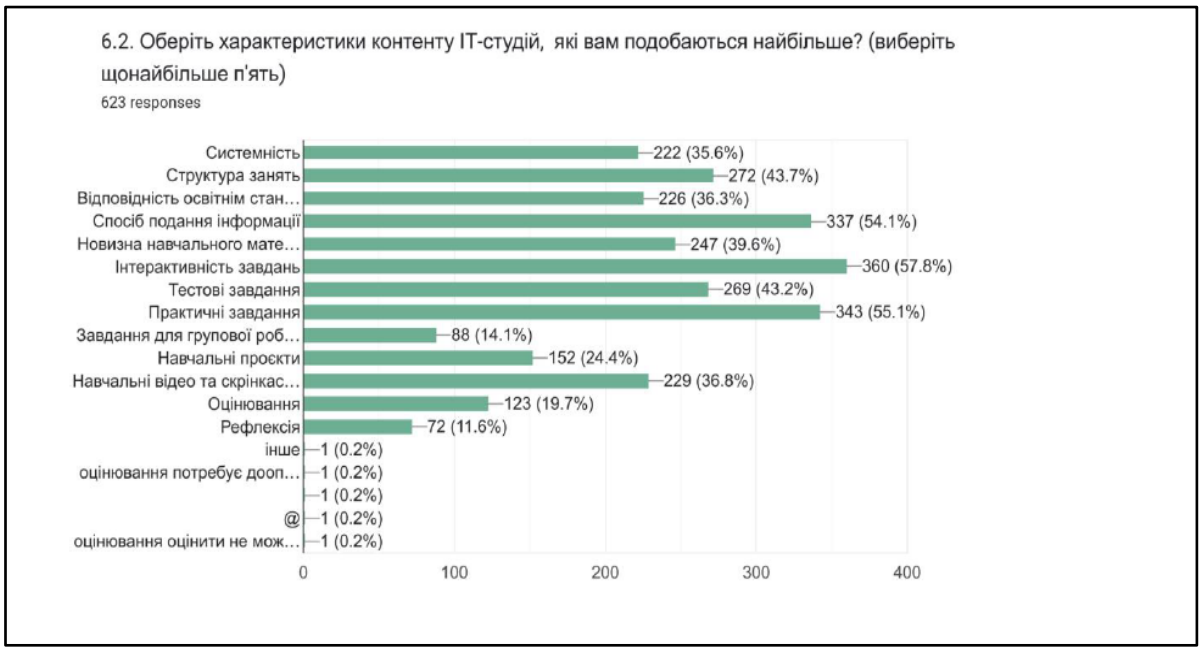

Рис. 4. Оцінювання типів навчальних завдань

Компетентнісне ядро. 96,7% респондентів відзначили, що структура уроків сприяє розумінню очікуваних результатів, а 88,5% – що чіткість цілей допомагає формуванню компетентностей. Ці дані підтверджують релевантність компетентнісного ядра як центрального елементу моделі.

Освітні результати. 73,9% батьків відзначили зростання зацікавленості учнів, середній бал зацікавленості за оцінками вчителів становив 6,64 з 10. Понад 80% респондентів рекомендують використання ресурсів IT-студій, що свідчить про їхню ефективність (Рис. 5).

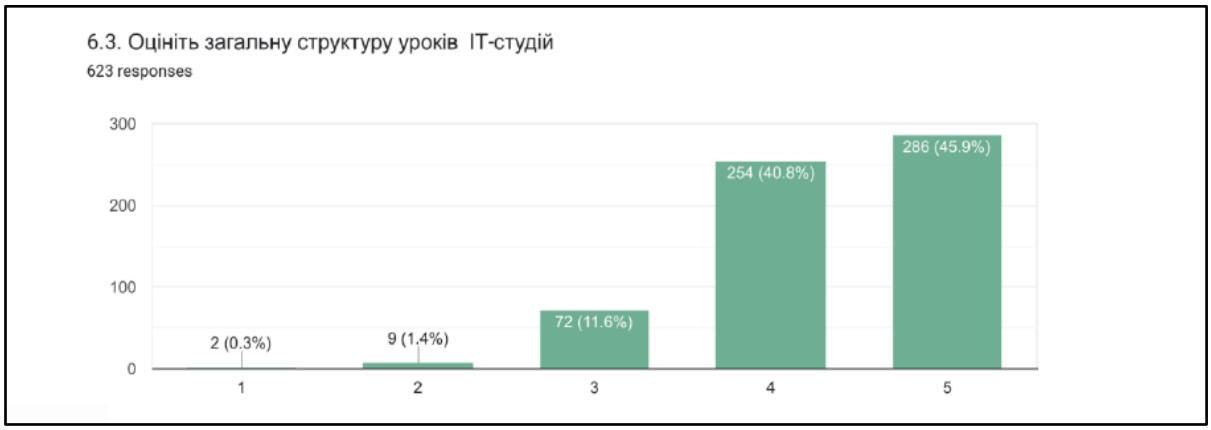

Рис. 5. Рівень зацікавленості учнів та готовність рекомендувати платформу

Оцінювання. Компонент виявився найменш розвиненим у практиці: вчителі фіксують потребу в інструментах автоматизованого оцінювання, формувального оцінювання та відстеження індивідуального прогресу та навчальної аналітики (Рис. 6, 7). Це свідчить про поступовий перехід до data-driven підходів, однак водночас вказує на розрив між потенціалом цифрових технологій і рівнем їх педагогічної інтеграції.

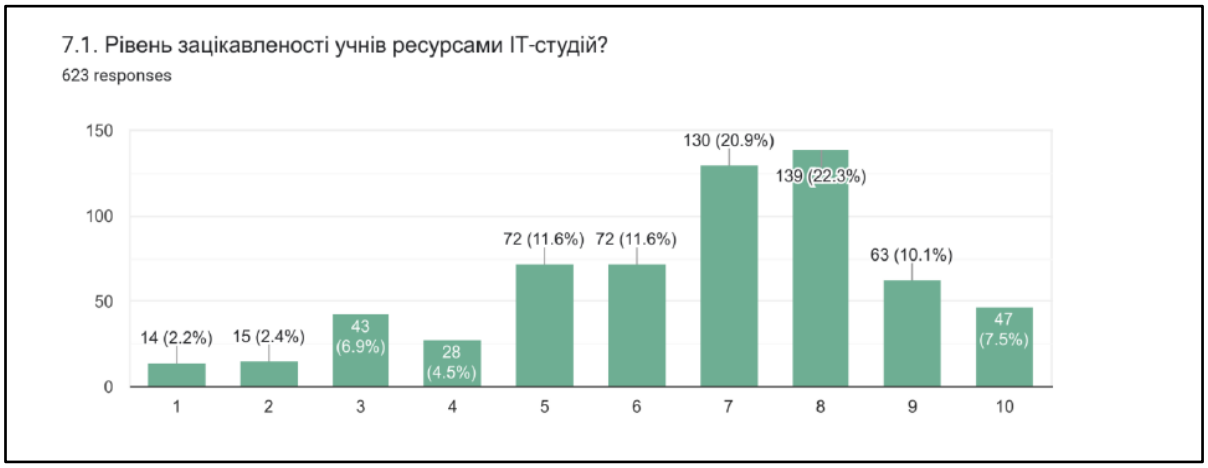

Рис. 6–7. Запити педагогів щодо вдосконалення оцінювання та аналітики

Зворотний зв'язок і адаптивність. Респонденти вказують на потребу вдосконалення рефлексивних завдань, проєктних форм роботи та інтеграції інструментів штучного інтелекту, що підтверджує значущість механізму зворотного зв'язку як системоутворювального елементу моделі.

3.6. Педагогічні, організаційні та технологічні умови реалізації моделі

Результати теоретичного аналізу та емпіричного дослідження дозволяють конкретизувати умови ефективної реалізації моделі за трьома групами.

Педагогічні умови. Ключовими є орієнтація на компетентнісний, діяльнісний та персоналізований підходи, що реалізуються через інтерактивні, практикоорієнтовані та проєктні завдання, а також чітке структурування навчального процесу (цілі — діяльність — рефлексія). Високі оцінки структури уроків (96,7%) і зрозумілості цілей (88,5%) підтверджують доцільність саме таких підходів. Важливою умовою є також розвиток формувального оцінювання та здатності учнів до саморегуляції навчання (Рис. 8).

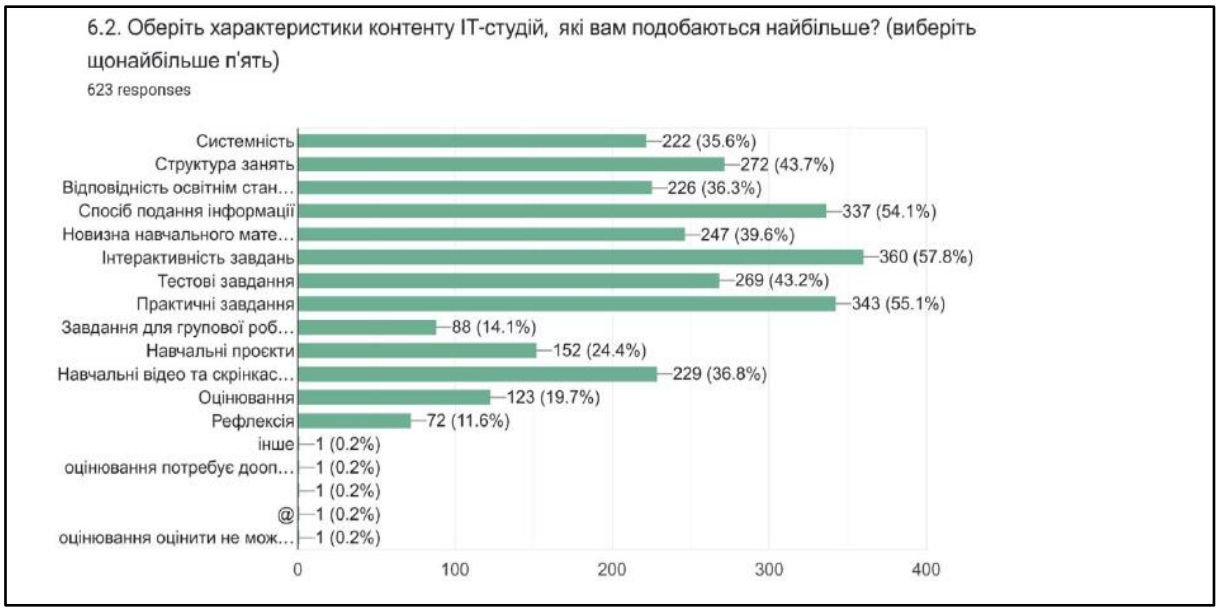

Рис. 8. Оцінювання педагогічних підходів у межах IT-студій

Організаційні умови. Визначальними є забезпечення гнучкості освітнього процесу, можливість поєднання різних форматів навчання (очне, дистанційне, змішане) та системна методична підтримка вчителів. Дані опитування свідчать, що ресурси IT-студій ефективно використовуються переважно в умовах змішаного та дистанційного навчання (~70%), що підтверджує необхідність організаційної гнучкості моделі. Важливим аспектом є також створення спільнот практик для педагогів, які опановують нові інструменти й підходи (Рис. 9).

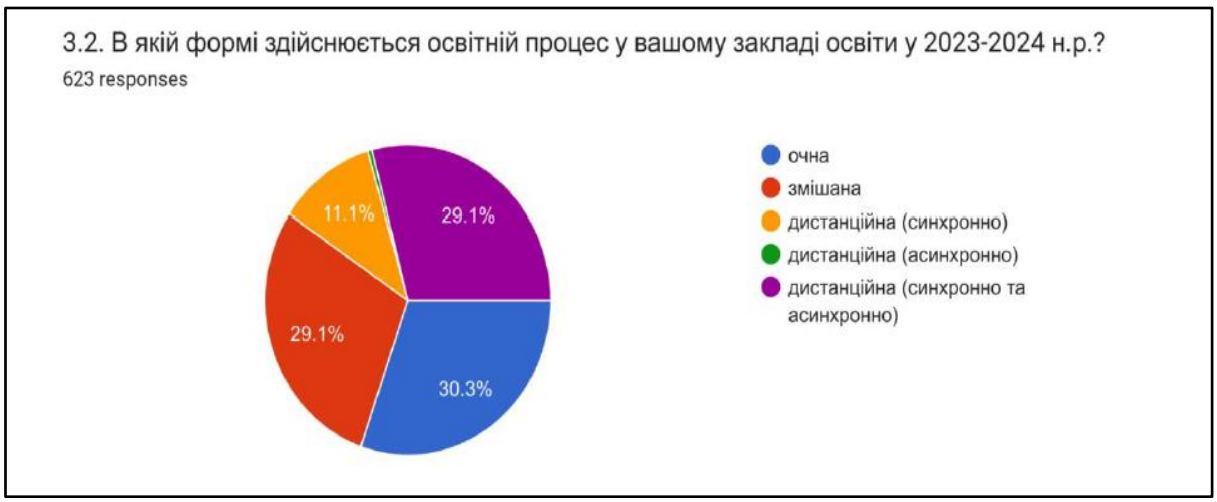

Рис. 9. Формати навчання, у яких використовуються IT-студії

Технологічні умови. Ключовими є наявність стабільної цифрової інфраструктури, доступ до відповідного програмного забезпечення та використання платформ, що інтегрують контент, інструменти навчання, оцінювання й аналітику. Водночас виявлені бар'єри – нестабільний інтернет (зафіксовано у 18% респондентів), складність реєстрації та обмежений доступ до техніки – окреслюють ризики, які необхідно враховувати для забезпечення адаптивності моделі (Рис. 2, 10).

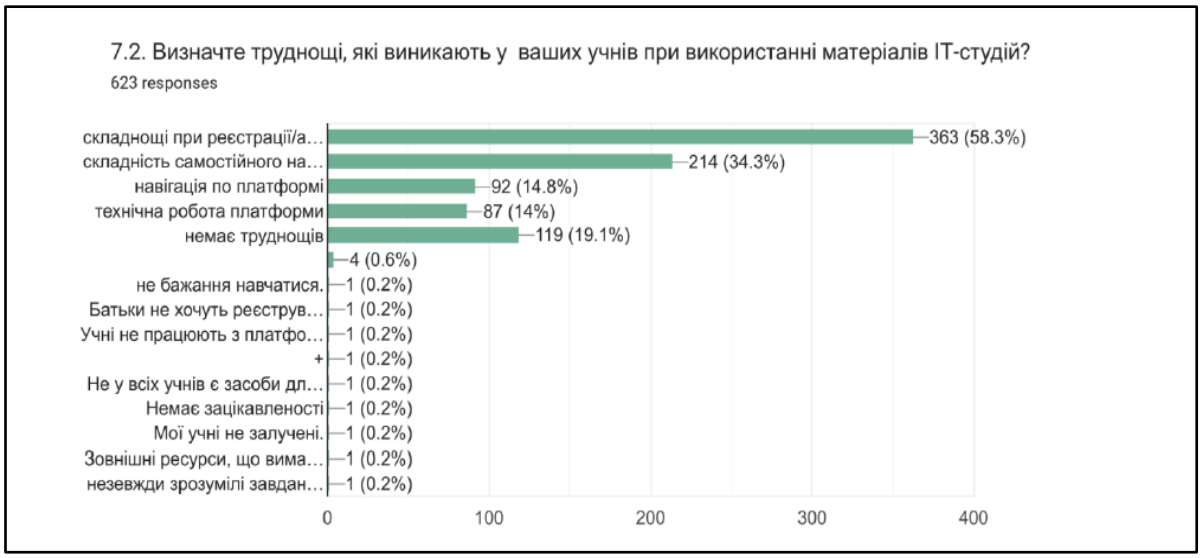

Рис. 10. Технологічні бар'єри впровадження моделі

Отже, отримані емпіричні дані не лише підтверджують структурну цілісність запропонованої моделі, але й демонструють її відповідність реальним освітнім практикам, а також окреслюють напрями її подальшого розвитку

Результати опитування свідчать про фактичний рівень ефективності впровадження ІТ-освітніх практик та дозволяють виявити розрив між декларованими освітніми підходами та їх практичною реалізацією.

У контексті даного дослідження ІТ-студії розглядаються як практичний інструмент реалізації та апробації запропонованої інтегрованої концептуальної моделі розвитку інформатичної освітньої галузі. Вони виступають як цілісне цифрове освітнє середовище, що поєднує зміст навчання, сучасні педагогічні підходи, інструменти оцінювання та аналітики, забезпечуючи формування ключових компетентностей, зокрема цифрової компетентності, обчислювального мислення та ШІ-грамотності. Завдяки можливостям організації персоналізованого, адаптивного та діяльнісного навчання ІТ-студії забезпечують інтеграцію всіх структурних компонентів моделі в реальному освітньому процесі. Саме тому результати їх використання, зафіксовані в ході опитування вчителів, учнів та батьків, розглядаються як емпірична основа для оцінювання ефективності моделі та підтвердження її практичної значущості.

Результати емпіричного дослідження стали підґрунтям для уточнення структурних компонентів моделі розвитку інформатичної освіти, зокрема в частині педагогічних умов її реалізації та підготовки вчителя.

Відповідь на дослідницьке питання щодо педагогічних, організаційних та технологічних умов ефективної реалізації й адаптивності запропонованої моделі дозволяє конкретизувати механізми її впровадження в освітню практику. Результати теоретичного аналізу та емпіричного дослідження засвідчують, що ключовими педагогічними умовами є орієнтація на компетентнісний, діяльнісний та

персоналізований підходи, що реалізуються через використання інтерактивних, практикоорієнтованих і проєктних завдань, а також чітке структурування навчального процесу (цілі, діяльність, рефлексія). Високі оцінки вчителями структури уроків, зрозумілості цілей та ефективності інтерактивних і практичних завдань підтверджують доцільність саме таких підходів у межах моделі. Водночас важливою умовою є розвиток формувального оцінювання, рефлексії та здатності учнів до саморегуляції навчання.

Тож ефективна реалізація запропонованої моделі можлива за умови системного поєднання педагогічних інновацій, організаційної гнучкості та технологічної готовності освітнього середовища. Саме їх узгоджена взаємодія забезпечує не лише впровадження моделі, але й її здатність до адаптації в умовах швидких змін цифрового суспільства.

3.7. Обговорення результатів

Отримані результати дослідження дозволяють не лише підтвердити релевантність запропонованої інтегрованої концептуальної моделі розвитку інформатичної освітньої галузі, але й розкрити механізми її функціонування в умовах цифрової трансформації освіти. На відміну від існуючих підходів, що розглядають окремі компоненти інформатичної освіти (зміст, технології або компетентності) ізольовано, запропонована модель демонструє ефективність саме як цілісна система, у якій взаємодія компонентів забезпечує її адаптивність і стійкість до змін.

Порівняння отриманих результатів із міжнародними рамками, зокрема DigComp, DigCompEdu та AI4K12, засвідчує, що запропонована модель узгоджується з глобальними тенденціями розвитку цифрової освіти, проте розширює їх за рахунок інтеграції педагогічного, технологічного та організаційного вимірів у єдину систему. Якщо європейські підходи орієнтуються переважно на формуванні цифрової компетентності, а американська модель – на глибині змісту computer science, то результати дослідження підтверджують необхідність їх поєднання з урахуванням контексту цифрової трансформації освітнього середовища.

Емпіричні дані дозволяють виокремити ті компоненти моделі, які мають найбільший вплив на її ефективність. Передусім це педагогічні підходи, що реалізуються через інтерактивні, практико-орієнтовані та персоналізовані види діяльності. Високий рівень позитивних оцінок таких видів діяльності свідчить про те, що саме діяльнісна та адаптивна організація навчання є ключовим фактором формування цифрової компетентності та обчислювального мислення. Це узгоджується з результатами міжнародних досліджень, у яких підкреслюється роль проєктного навчання та computational thinking як основи сучасної інформатичної освіти.

Другим критично важливим компонентом є цифрове освітнє середовище, представлене в дослідженні через IT-студії. Отримані результати підтверджують, що платформа не лише забезпечує доступ до навчального контенту, але й виконує інтегруючу функцію, поєднуючи зміст, діяльність, оцінювання та аналітику. У цьому аспекті результати узгоджуються з дослідженнями цифрових освітніх платформ, які розглядають їх як екосистеми навчання, що змінюють характер педагогічної взаємодії. Водночас виявлені технічні та організаційні обмеження (доступ до інтернету, пристроїв, складність окремих функцій) вказують на необхідність розвитку інфраструктурної складової моделі.

Особливої уваги заслуговує компонент оцінювання, який, попри свою значущість, виявився найменш розвиненим у практиці. Запит педагогів на інструменти навчальної аналітики, формувального оцінювання та відстеження індивідуального прогресу свідчить про поступовий перехід до data-driven підходів в освіті. Це відповідає сучасним

тенденціям розвитку learning analytics, однак водночас вказує на розрив між потенціалом цифрових технологій і рівнем їх педагогічної інтеграції.

Важливим результатом дослідження є підтвердження того, що адаптивність моделі забезпечується не окремими її елементами, а їх взаємодією. Зокрема поєднання педагогічних підходів, цифрового середовища та механізмів зворотного зв'язку створює умови для гнучкого реагування на зміни освітнього контексту. Така логіка узгоджується з сучасними уявленнями про освіту як відкриту динамічну систему, здатну до саморозвитку.

Разом з тим результати дослідження виявили низку обмежень, які необхідно враховувати при подальшому розвитку моделі. Зокрема нерівномірний доступ до цифрових ресурсів, різний рівень цифрової компетентності педагогів, а також недостатня інституційна підтримка впровадження інновацій можуть знижувати ефективність її реалізації. Крім того використання переважно методів описової статистики обмежує можливості глибшого аналізу взаємозв'язків між компонентами моделі.

Отже, результати дослідження підтверджують доцільність інтегрованого підходу до розвитку інформатичної освітньої галузі та демонструють, що ефективність її функціонування визначається узгодженою взаємодією змістових, педагогічних і технологічних компонентів. Запропонована модель може розглядатися як концептуальна основа для подальшого розвитку інформатичної освіти, однак потребує подальшої емпіричної верифікації та розширення інструментарію оцінювання її ефективності.

3.8. Особистий внесок авторів.

Людмила Чернікова здійснювала теоретичне обґрунтування дослідження та формування концептуальних засад розвитку інформатичної освітньої галузі. Наталія Морзе та Оксана Пасічник розробляли інтегровану концептуальну модель. Наталія Морзе, Людмила Чернікова та Оксана Пасічник розробляли методологію дослідження. Оксана Пасічник, Тетяна Нанаєва та Ольга Барна здійснювали організацію та проведення опитування, розробку інструментарію та збір емпіричних даних. Ольга Барна та Наталія Морзе здійснювали аналіз і узагальнення результатів дослідження. Усі автори брали участь у розробленні та впровадженні ІТ-студій як експериментального середовища, а також долучались до обговорення результатів і формулювання висновків.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У результаті проведеного дослідження теоретично обґрунтовано та розроблено інтегровану концептуальну модель розвитку інформатичної освітньої галузі в умовах цифрової трансформації освіти, яка забезпечує узгодження міжнародних освітніх підходів і національних особливостей освітньої системи. На основі аналізу сучасних наукових джерел і освітніх практик встановлено, що розвиток інформатичної освіти визначається комплексною взаємодією технологічних, педагогічних і соціальних чинників, серед яких провідну роль відіграють цифровізація, інтеграція штучного інтелекту, формування цифрової компетентності та обчислювального мислення, а також персоналізація навчання.

Порівняльний аналіз підходів до інформатичної освіти в Україні, країнах Європейського Союзу та США дозволив виявити їхні спільні риси та відмінності, а також обґрунтувати доцільність їх інтеграції в межах єдиної концептуальної моделі. Доведено, що ефективний розвиток інформатичної освітньої галузі можливий за умови поєднання компетентнісної спрямованості європейського підходу, змістової глибини

дисциплінарної моделі США та системної інтеграції, притаманної українському освітньому контексту.

Запропонована модель визначає структуру інформатичної освітньої галузі як цілісної системи, що охоплює взаємопов'язані компоненти: соціально-технологічний контекст, освітні цілі, компетентнісне ядро, зміст навчання, педагогічні підходи, цифрове освітнє середовище, оцінювання та освітні результати, об'єднані механізмом зворотного зв'язку. Особливістю моделі є її інтегративний характер, що забезпечує узгодженість між змістом освіти, педагогічними технологіями та цифровими інструментами.

Емпіричне дослідження, проведене із залученням широкої вибірки учасників освітнього процесу, засвідчило практичну релевантність запропонованої моделі та її відповідність сучасним освітнім потребам. Зокрема встановлено, що використання IT-студій як середовища реалізації моделі сприяє підвищенню ефективності навчання, активізації пізнавальної діяльності учнів, розвитку компетентностей та впровадженню персоналізованих підходів. Водночас виявлено низку бар'єрів, пов'язаних із технологічними, організаційними та педагогічними чинниками, що впливають на ефективність впровадження моделі.

Обґрунтовано, що ефективна реалізація запропонованої моделі потребує дотримання комплексу педагогічних, організаційних і технологічних умов, серед яких ключовими є використання діяльнісних та персоналізованих підходів, забезпечення гнучкості освітнього процесу, розвиток цифрової інфраструктури та підготовка вчителя до роботи в умовах цифрового середовища.

Практичне значення дослідження полягає в можливості використання запропонованої моделі для проєктування освітніх програм, удосконалення змісту навчання інформатики, розвитку цифрових освітніх середовищ та підвищення ефективності освітнього процесу. Модель може бути адаптована до різних рівнів освіти та використана як основа для подальших інновацій у галузі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням емпіричної верифікації моделі, застосуванням методів статистичного аналізу для виявлення взаємозв'язків між її компонентами, а також дослідженням впливу штучного інтелекту та навчальної аналітики на розвиток інформатичної освіти.

ДЕКЛАРАЦІЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСІ НАПИСАННЯ СТАТТІ

Під час підготовки дослідження автори використовували інструменти на основі штучного інтелекту для технічного опрацювання тексту, уточнення мовностилістичного оформлення, структурування матеріалу та перевірки логіки викладу. Після застосування відповідних інструментів матеріал було додатково переглянуто, відредаговано й науково верифіковано авторами. Повну відповідальність за зміст, достовірність, коректність викладених положень і відповідність рукопису академічним стандартам несуть автори.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів, що міг би вплинути на об'єктивність подання, рецензування, оцінювання результатів дослідження чи їх інтерпретацію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Н. В. Морзе, Т. В. Нанаєва, О. В. Пасічник, «Стан та перспективи навчання інформатики в закладах загальної середньої освіти України», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 92, № 6, 2022, doi: 10.33407/itlt.v92i6.5138.

[2] «Стратегія інтеграції України до Єдиного цифрового ринку Європейського Союзу ("Дорожня карта")», 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://docs.google.com/document/d/1XgGb7AWSs7Ktl6Pl5xuYDpLFV0mtOTSN/edit (дата звернення: 16.03.2026).

[3] O. Liashenko, O. Spirin, S. Lytvynova, O. Pinchuk, O. Ovcharuk, and A. Sukhikh, "CONCEPTUAL FUNDAMENTALS FOR THE DIGITALISATION OF THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS", *ITLT*, vol. 102, no. 4, pp. 1–25, Sep. 2024, doi: 10.33407/itlt.v102i4.5829.

[4] R. Vuorikari, S. Kluzer, Y. Punie, *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens with New Examples of Knowledge, Skills and Attitudes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022, doi: 10.2760/115376 .

[5] C. Redecker, *European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu)*, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466 (дата звернення: 16.03.2026).

[6] UNESCO, *AI and Education: Guidance for Policy-makers*. Paris: UNESCO, 2022. [Електронний ресурс]. Доступно: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709 (дата звернення: 16.03.2026).

[7] S. Bocconi et al., *Developing Computational Thinking in Compulsory Education: Implications for Policy and Practice*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://code.educalab.es/wp-content/uploads/2017/10/jrc104188_computhinkreport.pdf (дата звернення: 16.03.2026).

[8] European Commission, «Digital Education Action Plan (2021–2027)», 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan (дата звернення: 16.03.2026).

[9] E. N. Purnomo, A. Imron, B. B. Wiyono, A. Y. Sobri, Z. A. Dami, "Transformation of digital-based school culture: Implications of change management on virtual learning environment integration," *Cogent Education*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1080/2331186X.2024.2303562.

[10] О. О. Васько, О. С. Більєр, С. І. Петренко, «Інформатична освітня галузь у типових освітніх програмах початкової освіти: компаративний аналіз і методичні імплікації», *Педагогічна академія: наукові записки*, № 20, 2025, doi: 10.5281/zenodo.16541661.

[11] Я. Б. Сікора, «Концепція адаптивної системи професійної підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій в умовах цифровізації», *Наукові інновації та передові технології*, № 13(27), с. 824–836, 2023, doi: 10.52058/2786-5274-2023-13(27)-824-836.

[12] К. П. Осадча, В. В. Осадчий, О. М. Спірін, В. С. Круглик, «Концептуальні засади розробки адаптивної системи індивідуалізації та персоналізації професійної підготовки», *Педагогіка формування творчої особистості*, № 3(74), с. 65–70, 2021, doi: 10.32840/1992-5786.2021.74-3.12.

[13] О. А. Єрьоменко, «Теоретичні і методичні засади адаптивної системи професійної підготовки магістрів з управління навчальним закладом», дис. … д-ра пед. наук, Українська інженерно-педагогічна академія, 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: https://sspu.edu.ua/images/2021/docs/dis/aref_eromenko_58f05.pdf (дата звернення: 16.03.2026).

[14] Н. М. Мирончук, «Теоретичні і методичні основи контекстної підготовки майбутніх викладачів вищої школи до самоорганізації», дис. … д-ра пед. наук, Житомир, 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: https://eprints.zu.edu.ua/32095/1/dys-Myronchuk.pdf (дата звернення: 16.03.2026).

[15] О. А. Дубасенюк, «Виявлення закономірностей професійної виховної діяльності педагога», у кн.: *Професійна педагогічна освіта: становлення і розвиток педагогічного знання*. Житомир: ЖДУ ім. І. Франка, 2014, с. 249–261. [Електронний ресурс]. Доступно: https://eprints.zu.edu.ua/14325/1/дубасенюк%202.pdf (дата звернення: 16.03.2026).

[16] М. В. Головченко, «Розвиток змісту психолого-педагогічної підготовки майбутніх педагогів на компетентнісних засадах». Київ: Інститут педагогічної освіти і освіти дорослих імені Івана Зязюна, 2024. [Електронний ресурс]. Доступно: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/742485/1/ПОКАЖЧИК%20ГОЛОВЧЕНКО%20М.В.%20PDF.pdf (дата звернення: 16.03.2026).

[17] S. J. Lee, G. M. Francom, J. Nuatomue, "Computer science education and K-12 students' computational thinking: A systematic review," *International Journal of Educational Research*, vol. 114, Art. 102008, 2022, doi: 10.1016/j.ijer.2022.102008.
[18] J. Sun, H. Ma, Y. Zeng, D. Han, Y. Jin, "Promoting the AI teaching competency of K-12 computer science teachers: A TPACK-based professional development approach," *Education and Information Technologies*, vol. 28, pp. 1509–1533, 2023, doi: 10.1007/s10639-022-11256-5.
[19] M. Zhu, C. Wang, "K-12 computer science teaching strategies, challenges, and teachers' professional development opportunities and needs," *Computers in the Schools*, 2023, doi: 10.1080/07380569.2023.2178868.
[20] J. Mintz, C. Connolly, E. O'Brien, L. Daniela, T. Ó Ceallaigh, "Inclusive digital education: Contexts, practices and perspectives," *Computers in the Schools*, vol. 41, № 2, pp. 115–119, 2024, doi: 10.1080/07380569.2024.2340873.
[21] A. Örtegren, A. D. Olofsson, "Pathways to professional digital competence to teach for digital citizenship: Social science teacher education in flux," *Teachers and Teaching*, pp. 1–19, 2024, doi: 10.1080/13540602.2024.2342860.
[22] S. L. Norhagen, R. J. Krumsvik, F. M. Røkenes, "Developing professional digital competence in Norwegian teacher education: A scoping review," *Frontiers in Education*, vol. 9, Art. 1363529, 2024, doi: 10.3389/feduc.2024.1363529.
[23] A. L. Brown, "Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings," *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 2, № 2, pp. 141–178, 1992, doi: 10.1207/s15327809jls0202_2.
[24] A. Collins, J. Hawkins, "Design experiments for infusing technology into learning," *Educational Technology*, vol. 32, № 12, pp. 5–8, 1992. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.jstor.org/stable/44427626.
[25] B. Palop, I. Díaz, L. J. Rodríguez-Muñiz, "Redefining computational thinking: A holistic framework and its implications for K-12 education," *Education and Information Technologies*, 2025, doi: 10.1007/s10639-024-13297-4.
[26] AI4K12 Initiative, «AI4K12: Five Big Ideas in AI», 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: https://ai4k12.org/ (дата звернення: 16.03.2026).
[27] «K–12 Computer Science Framework», 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://k12cs.org/.
[28] Міністерство освіти і науки України, «Про затвердження концептуальних засад освітніх галузей та дорожньої карти реалізації концептуальних засад освітніх галузей на 2025–2030 роки», 2025. [Електронний ресурс]. Доступно: https://mon.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennia-kontseptualnykh-zasad-osvitnikh-haluzei-ta-dorozhnoi-karty-realizatsii-kontseptualnykh-zasad-osvitnikh-haluzei-na-2025-2030-roky (дата звернення: 16.03.2026).
[29] European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture, *Guidelines for teaching informatics – Practical strategies for European classrooms*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2026, doi: 10.2766/3365988.
[30] Computer Science Teachers Association, «CSTA K–12 Computer Science Standards», 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: https://csteachers.org/k12standards/ (дата звернення: 16.03.2026).
[31] Л. Чернікова, Ю. Швець, «Інформатична освітня галузь», у кн.: *Нова українська школа у базовій середній освіті: впевнені кроки Запорізької області*. Запоріжжя: STATUS, 2023, с. 189–205. [Електронний ресурс]. Доступно: https://drive.google.com/file/d/1wvMSWgURwmwNCzz-niXR-Mw87OgaifXc/view (дата звернення: 16.03.2026).
[32] J. Nouri, L. Zhang, L. Mannila, E. Norén, "Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9," *Education Inquiry*, vol. 11, № 1, pp. 1–17, 2020, doi: 10.1080/20004508.2019.1627844 (дата звернення: 16.03.2026).
[33] D. Sampson, P. Kampylis, J. Moreno-León, "Towards high-quality informatics K-12 education in Europe: Key insights from the literature," *Smart Learning Environments*, vol. 12, 2025, doi: 10.1186/s40561-025-00366-5.
[34] О. А. Ковальова, С. М. Бабійчук, Т. І. Бурлаєнко, *Наукова освіта: ретроспектива, сучасність та перспектива*. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2025, doi: 10.63437/978-617-7734-60-3-2025-126.
[35] Г. М. Алєксєєва, Л. В. Горбатюк, Н. В. Кравченко, «Педагогічні засади розроблення методик дуального навчання майбутніх бакалаврів професійної освіти у галузі цифрових технологій», *Педагогічна академія: наукові записки*, № 16, с. 1–25, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15564725.

[36] M. Wagner, T. Ley, L. Kammerer, C. Helm, “Exploring teacher educators’ challenges in the context of digital transformation and their self-reported TPACK: A mixed methods study,” *European Journal of Teacher Education*, 2024, doi: 10.1080/02619768.2024.2340689.
[37] Y. Sikora et al., “Informatization and digitization of the educational process in higher education: Main directions and challenges,” *Revista Eduweb*, vol. 17, № 2, pp. 244–256, 2023, doi: 10.46502/issn.1856-7576/2023.17.02.21.
[38] S. G. Mingot, V. I. Marín, “Digital educational platforms in primary education: The case of Catalonia,” *Technology, Pedagogy and Education*, vol. 33, № 4, pp. 475–493, 2024, doi: 10.1080/1475939X.2024.2337346.
[39] J. O. Okunlola, S. R. Naicker, C. Uleanya, “Digital leadership in the fourth industrial revolution enacted during the COVID-19 pandemic: A systematic review,” *Cogent Education*, vol. 11, № 1, 2024, doi: 10.1080/2331186X.2024.2317258.
[40] C. Schulte et al., “What we talk about when we talk about K-12 computing education,” у кн.: *Proceedings of the 2024 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE-WGR 2024)*, 2024, pp. 226–257, doi: 10.1145/3689187.3709612.
[41] A. Espinal, C. Vieira, A. J. Magana, “Professional development in computational thinking: A systematic literature review,” *ACM Transactions on Computing Education*, 2024, doi: 10.1145/3648477.
[42] S. X. Yin, D. H.-L. Goh, “Collaborative learning in K-12 computational thinking education: A systematic review,” *Journal of Educational Computing Research*, 2024, doi: 10.1177/07356331241249956.
[43] S. W. Gundersen, G. Lampropoulos, “Using digital games to improve computational thinking and programming skills in K-12 education: A systematic literature review,” *Technologies*, vol. 13, № 3, Art. 113, 2025, doi: 10.3390/technologies13030113.

Матеріал надійшов до редакції 17 04.2026.

CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF THE DEVELOPMENT OF THE INFORMATICS EDUCATIONAL FIELD UNDER THE CONDITIONS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

Nataliia Morze
V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-3477-9254
n.morze@karazin.ua

Liudmyla Chernikova
Vice-Rector Zaporizhzhia Regional Institute of Postgraduate Pedagogical Education, Zaporizhzhia, Ukraine,
ORCID ID 0000-0002-1214-9019
tchernikova.la@gmail.com

Olha Barna
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-2954-9692
barna@tnpu.edu.ua

Oksana Pasichnyk
Sykhivskyi Lyceum of Lviv City Council, Lviv, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-2808-1247
oksanapas@yahoo.com

Tetiana Nanaieva
Expert Advisory Committee on Digital Technologies in Education under the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-2831-3661
tatiana.nanaieva@gmail.com

Abstract. The article addresses the problem of the development of the informatics educational field in the context of the digital transformation of education and the rapid spread of artificial intelligence

technologies. The aim of the study is to provide a theoretical substantiation and to develop an integrated conceptual model for the development of informatics education that ensures the alignment of international educational approaches with the national specificities of the educational system. The methodology is based on a combination of theoretical analysis, a comparative approach, and empirical research within the logic of design-oriented research.

As a result of a comparative analysis of the approaches implemented in Ukraine, the EU, and the USA, the key trends in the development of informatics education were identified, including the shift toward a competence-based paradigm, the integration of computational thinking and AI literacy, and the strengthening of interdisciplinarity and personalized learning. An integrated conceptual model is proposed, covering the following interrelated components: the socio-technological context, educational goals, the competence core, learning content, pedagogical approaches, the digital educational environment, assessment, and educational outcomes, all united by a feedback mechanism.

An empirical study involving 1,210 teachers, 1,195 students, and 1,195 parents confirmed the practical significance of the model: 86.2% of teachers positively assessed the quality of the learning content, 73.9% of parents noted an increase in students' interest, and more than 80% of respondents recommended the use of the developed platform, IT Studio. The model was piloted through IT Studios, integrated digital learning environments that combine content, pedagogical approaches, and assessment tools into a single system. At the same time, organizational, technological, and pedagogical barriers to its implementation were identified.

The scientific novelty of the study lies in the development of an integrated model that combines competence-based, disciplinary, and integrative approaches, as well as in its empirical substantiation. The practical significance lies in the possibility of using the model for designing educational programs and developing digital educational environments.

Keywords: informatics educational field; digital transformation of education; digital competence; computational thinking; teacher professional training; artificial intelligence.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] N. V. Morze, T. V. Nanaieva, and O. V. Pasichnyk, "State and prospects of teaching informatics in secondary education institutions of Ukraine," *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*, vol. 92, no. 6, 2022, doi: 10.33407/itlt.v92i6.5138. (in Ukrainian).

[2] Strategy for Ukraine's integration into the EU Digital Single Market ('Roadmap'), 2018. [Online]. Available: https://docs.google.com/document/d/1XgGb7AWSs7Ktl6Pl5xuYDpLFV0mtOTSN/edit. Accessed: Mar. 16, 2026 (in Ukrainian).

[3] O. Liashenko, O. Spirin, S. Lytvynova, O. Pinchuk, O. Ovcharuk, and A. Sukhikh, "Conceptual fundamentals for the digitalisation of the educational environment in general secondary education institutions", *ITLT*, vol. 102, no. 4, pp. 1–25, Sep. 2024, doi: 10.33407/itlt.v102i4.5829**.** (in Ukrainian).

[4] R. Vuorikari, S. Kluzer, and Y. Punie, *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens with New Examples of Knowledge, Skills and Attitudes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022, doi: 10.2760/115376 (in English).

[5] C. Redecker, *European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu)*, 2017. [Online]. Available: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466 Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[6] UNESCO, *AI and Education: Guidance for Policy-makers*. Paris: UNESCO, 2022. [Online]. Available: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709. Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[7] S. Bocconi et al., *Developing Computational Thinking in Compulsory Education: Implications for Policy and Practice*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. [Online]. Available: https://code.educalab.es/wp-content/uploads/2017/10/jrc104188_computhinkreport.pdf Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[8] European Commission, "Digital Education Action Plan (2021–2027)," 2021. [Online]. Available: https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan. Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[9] E. N. Purnomo, A. Imron, B. B. Wiyono, A. Y. Sobri, Z. A. Dami, "Transformation of digital-based school culture: Implications of change management on virtual learning environment integration," *Cogent Education*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1080/2331186X.2024.2303562 (in English).

[10] O. O. Vasko, O. S. Bilier, and S. I. Petrenko, Informatics educational domain in primary education curricula: comparative analysis and methodological implications, *Pedahohichna akademiia: naukovi zapysky*, no. 20, 2025, doi: 10.5281/zenodo.16541661. (in Ukrainian).

[11] Ya. B. Sikora, Concept of an adaptive system for professional training of future IT specialists in digitalization conditions, *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnolohii*, no. 13(27), pp. 824–836, 2023, doi: 10.52058/2786-5274-2023-13(27)-824-836. (in Ukrainian).

[12] P. Osadcha, V. V. Osadchyi, O. M. Spirin, and V. S. Kruhlyk, "Conceptual principles of developing an adaptive system for individualization and personalization of professional training," *Pedahohika formuvannia tvorchoi osobystosti*, no. 3(74), pp. 65–70, 2021, doi: 10.32840/1992-5786.2021.74-3.12. (in Ukrainian).

[13] O. A. Yeromenko, "Theoretical and methodological foundations of adaptive training of masters in educational management," Dr. Sci. dissertation, Ukr. Eng.-Pedagogical Academy, 2021. [Online]. Available: https://sspu.edu.ua/images/2021/docs/dis/aref_eromenko_58f05.pdf Accessed: Mar. 16, 2026 (in Ukrainian).

[14] N. M. Myronchuk, "Theoretical and methodological foundations of contextual training of future university teachers," Dr. Sci. dissertation, Zhytomyr, 2020. [Online]. Available: https://eprints.zu.edu.ua/32095/1/dys-Myronchuk.pdf Accessed: Mar. 16, 2026 (in Ukrainian).

[15] O. A. Dubaseniuk, "Patterns of professional educational activity of a teacher," in *Profesiina pedahohichna osvita: stanovlennia i rozvytok pedahohichnoho znannia*, Zhytomyr: ZhDU im. I. Franka, 2014, pp. 249–261. [Online]. Available: https://eprints.zu.edu.ua/14325/. Accessed: Mar. 16, 2026 (in Ukrainian).

[16] M. V. Holovchenko, *Development of the content of psychological and pedagogical training of future teachers on a competency-based approach*. Kyiv: Instytut pedahohichnoi osvity i osvity doroslykh imeni Ivana Ziaziuna, 2024. [Online]. Available: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/742485/1/ПОКАЖЧИК%20ГОЛОВЧЕНКО%20М.В.%20PDF.pdf. Accessed: Mar. 16, 2026 (in Ukrainian).

[17] S. J. Lee, G. M. Francom, and J. Nuatomue, "Computer science education and K-12 students' computational thinking: A systematic review," *International Journal of Educational Research*, vol. 114, Art. no. 102008, 2022, doi: 10.1016/j.ijer.2022.102008. (in English).

[18] J. Sun, H. Ma, Y. Zeng, D. Han, and Y. Jin, "Promoting the AI teaching competency of K-12 computer science teachers: A TPACK-based professional development approach," *Education and Information Technologies*, vol. 28, pp. 1509–1533, 2023, doi: 10.1007/s10639-022-11256-5. (in English).

[19] M. Zhu and C. Wang, "K-12 computer science teaching strategies, challenges, and teachers' professional development opportunities and needs," *Computers in the Schools*, 2023, doi: 10.1080/07380569.2023.2178868. (in English).

[20] J. Mintz, C. Connolly, E. O'Brien, L. Daniela, and T. Ó Ceallaigh, "Inclusive digital education: Contexts, practices and perspectives," *Computers in the Schools*, vol. 41, no. 2, pp. 115–119, 2024, doi: 10.1080/07380569.2024.2340873. (in English).

[21] A. Örtegren and A. D. Olofsson, "Pathways to professional digital competence to teach for digital citizenship: Social science teacher education in flux," *Teachers and Teaching*, pp. 1–19, 2024, doi: 10.1080/13540602.2024.2342860. (in English).

[22] S. L. Norhagen, R. J. Krumsvik, and F. M. Røkenes, "Developing professional digital competence in Norwegian teacher education: A scoping review," *Frontiers in Education*, vol. 9, Art. no. 1363529, 2024, doi: 10.3389/feduc.2024.1363529. (in English).

[23] A. L. Brown, "Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings," *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 141–178, 1992, doi: 10.1207/s15327809jls0202_2. (in English).

[24] A. Collins and J. Hawkins, "Design experiments for infusing technology into learning," *Educational Technology*, vol. 32, no. 12, pp. 5–8, 1992. [Online]. Available: https://www.jstor.org/stable/44427626 Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[25] B. Palop, I. Díaz, and L. J. Rodríguez-Muñiz, "Redefining computational thinking: A holistic framework and its implications for K-12 education," *Education and Information Technologies*, 2025, doi: 10.1007/s10639-024-13297-4. (in English).

[26] AI4K12 Initiative, "AI4K12: Five Big Ideas in AI," 2020. [Online]. Available: https://ai4k12.org/ Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[27] "K–12 Computer Science Framework," 2016. [Online]. Available: https://k12cs.org/ Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[28] Ministry of Education and Science of Ukraine, "On approval of conceptual principles of educational fields and roadmap for their implementation for 2025–2030," 2025. [Online]. Available: https://mon.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennia-kontseptualnykh-zasad-osvitnikh-haluzei-ta-dorozhnoi-

karty-realizatsii-kontseptualnykh-zasad-osvitnikh-haluzei-na-2025-2030-roky. Accessed: Mar. 16, 2026 (in Ukrainian).

[29] European Commission, *Guidelines for teaching informatics – Practical strategies for European classrooms*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2026, doi: 10.2766/3365988 (in English).

[30] Computer Science Teachers Association, "CSTA K–12 Computer Science Standards," 2017. [Online]. Available: https://csteachers.org/k12standards/ Accessed: Mar. 16, 2026 (in English).

[31] L. Chernikova and Y. Shvets, "*New Ukrainian school in basic secondary education: confident steps of Zaporizhzhia region*. Zaporizhzhia: STATUS, 2023, pp. 189–205. [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/1wvMSWgURwmwNCzz-niXR-Mw87OgaifXc/view. Accessed: Mar. 16, 2026 (in Ukrainian).

[32] J. Nouri, L. Zhang, L. Mannila, and E. Norén, "Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9," *Education Inquiry*, vol. 11, no. 1, pp. 1–17, 2020, doi: 10.1080/20004508.2019.1627844. (in English).

[33] D. Sampson, P. Kampylis, and J. Moreno-León, "Towards high-quality informatics K-12 education in Europe: Key insights from the literature," *Smart Learning Environments*, vol. 12, 2025, doi: 10.1186/s40561-025-00366-5. (in English).

[34] O. A. Kovalova, S. M. Babiychuk, and T. I. Burlaienko, .*Science education: retrospective, present and prospects.*. Kyiv: Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy, 2025, doi: 10.63437/978-617-7734-60-3-2025-126. (in Ukrainian).

[35] H. M. Alieksieieva, L. V. Horbatiuk, and N. V. Kravchenko, "Pedagogical principles of developing dual education methods for future bachelors in digital technologies," *Pedahohichna akademiia: naukovi zapysky*, no. 16, pp. 1–25, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15564725. (in Ukrainian).

[36] M. Wagner, T. Ley, L. Kammerer, and C. Helm, "Exploring teacher educators' challenges in the context of digital transformation and their self-reported TPACK: A mixed methods study," *European Journal of Teacher Education*, 2024, doi: 10.1080/02619768.2024.2340689 (in English).

[37] Y. Sikora et al., "Informatization and digitization of the educational process in higher education: Main directions and challenges," *Revista Eduweb*, vol. 17, no. 2, pp. 244–256, 2023, doi: 10.46502/issn.1856-7576/2023.17.02.21 (in Ukrainian).

[38] S. G. Mingot and V. I. Marín, "Digital educational platforms in primary education: The case of Catalonia," *Technology, Pedagogy and Education*, vol. 33, no. 4, pp. 475–493, 2024, doi: 10.1080/1475939X.2024.2337346. (in English).

[39] J. O. Okunlola, S. R. Naicker, and C. Uleanya, "Digital leadership in the fourth industrial revolution enacted during the COVID-19 pandemic: A systematic review," *Cogent Education*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1080/2331186X.2024.2317258. (in English).

[40] C. Schulte et al., "What we talk about when we talk about K-12 computing education," in *Proceedings of the 2024 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE-WGR 2024)*, 2024, pp. 226–257, doi: 10.1145/3689187.3709612 .(in English).

[41] A. Espinal, C. Vieira, and A. J. Magana, "Professional development in computational thinking: A systematic literature review," *ACM Transactions on Computing Education*, 2024, doi: 10.1145/3648477. (in English).

[42] S. X. Yin and D. H.-L. Goh, "Collaborative learning in K-12 computational thinking education: A systematic review," *Journal of Educational Computing Research*, 2024, doi: 10.1177/07356331241249956. (in English).

[43] S. W. Gundersen and G. Lampropoulos, "Using digital games to improve computational thinking and programming skills in K-12 education: A systematic literature review," *Technologies*, vol. 13, no. 3, Art. no. 113, 2025, doi: 10.3390/technologies13030113. (in English).

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.