

TRANSFORMATION OF THE METHODOLOGICAL TRAINING OF PRE-SERVICE COMPUTER SCIENCE TEACHERS IN THE PROCESS OF IMPLEMENTATION STEAM EDUCATION IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Nataliia Morze¹, Mariia Umryk^{2,3}, Oksana Strutynska^{2,4}

ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ У ПРОЦЕСІ ВПРОВАДЖЕННЯ STEAM ОСВІТИ В ЕПОХУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Наталія Морзе, Марія Умрик, Оксана Струтинська

Abstract. In the era of artificial intelligence (AI), the methodological training of pre-service computer science teachers for the implementation of STEAM education needs transformation, which is a necessary condition for developing innovative education to ensure the training of competitive teachers ready for modern challenges. After all, pre-service computer science teachers need in-depth training in AI, an understanding of the close connection between STEAM education and AI, and the formation and development of relevant STEAM competencies in the era of AI.

The paper analyses scientific sources and relevant publications on the topic of research and conducted a survey to determine the level of readiness of educators, and pre-service computer science teachers in particular, for the implementation of STEAM education in the AI era. The authors conducted a comparative analysis of the structures of STEAM competences and artificial intelligence competences for teachers, identified the components of STEAM competences in the AI era for pre-service computer science teachers, and built an appropriate model of STEAM competences considering the impact of AI for pre-service computer science teachers.

The paper also contains an analysis of approaches to forming and developing these competencies in training pre-service computer science teachers. The paper indicates the key aspects of their training for using AI in education.

Keywords: artificial intelligence, AI, STEAM education, STEAM competence, pre-service computer science teachers

¹ V.N.Karazin Kharkiv National University. Kharkiv. Ukraine. n.morze@kubg.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3477-9254>

² Dragomanov Ukrainian State University, Kyiv, Ukraine

³ m.a.umryk@npu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0396-0045>

⁴ o.strutynska@udu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3555-070X>

Анотація. В епоху штучного інтелекту (ШІ) методологічна підготовка вчителів інформатики до впровадження STEAM освіти потребує трансформації, яка є необхідною умовою для розвитку інноваційної освіти, що здатна забезпечити підготовку конкурентоспроможних вчителів, готових до сучасних викликів. Адже майбутні вчителі інформатики потребують глибокого навчання в галузі ШІ, розуміння тісного зв'язку STEAM освіти та ШІ, формування і розвитку відповідних STEAM компетентностей в епоху ШІ.

В статті проаналізовані наукові джерела та релевантні публікації за темою дослідження, здійснено опитування для визначення рівня готовності освітян, і майбутніх учителів інформатики зокрема, до впровадження STEAM освіти в епоху ШІ. Авторами здійснено порівняльний аналіз структур STEAM компетентностей, компетентностей у галузі ШІ для вчителів, визначено складові STEAM компетентностей в епоху ШІ майбутніх учителів інформатики та здійснено побудову відповідної моделі STEAM компетентностей з урахуванням впливу ШІ для майбутніх вчителів інформатики.

Також стаття містить аналіз підходів до формування та розвитку зазначених компетентностей у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики та вказує ключові аспекти їх підготовки до використання ШІ в освітньому процесі.

Ключові слова: штучний інтелект, STEAM освіта, STEAM компетентності, майбутній учитель інформатики

1 Вступ

Сучасний світ переживає стрімкі зміни, спричинені швидким розвитком технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ). Це створює нові виклики й можливості для освіти, зокрема в контексті підготовки майбутніх учителів інформатики. Адже, з одного боку, сучасна освіта повинна швидко реагувати та адаптуватись до змін, які відбуваються в суспільстві, економіці, технології та культурі. З іншого боку, майбутній фахівець повинен володіти додатковими компетентностями, які відповідають цим змінам. Науковці відзначають, що ці компетентності зокрема будуть стосуватися не однієї якоїсь галузі, а, скоріш за все, перетину кількох галузей на межі з природничими науками, технологіями, інженерією та математикою — тобто *STEM компетентності*. Концепція *STEM освіти* виникла на запит бізнесу (у першу чергу, великих корпорацій), який потребує професіоналів нового ґатунку. Вона передбачає поєднання різних знань природничих наук, технологій, інженерної творчості та математичного мислення [1].

Розуміючи тісний зв'язок STEM освіти і креативної, творчої складової освітнього процесу, дослідники вводять термін ***STEAM освіта***, додаючи до основних напрямів — наука, технологія, інженерія, математика ще одну складову, мистецтво. Мистецтво є інтегрованою складовою, яка має чіткий вплив на всі чотири компоненти STEM освіти, створюючи тандем науки і мистецтва, технологій і мистецтва, інженерії і мистецтва та математики і мистецтва.

STEAM освіта сприяє формуванню компетентностей, важливих для роботи у високотехнологічному середовищі, де інтеграція знань з різних галузей стає ключовим елементом. У цьому контексті важливою є методологічна підготовка майбутніх учителів інформатики, які мають стати про-

відниками змін і трансформацій у навчальному процесі. Вони повинні не лише володіти сучасними технологіями, зокрема ІІІ, але й уміти інтегрувати їх у освітній процес, формуючи у школярів компетентності, необхідні у ХХІ столітті.

В епоху ІІІ методологічна підготовка вчителів інформатики до впровадження STEAM освіти потребує трансформації, яка є необхідною умовою для розвитку інноваційної освіти, що здатна забезпечити підготовку конкурентоспроможних учителів, готових до викликів сучасного освітнього середовища.

Традиційні підходи до навчання повинні поступитися місцем інноваційним методикам, орієнтованим на проєктну діяльність, співпрацю, міждисциплінарність та використання інтерактивних технологій. Ця стаття спрямована на аналіз ключових аспектів методологічної підготовки майбутніх учителів інформатики до впровадження STEAM освіти під впливом ІІІ.

Питання інтеграції ІІІ в STEAM освіту останнім часом досліджують науковці всього світу. ІІІ розглядається як потужний інструмент трансформації STEAM освіти, який вимагає виваженого та етичного впровадження в освітній процес. До основних напрямків дослідження належать: персоналізація навчання, методики інтеграції ІІІ в освітній процес, етичні аспекти використання ІІІ, підготовка вчителів до роботи з технологіями на основі ІІІ, оцінювання ефективності інструментів на основі ІІІ (ІІІ-інструменти) та методика використання ІІІ в STEAM освіті тощо. Виділяються такі основні проблеми: технологічний розрив між освітніми можливостями та реальним впровадженням ІІІ в STEAM освіті, брак підготовлених кадрів, можливість адаптації навчальної програми, етичні обмеження та ризики використання ІІІ в освітньому процесі. Науковці виділяють такі основні позитивні аспекти використання ІІІ в STEAM освіті: підвищення мотивації учнів та студентів, індивідуалізація навчального процесу, розширення доступу до якісної освіти, розвиток критичного мислення. До перспективних напрямів належать: ІІІ у професійній підготовці, доповнена та віртуальна реальність у STEAM, міждисциплінарні дослідження, створення глобальних освітніх платформ тощо.

Так, метою дослідження [2] є критичне оцінювання впливу ІІІ на вищу освіту в галузі STEAM, зокрема, в аспектах методики, розробки навчальних програм, залученості студентів, практичного оцінювання та інституційних стратегій. Дослідники прийшли до висновку, що ІІІ-інструменти забезпечують індивідуалізований підхід до студентів через аналіз їхніх результатів, що сприяє покращенню розуміння складних концепцій STEAM. ІІІ-інструменти та платформи на базі ІІІ забезпечують оперативний зворотний зв'язок, імітують реальні лабораторні експерименти, підвищуючи залученість студентів та їх навички розв'язування проблеми. ІІІ сприяє ефективній співпраці між студентами через віртуальних асистентів, аналіз дискусій і підтримку групових проєктів.

Також питаннями інтеграції ІІІ в STEAM освіту і зокрема, важливості трансформації методологічної підготовки вчителів у галузі STEAM, присвячені наступні роботи науковців, де автори вказують на нагальну потребу у підготовці вчителів у галузі STEAM, які готові до впровадження ІІІ у навчальний процес [3; 4].

Науковцями [5] вивчається питання яким чином, з одного боку, ІІІ може трансформувати STEAM освіту, покращуючи результати навчання та, з іншого, які ресурси та яке освітнє середовище забезпечують успішну інтеграцію ІІІ в STEAM освіту. Дослідження підтверджує, що інтеграція ІІІ у STEAM освіту має трансформаційний потенціал, зокрема в аспектах персоналізації, адаптивності та підвищення кваліфікації студентів. Однак, реалізація цих можливостей вимагає подолання етичних і практичних викликів, включаючи захист даних, боротьбу з упередженнями та забезпечення рівного доступу до технологій.

Разом з тим, дослідження [4] спрямоване на аналіз практичних викликів, ефективності педагогічних стратегій, що базуються на ІІІ, а також короткострокових і довгострокових наслідків з використанням ІІІ в STEAM дисциплінах. Автор зазначає, що інтеграція ІІІ в STEAM освіту має значний потенціал для покращення навчальних результатів за рахунок персоналізації, автоматизації та аналізу даних. Науковець, як і дослідники вище зазначає, що успішна інтеграція потребує вирішення практичних завдань, таких як забезпечення професійного розвитку вчителів, впровадження етичних стандартів та розробка ефективних стратегій інтеграції. Дослідження підкреслює необхідність подальшого вивчення довгострокових ефектів і етичних аспектів впровадження ІІІ в STEAM освіту, а також аналізу його впливу на конкретні дисципліни.

Наступна робота також присвячена питанню важливості трансформації методологічної підготовки вчителів [6], а саме, описує розробку та впровадження навчальної програми для професійного розвитку і підготовки вчителів середніх шкіл до інтеграції методів ІІІ у STEAM дисципліни. Дослідження спрямоване також на вивчення результатів навчання вчителів та їх ставлень до використання ІІІ у освітній діяльності.

Ще одним важливим питанням інтеграції ІІІ в STEAM освіту є етичні виклики такої інтеграції [7]. В роботі розглядаються наступні етичні аспекти — прозорість алгоритмів, конфіденційність даних і рівність доступу до ІІІ. В роботі описані приклади реалізації персоналізованих навчальних траєкторій, аналітики навчання, симуляції та ігор для підтримки критичного мислення, аналізу даних і спільного навчання.

Важливими також є питання, які стосуються інтеграції ІІІ в STEAM освіту на національному рівні, тобто підходи такої інтеграції конкретними країнами, адже специфіка такої інтеграції завжди буде важливою і унікальною. Ці дослідження будуть корисні також для освітян, розробників освітніх програм, технологій та політик, які прагнуть впроваджувати інноваційні підходи до навчання для підготовки учнів до викликів ХХІ століття. Наступне дослідження [8], включає детальне інтерв'ю зі викладачами STEAM предметів, студентами та адміністраторами освітніх закладів у Малайзії. Аналіз відповідей дозволяє визначити ключові виклики та переваги використання ІІІ в освітньому процесі. Інтеграція ІІІ може стати ключовим кроком до досягнення національних цілей у галузі освіти, зокрема підвищення економічної конкурентоспроможності в цій країні. Для досягнення зазначених цілей потрібно здійснити важливі інвестиції в освітню інфраструктуру, розробити нові навчальні програми та розробити і запровадити чіткі етичні рамки використання технологій. Інтеграція ІІІ може

допомогти забезпечити рівність доступу до освіти, підвищити успішність учнів та зміцнити успішність в галузі STEAM дисциплін в закладах освіти.

Отже, основний висновок, до якого приходять науковці, полягає в тому, що ІІІ має потенціал трансформувати освіту в галузі STEAM, сприяючи персоналізації навчального процесу, покращенню взаємодії учнів, ефективності викладання та оцінювання. Однак для повного використання можливостей ІІІ необхідно врахувати етичні, технічні та інституційні виклики, зокрема прозорість алгоритмів, захист конфіденційності даних та забезпечення рівності доступу до технологій. Ця трансформація потребує не лише інноваційних підходів, а й комплексних досліджень, співпраці між освітніми установами, розробниками технологій та політик, а також розвитку професійних компетентностей вчителів для ефективного впровадження ІІІ в освітні практики. Це все вказує на актуальність питання трансформації методологічної підготовки майбутніх учителів до використання ІІІ в STEAM освіті.

Метою даного дослідження є розкриття теоретичних та практичних аспектів трансформації методологічної підготовки майбутніх учителів інформатики у процесі розвитку STEAM компетентностей з урахуванням викликів в епоху стрімкого розвитку штучного інтелекту.

Завдання дослідження:

- 1) Проаналізувати наукові джерела та релевантні публікації за темою дослідження.
- 2) Здійснити опитування для визначення рівня готовності освітян, і майбутніх учителів інформатики зокрема, до впровадження STEAM освіти в епоху ІІІ.
- 3) Здійснити порівняльний аналіз рамок STEAM компетентностей, компетентностей у галузі ІІІ для вчителів.
- 4) Визначити складові STEAM компетентностей в епоху ІІІ майбутніх учителів інформатики; здійснити побудову оновленої моделі STEAM компетентностей для майбутніх вчителів інформатики.
- 5) Здійснити аналіз підходів до формування та розвитку зазначених компетентностей у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики та визначити ключові аспекти їх підготовки до використання ІІІ в освітньому процесі.

Для дослідження засад формування STEAM компетентностей майбутніх учителів інформатики поставлено в епоху ІІІ такі дослідницькі запитання:

- Як технології штучного інтелекту можуть трансформувати методологію підготовки *майбутніх учителів інформатики* до впровадження STEAM освіти?
- Як технології штучного інтелекту змінюють STEAM компетентності вчителів інформатики від пасивного користувача технологій та інструментів ІІІ до співрозробника освітнього контенту з використанням технологій ІІІ?
- Які перспективи розвитку STEAM освіти в контексті стрімкого розвитку технологій ІІІ?

Методи дослідження: аналіз наукових джерел та релевантних публікацій за темою дослідження; опитування освітян, зокрема майбутніх учителів інформатики (всього опитано 355 освітян, серед яких 175 — ті, які працюють у галузі інформатики, з них 31% — майбутні вчителі інформатики, 60% — практикуючі вчителі інформатики та 9% — викладачі інформатичних дисциплін відповідно); порівняльний аналіз рамок STEAM компетентностей, компетентностей у галузі ІІІ та цифрових компетентностей для вчителів.

Методологія дослідження. Для досягнення мети дослідження були використані наступні методологічні підходи:

- Кількісний аналіз — визначення рівня готовності освітян, і майбутніх учителів інформатики зокрема, до впровадження STEAM освіти в епоху ІІІ. Методологія заснована на аналізі відповідей респондентів, отриманих в результаті онлайн опитувань, їх досвіду використання принципів STEAM освіти та технологій ІІІ в освітньому процесі.
- Визначення складових STEAM компетентностей в епоху ІІІ майбутніх учителів інформатики; побудова оновленої моделі STEAM компетентностей.
- Аналіз підходів до формування та розвитку зазначених компетентностей у процесі підготовки майбутніх учителів інформатики та визначення ключових аспектів їх підготовки до використання ІІІ.

2 Результати дослідження

Для вирішення завдань дослідження авторами проведено онлайн опитування освітян щодо визначення рівня їх готовності до впровадження STEAM освіти та використання ІІІ в освітньому процесі, в якому взяло участь 356 освітян (з серпня 2023 року по грудень 2024 року), посилання на опитування: <https://forms.gle/GcCXw9aoEBy7o7Ey9>. Отримані результати були опрацьовані в узагальненому вигляді.

Опитування склалось з наступних блоків: загальна дані про респондентів (роль в освітній діяльності, галузь діяльності, стаж, вік, гендер); загальні запитання про STEM/STEAM/STREAM освіту; запитання про використання принципів STEM/STEAM/STREAM освіти у професійній діяльності; питання про розвиток STEM/STEAM/STREAM компетентності в учнів; запитання щодо використання технологій ІІІ освітянами та зокрема, про впровадження STEAM освіти з використанням ІІІ.

Нижче наведено проаналізовані результати опитування, що є релевантними для даного дослідження та стосуються майбутніх учителів інформатики, вчителів-практиків і викладачів інформатичних дисциплін.

На запитання «**Оцініть, наскільки важливою є кожна із запропонованих складових для формування STEM/STEAM/STREAM компетентності у вчителів**» найбільше відсотків відповідей отримали наступні складові: знання у галузі STEM/STEAM/STREAM дисциплін; уміння й навички у галузі STEM/STEAM/STREAM дисциплін; інформатична (цифрова) компетентність. Причому таку відповідь дали більша половина вчителів інформатики (53%, 55%, 55% відповідно на кожен складову), і лише приблизно третина майбутніх учителів інформатики (29% на

кожну складову) (рис. 1). Найбільшу увагу вчителі інформатики приділяють знанням, навичкам і цифровій компетентності, які є базовими елементами для успішного впровадження STEM/STEAM/STREAM освіти. Дослідницька компетентність і природна досвідченість до точних наук оцінюються як менш важливі, але все ще важливі для вчителів. Гнучкі навички (soft skills) і методична компетентність отримали помірно високі оцінки, що відрізняються від їхньої ролі в сучасних педагогічних підходах.

Оцініть, наскільки важливою є кожна із запропонованих складових для формування STEM/STEAM/STREAM компетентності у вчителів:

- знання у галузі STEM/STEAM/STREAM дисциплін
- уміння й навички у галузі STEM/STEAM/STREAM дисциплін
- інформатична (цифрова) компетентність
- дослідницька компетентність
- здібності і схильності до природничо-математичних наук
- окремі складові «гнучких навичок» (soft skills)
- методична компетентність

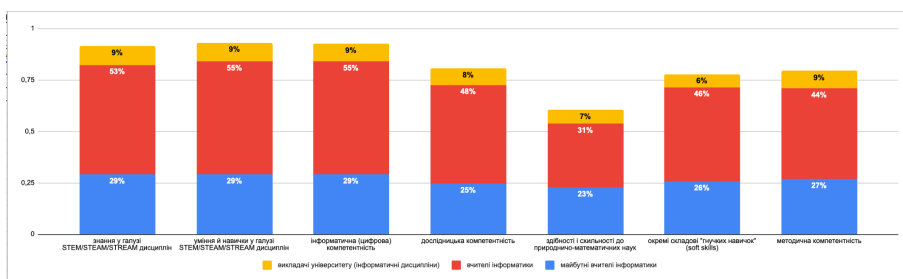


Рис. 1. Відповідь освітян на запитання про важливість запропонованих складових для формування STEM/STEAM/STREAM компетентності у вчителів

93% усіх категорій респондентів (майбутні вчителі інформатики, вчителі інформатики, викладачі університету), (рис. 2) розглядають креативність як одну з основних складових у підготовці вчителів STEM/STEAM/STREAM-освіти. 100% респондентів визнають критичне мислення ключовим компонентом. понад 80% респондентів вважають алгоритмічне мислення суттєвою складовою, особливо для інтеграції інформатики та точних наук у STEAM освіту. Понад 88% респондентів зазначають, що обґрунтованість рішень є важливою складовою, яка підтримує педагогічну ефективність і забезпечує відповідальність у прийнятті рішень у навчальному процесі та що, відкритість до інновацій та змін є однією з найвищих якостей, що підтверджує потребу у викладачів, які готові адаптуватися до нових технологій та підходів у навчанні.

72% респондентів зазначили, що використовують в професійній діяльності принципи STEM/STEAM/STREAM освіти; 24% не використовують; і 4% — лише частково використовують. Також більшість освітян (72%) використовують окремі елементи STEM/STEAM/STREAM технологій на заняттях свого предмету (рис. 3).

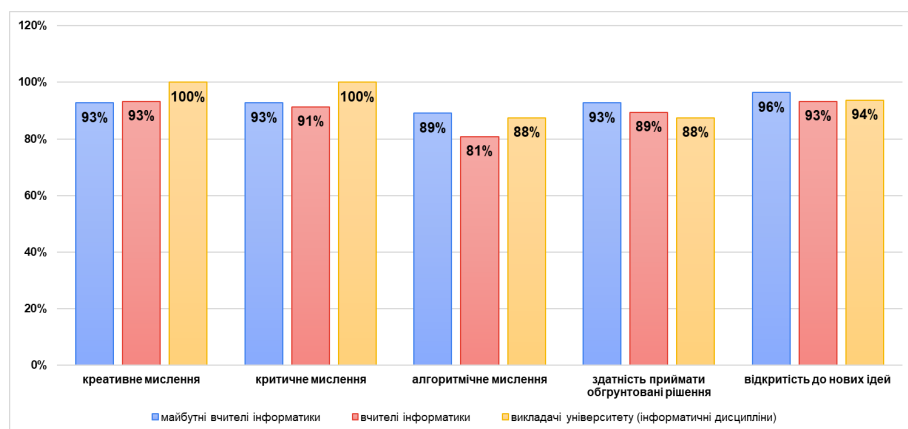


Рис. 2. Відповіді освітян щодо оцінки важливості кожного із наступних компонентів для формування STEM/STEAM/STREAM компетентності у вчителів

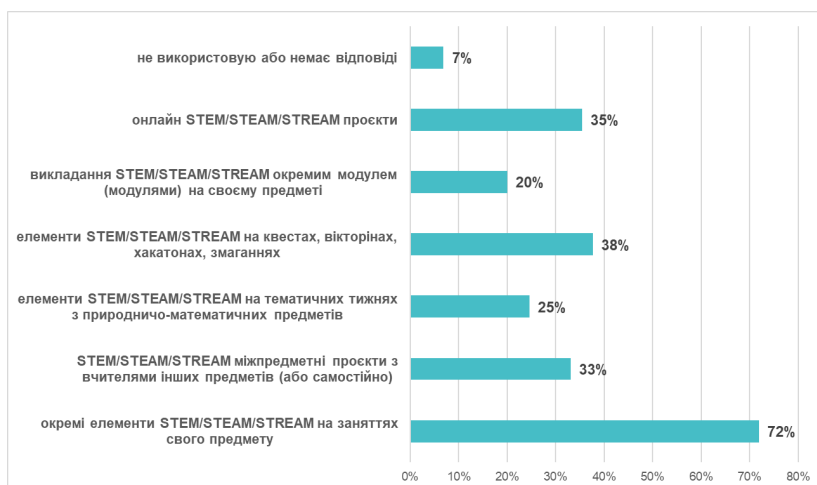


Рис. 3. Відповідь освітян на запитання щодо впровадження в освітній процес STEM/STEAM/STREAM технологій

59% опитаних зазначають, що впровадження принципів STEM/STEAM/STREAM освіти у навчальний процес сприяє підвищенню рівня критичного мислення та творчості учнів, оскільки вони зможуть більш глибоко розуміти та аналізувати процеси в навколишньому світі. 58% вважають, що впровадження принципів STEM/STEAM/STREAM освіти у навчальний процес дозволяє учням розвивати не лише знання, але й навички та компетентності, які їм потрібні у реальному житті. 57% опитаних вважають, що впровадження принципів STEM/STEAM/STREAM освіти у навчальний процес може допомогти учням зрозуміти, як природничі науки, технології, інженерія та математика пов'язані зі світом навколо нас і як вони можуть застосувати свої знання в реальному житті. І лише 20% загалом вважають, що поки не варто впроваджувати принципи STEAM освіти у навчальний процес.

Тобто можна зробити висновки про загальну обізнаність освітян в галузі STEAM освіти і достатньо високий відсоток використання STEAM технологій на практиці в їх професійній діяльності.

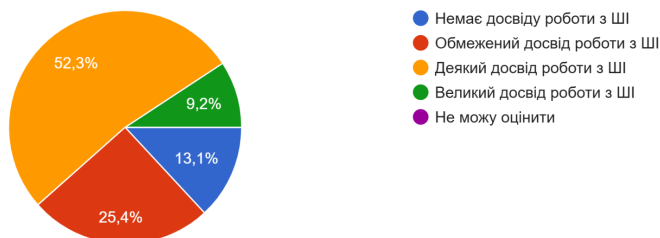


Рис. 4. Відповідь освітян на запитання щодо власного досвіду роботи з технологіями ШІ

Інший блок питань онлайн опитування стосувався використання технологій ШІ освітянами.

52% респондентів зазначили, що мають деякий досвід роботи з технологіями штучного інтелекту. 13% зазначили, що не мають такого досвіду взагалі, на противагу 9%, які мають великий досвід роботи з ШІ (рис. 4).

Більшість респондентів (42%) вказує, що оцінюють свій рівень взаємодії з ШІ як інтерактивний користувач (взаємодіє з контентом, створює новий освітній контент, адаптує інструменти ШІ під свої потреби тощо), 30% є пасивним користувачем технологій ШІ і лише 11% не можуть оцінити свій рівень взаємодії. Зазначимо, що результати відповідей освітян на дане питання є важливим в контексті описаної нижче авторами моделі ступінчастого розвитку креативності користувачів ШІ в галузі освіти, а саме поглиблених компетентностей майбутніх учителів інформатики у галузі STEAM під впливом ШІ, відповідно до переходу від пасивного користувача ШІ до співрозробника освітнього контенту з використанням інструментів ШІ.

Отже, опитування освітян, зокрема майбутніх учителів інформатики свідчить про високий рівень усвідомлення важливості інтеграції STEAM освіти в процес навчання в умовах сучасної освітньої реальності, яка активно змінюється завдяки розвитку технологій ШІ. Згідно з отриманими даними, більшість респондентів мають теоретичний і практичний досвід впровадження STEAM освіти, а також мають досвід роботи з технологіями штучного інтелекту і визначають свій рівень взаємодії з ШІ, як інтерактивний користувач. Також загальною думкою є розуміння, що включення елементів STEAM освіти в навчальний процес є не тільки актуальним, але й необхідним для формування у майбутніх фахівців креативного, критичного, алгоритмічного мислення та здатності приймати обґрунтовані рішення і вирішувати складні завдання в умовах невизначеності.

Також робимо загальний висновок, що штучний інтелект має великий потенціал для трансформації освіти в галузі STEAM, сприяючи персоналізації навчання, покращенню взаємодії між учнями, підвищенню ефективності викладання та оцінювання. Однак для того, щоб максимально реалізувати можливості ШІ, необхідно здійснити трансформацію методологічної підготовки майбутніх учителів, зокрема майбутніх вчителів інформатики. Адже майбутні вчителі інформатики, як ніхто інший, потребують глибокого навчання в галузі ШІ, розуміння тісного зв'язку STEAM освіти

та ІІІ, формування і розвитку відповідних компетентностей STEAM в епоху ІІІ. Також обов'язково потрібно враховувати загрози використання ІІІ в освітній галузі, а особливо етичні аспекти, захист персональних даних, плагіат тощо.

3 Модель STEAM компетентностей майбутніх учителів інформатики в епоху ІІІ

3.1 Аналіз структур STEAM компетентностей та компетентностей у галузі використання ІІІ майбутнього вчителя інформатики

Розглядаючи зміни методологічної підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ІІІ, однією з вагомих відмінностей є перетворення традиційного взаємозв'язку «вчитель-учень» на динаміку «вчитель-ІІІ-учень». Ця відмінність вимагає перегляду ролей вчителів і компетентностей, які їм потрібно сформувати і розвинути в епоху ІІІ. Однак цей процес ще є на стадії розвитку і, небагато країн визначили ці компетентності або розробили національні програми для підготовки вчителів у галузі ІІІ, залишаючи багатьох педагогів без належного керівництва. Важливими в цьому напрямку є напрацювання ЮНЕСКО, яка працює для досягнення сталого розвитку через підтримку і просування глобальних освітніх, культурних і наукових ініціатив [9].

ЮНЕСКО визнає, що ІІІ стає важливою складовою частиною сучасної освіти, і для ефективного використання її технологій у навчальному процесі вчителі повинні мати відповідні знання та навички. У зв'язку з цим організація розробила структуру компетентностей для вчителів з питань ІІІ. Структура містить 15 компетентностей у п'яти вимірах: взаємодія людини та ІІІ (набір ставлень), етика ІІІ, базові та прикладні аспекти ІІІ (знання у галузі ІІІ та навички у галузі ІІІ), методика для ІІІ, професійний розвиток. Ці компетентності поділяються на три рівні прогресу: початковий рівень, збагачення та поповнення, інноваційне використання та створення [9].

Як глобальний довідник, структура компетентностей у галузі ІІІ для вчителів ЮНЕСКО спрямовує розробку національних компетентностей у галузі ІІІ, та допомагає в розробці параметрів оцінювання. Вона також надає стратегії професійного розвитку для вчителів у галузі ІІІ, вказує на важливість застосування етичних принципів. В цьому контексті авторами була розглянута проблематика підготовки майбутнього вчителя інформатики у галузі STEAM освіти під впливом ІІІ, а саме, розвиток компетентностей майбутніх учителів інформатики у галузі STEAM освіти під впливом ІІІ.

Важливо розуміти, що розвиток компетентностей є складним багатоплановим процесом, який значною мірою залежить від контексту, змісту і який не є за своєю природою ні ієрархічним, ні лінійним процесом, що орієнтовними є також ступінчасті рівні розвитку компетентностей, які нижче будуть розглянуті для галузі STEAM під впливом ІІІ.

В процесі підготовки майбутнього вчителя інформатики формування і розвиток компетентностей в галузі STEAM під впливом ІІІ є цілком

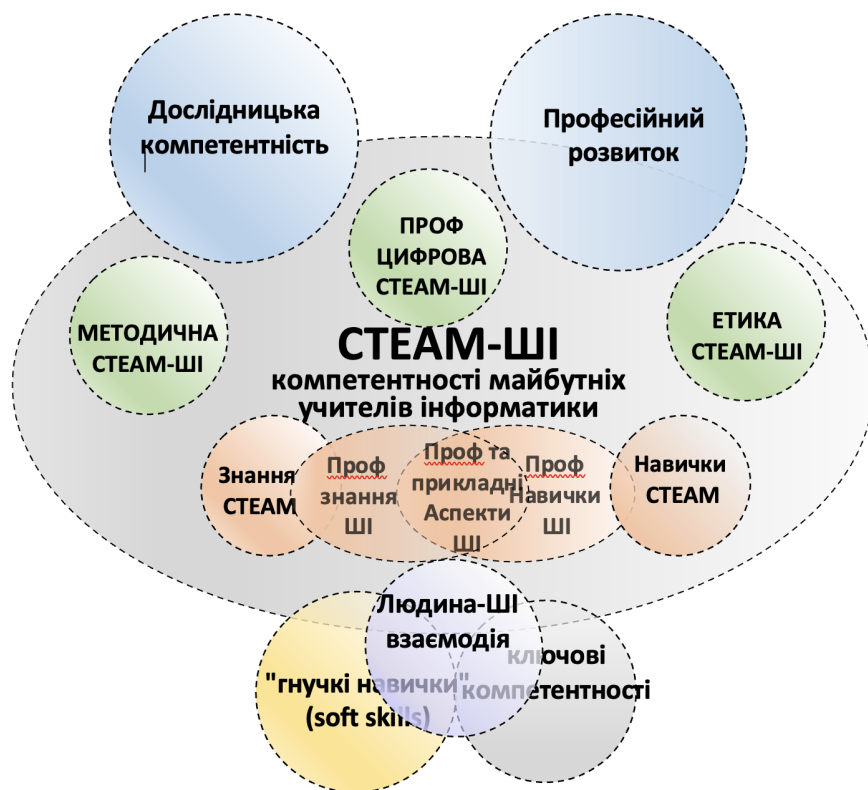


Рис. 5. Узагальнена модель STEAM компетентностей під впливом ІІІ майбутніх учителів інформатики
(Ресурс: власна розробка)

взаємопов'язаним процесом, компоненти якого будуть частково або повністю накладатися та перетинатися. Окремі компоненти будуть повністю або частково властиві тільки одному напрямку STEAM або ІІІ. Таким чином, ми намагаємось окреслити і акцентувати увагу на бажаному результаті, якого досягає майбутній вчитель інформатики на кожному рівні розвитку для кожної компетентності. Модель (на рис. 5) ні в якому випадку не є покроковим алгоритмом з жорсткими рамками ступінчастого розвитку, але лише орієнтир для бажаного результату.

Дана модель є власною розробкою авторів, яка враховує узагальнену модель STEAM компетентностей для вчителів [10] та структури компетентностей у галузі ІІІ для вчителів [9] і може слугувати орієнтиром ступінчастого прогресу для майбутнього вчителя інформатики.

Нижче представлена узагальнена модель компетентностей для майбутніх учителів інформатики у галузі STEAM під впливом ІІІ (рис. 5).

В таблиці 1 наведено опис складових компетентностей у галузі STEAM під впливом ІІІ (для майбутніх учителів інформатики).

Таблиця 1. Опис складових компетентностей у галузі STEAM з використанням ІІІ для майбутніх учителів інформатики

Компетентність STEAM		Початковий рівень		Ступінчастий розвиток	
III	III	Збагачення, поповнення		Інноваційне використання, створення	
Гручки навички	Майбутній учитель	загальні компетентності у галузі STEAM з використанням III		III	
	Взаємодія людини та III (набір ставлень)	- права людини та потреби завжди в центрі уваги; - комунікаційні навички; - відповідальність; - відкритість до нових ідей; - розвінчання певних педагогічних фейків, зокрема стосовно III; - уміння управляти окремими ресурсами; - розуміння, чому деякі новітні технології повинні бути обмежені або виключені з освітнього процесу.		- критичні методології для оцінювання переваг і ризиків обраних інструментів; - критичне мислення; - уміння працювати в команді; - мотивація членів команди; - прийняття виважених, аргументованих рішень; - уміння управляти ресурсами в цілому; - соціальна компетентність; - підприємливість.	
Окремі ключові компетентності					
Етика STEAM	Етика III	- основні етичні цінності, принципи, правила, інституційні закони та практичні аспекти, в яких вчителі мають бути обізнані; - здатність застосувати етичні норми на практиці, і навчати цього учнів; - розуміння наслідків етичної байдужості для освіти, яка швидко розвивається.		- навички безпечного та відповідального використання цифрових технологій; - навички роботи з персональним трекером безпеки; - розуміння можливих загроз для учнів, зокрема для учнів з особливими потребами; - навички здійснювати заходи пом'якшення наслідків таких загроз; - знання і вміння для ролі учителя-наставника в етичних питаннях для учнів.	
Знання STEAM	Знання у галузі III + навички у галузі III = базові та прикладні аспекти III	- знання з математики, технологій, інженерних наук, проектування, моделювання, природничих наук (фізики, астрономії, хімії, біології, географії), іноземної (англійської) мови, основ дизайну;		- навички, необхідні для оцінювання відповідності та обмежень інструментів III на основі потреб у конкретних галузях і контекстах; - навички роботи з перевіреними інструментами III для реальних завдань; - інженерне проектування (визначення потреби, проектування, прототипування та виготовлення моделей);	
Навички STEAM					

		- концептуальні знання та операційні навички, які вчителі повинні розуміти та застосовувати, щоб підтримати вибір, застосування та творче налаштування інструментів ІІІ для створення орієнтованого на учня середовища викладання та навчання за допомогою ІІІ; - базові знання про те, як працює ІІІ; - математичні навички; технологічні навички.	- технічне обслуговування обладнання; подання явищ реального світу за допомогою різноманітних наукових, математичних, технологічних та інженерних моделей; - проектування та використання різних ресурсів (даних, матеріалів, засобів); - здійснення моніторингу, зокрема з використання інструментів ІІІ.	- використання математичних і наукових принципів, вимірювань для прогнозування результатів, рішення технологічних та технічних проблем; - проектування та використання різних ресурсів (даних, матеріалів, засобів) для безпечного та ефективного вирішення проблеми, що вимагають інтеграції концепцій, методів і навичок з різних дисциплін.
Методика для STEAM	Методика для ІІІ	- розуміння принципів STEAM освіти з урахуванням впливу ІІІ як інтегрованого підходу в різних дисциплінах з використанням ІІІ.	- розробка навчальних програм у галузі STEAM з урахуванням впливу ІІІ (або дисциплін галузі STEAM); - розробка, впровадження та аналіз STEAM уроків з урахуванням впливу ІІІ; - мотивація учнів до навчання STEAM з урахуванням впливу ІІІ; - розуміння навчальних потреб учнів, створення навчальних середовищ і умов для навчання STEAM з урахуванням впливу ІІІ, - оцінювання результатів навчання STEAM з урахуванням впливу ІІІ; - знання переваг і недоліків процесу оцінювання учнів з використанням ІІІ; - знання ризиків використання ІІІ для оцінювання та прогнозування соціального, етичного та психометричного розвитку учнів.	- розробка навчальних програм у галузі STEAM з урахуванням впливу ІІІ, в т.ч. методів, що підтримують мислення вищого порядку і творче вирішення проблем; - навички щодо постійного дослідження для удосконалення існуючих педагогічних методик з метою повноцінного використання потенціалу ІІІ для STEAM освіти; - уміння проектувати в STEAM освіті успішні сценарії трикутної взаємодії вчителя-учня, вчителя-ІІІ, учня-ІІІ та вчителя-ІІІ-учня; - розширення можливостей для інклюзивної педагогіки з використанням підходу STEAM з урахуванням впливу ІІІ; - навички гібридного підходу взаємодії вчителя та ІІІ для розробки навчальних курсів STEAM.
	Професійний розвиток	- уміння вчитися; - обізнаність щодо прав та обов'язків професійного розвитку вчителя в епоху ІІІ; - навички рефлексії та самооцінки готовності майбутнього вчителя до викладання в епоху ІІІ;	- навички самонавчання, індивідуального підвищення кваліфікації вчителя та коучинг колег-освітян в цьому питанні; - знання про нові технології навчання у галузі STEAM з урахуванням впливу ІІІ, розуміння їх впливу на освітній процес в локальному контексті;	- навички створення та використання гібридного тренера на основі людини та ІІІ; - навички створення персональних або використання наявних наборів генеративних інструментів ІІІ для налаштування гібридного тренера для професійного розвитку вчителя;

		- навички створення дорожньої карти професійного розвитку.	- навички використання аналітики даних для саморегульованого професійного розвитку; - навички розробки аналітики власних професійних знань і навичок для точного визначення проталін для регулювання власної діяльності щодо професійного розвитку; - навички використання наявних або персонально адаптованих генеративних інструменти ШІ для створення тренера ШІ, який моделює конкретні сценарії професійного розвитку вчителя.	- навички вирішувати проблему з урахуванням вимог та потреб громади; - здатність вирішувати проблему нестандартно, зокрема з використанням інструментів ШІ; - навички розвитку інженерного і дизайнерського мислення; - навички здійснення системного аналізу проблеми, зокрема з використанням інструментів ШІ; - навички здійснення системного оцінювання, зокрема з використанням інструментів ШІ.	- навички роботи як учасник або керівник спільних дослідницьких груп, що працюють над інноваційними педагогічними методологіями та/або спільноти для спільного створення надійних, доступних та інклюзивних інструментів ШІ для STEAM освіти.
Дослідницька компетен- тність		- уміння визначати проблему; - уміння формувувати дослідницьке завдання та визначати шляхи його вирішення; - уміння здійснювати планування діяльності; - уміння досліджувати, порівнювати.	- здатність застосовувати знання в різних ситуаціях; - розуміння інших точок зору при вирішенні проблем; - здатність вирішувати проблему з урахуванням локальних вимог та потреб; - здатність здійснювати перевірку та експериментальне підтвердження результатів дослідження.		- здатність вирішувати проблему з урахуванням вимог та потреб громади; - здатність вирішувати проблему нестандартно, зокрема з використанням інструментів ШІ; - навички розвитку інженерного і дизайнерського мислення; - навички здійснення системного аналізу проблеми, зокрема з використанням інструментів ШІ; - навички здійснення системного оцінювання, зокрема з використанням інструментів ШІ.
Цифрова компетен- тність (користува- чка) як складова ком- петен- тностей у галузі STEAM	Цифрова компетен- тність у галузі ШІ (користува- чка) - (взято з DigComp 2.2 European Comission)	Базові цифрові навички: - використання базових цифрових пристроїв; - налаштування і застосування цифрових пристроїв для власних потреб; - використання базового програмного забезпечення цифрових пристроїв для власних потреб. - Інформаційна грамотність та уміння працювати з даними; - навички перегляду, пошуку і фільтрації даних та цифрового контенту;	Продвинуті цифрові навички: - використання цифрових технологій у предметних галузях STEAM; - налаштування і застосування цифрових пристроїв для потреб учнів; - використання програмного забезпечення цифрових пристроїв для потреб учнів; - алгоритмічне мислення. - Інформаційна грамотність та уміння працювати з даними; - оцінювання та інтерпретація даних та цифрового контенту; - управління даними та цифровим контентом;	Комунікація та взаємодія: - реалізація громадянської позиції за допомогою цифрових технологій; - брати участь у житті суспільства шляхом використання державних і приватних цифрових послуг; - шукати можливості самовдосконалення та реалізації активної громадянської позиції за допомогою відповідних цифрових технологій; - застосовувати цифрові технології та інструменти для глобального розвитку цифрових ресурсів та знань; - адаптувати стратегії комунікації під глобальну аудиторію та враховувати різноманітність культур і поколінь у цифрових середовищах.	

		- задоволення власних потреб за допомогою цифрових технологій (наприклад, для продажу та споживання товарів та послуг, організації відпочинку, здорового способу життя тощо). - <i>Комунікація та взаємодія</i>: - навички обміну даними та цифровим контентом; - застосовувати цифрові технології та інструменти для співпраці, спільного створення та розвитку локальних цифрових ресурсів та знань; - знати правила поведінки та поведінки щодо користування цифровими технологіями та взаємодії у цифрових середовищах; - адаптувати стратегії комунікації під конкретну локальну аудиторію; - навички управління цифровою ідентичністю (створювати одну чи декілька цифрових ідентичностей та управляти ними, уміти захистити власну репутацію, працювати з даними, створеними за допомогою кількох цифрових засобів, середовищ і служб). - <i>Створення цифрового контенту</i>: - навички створення та редагування цифровий контент у різних форматах, на різних платформах; - змінювати, уточнювати, вдосконалювати та інтегрувати дані та контент у існуючий масив знань для створення нових знань та контенту; - розуміти, як авторське право і ліцензії поширюються на дані, інформацію та цифровий контент; - формувати правильне ставлення до піратського програмного забезпечення та контенту;	- <i>Створення цифрового контенту</i>: - навички самовираження використовуючи цифрові засоби; - змінювати, уточнювати, вдосконалювати та інтегрувати дані та контент у існуючий масив знань для створення нових, оригінальних і доречних знань та контенту. - <i>Розв'язування проблем та подальше навчання</i>: - навички творчого використання цифрових технологій для створення знань і внесення новаторських змін у процеси та продукцію; - брати участь у колективному пізнанні і розв'язуванні концептуальних локальних проблем і проблемних ситуацій у цифрових середовищах.	- <i>Створення цифрового контенту</i>: - навички самовираження використовуючи цифрові засоби; - змінювати, уточнювати, вдосконалювати та інтегрувати дані та контент у існуючий масив знань для створення нових, оригінальних і доречних знань та контенту. - <i>Розв'язування проблем та подальше навчання</i>: - навички творчого використання цифрових технологій для створення знань і внесення новаторських змін у процеси та продукцію; - брати участь у колективному пізнанні і розв'язуванні концептуальних локальних проблем і проблемних ситуацій у цифрових середовищах.
--	--	--	--	--

			- навички користування програмування (планувати і розробляти послідовність зрозумілих інструкцій для обчислювальних систем для вирішення певної проблеми чи для виконання конкретного завдання). - <i>Безпека</i>: - володіти необхідними знаннями про питання безпеки та конфіденційності персональних даних учнів; - володіння навичками захисту пристроїв та цифрового контенту. - <i>Розв'язування проблем та подальше навчання</i>: - брати індивідуальну і колективну участь у пізнаальному опрацюванні з метою розуміння і розв'язування концептуальних логічних проблем і проблемних ситуацій у цифрових середовищах.	
Майбутній учитель інформатики (поглиблені STEAM компетентності під впливом ІІІ на основі сформованих загальних)	Професійна цифрова компетентність у галузі STEAM	Професійна цифрова компетентність у галузі ІІІ (взято з DigComp 2.2 European Comission)	Базові професійні цифрові навички: - використання базових професійних цифрових пристроїв (окуляри віртуальної реальності, принтер для 3D друку тощо); - налаштування і застосування професійних цифрових пристроїв для власних потреб; - використання базового професійного програмного забезпечення цифрових пристроїв для власних потреб. - <i>Інформаційна грамотність та уміння працювати з даними</i>: - навички перегляду, пошуку і фільтрації даних професійного спрямування. -	Професійна комунікація та взаємодія: - навички обміну даними та цифровим контентом, використовуючи професійні канали зв'язку; - застосовувати цифрові технології та інструменти для співпраці, спільного створення та розвитку локальних цифрових ресурсів та знань на рівні кодування та адміністрування; - навички управління професійною цифровою ідентичністю. - <i>Створення цифрового контенту</i>: - навички створення та редагування цифровий контент на рівні кодування та адміністрування у різних форматах, на різних платформах; - змінювати, уточнювати, вдосконалювати та інтегрувати дані та контент на рівні кодування та адміністрування у існуючий масив знань для створення нових знань та контенту;
			Комунікація та взаємодія: - брати участь у житті суспільства беручи участь у створенні та удосконаленні державних і приватних цифрових послуг; - шукати можливості самовдосконалення та реалізації професійних компетентностей за допомогою відповідних цифрових технологій на рівні держави; - застосовувати цифрові технології та інструменти для глобального розвитку цифрових ресурсів та знань; - адаптувати стратегії комунікації під глобальну аудиторію та враховувати різноманітність культур і поколінь у цифрових середовищах. - <i>Створення цифрового контенту</i>: - навички глобального розповсюдження результатів колективного вирішення проблем використовуючи цифрові засоби на рівні кодування і адміністрування;	

		- надавати авторське право і ліцензії на дані, та створений цифровий контент; - визначати, вилучати піратське програмне забезпечення та контент, інтегрувати ліцензійне програмне забезпечення та контент для учнів; - навички професійного програмування для різних мов та парадигм програмування; - знання та навички технологій програмування. - <i>Безпека:</i> - бути обізнаними в цифровій політиці безпеки та безпеки на рівні освітнього закладу; - впроваджувати політику конфіденційності і захисту персональних даних учнів. - <i>Розв'язування проблем та подальше навчання:</i> - навички розв'язування технічних проблем (виявляти технічні проблеми при експлуатації пристроїв і користуватися цифровими середовищами та розв'язувати їх (від пошуку несправностей до розв'язування складніших проблем)).	- змінювати, уточнювати, вдосконалювати та інтегрувати дані та контент у існуючий масив знань для створення нових, оригінальних і доречних знань та контенту на рівні держави. - <i>Безпека:</i> - бути обізнаними в цифровій політиці безпеки на рівні держави; - бути обізнаними в регламентах, прийнятих в межах законодавства закордонних країн та Європейського Союзу зокрема, що спрямовані на забезпечення захисту персональних даних громадян, навички роботи з такими регламентами, адаптація їх до локальних вимог. - <i>Розв'язування проблем та подальше навчання:</i> - виявлення прогалин у цифровій компетентності учнів та колег; - розуміти, в яких аспектах цифрову компетентність особи необхідно підвищити або оновити; - уміти підтримувати інших у розвитку їхньої цифрової компетентності; - шукати можливості для саморозвитку та подальшого навчання, не відстаючи від процесу еволюції цифрових технологій.	- навички професійного налаштування на рівні коду інструментів ШІ для створення орієнтованого на учня персоналізованого середовища навчання; - використання інструментів ШІ для прогнозування результатів певних освітніх процесів та їх оцінювання; - творче використання різних ресурсів, в тому числі ШІ для безпечного та ефективного вирішення проблем, що вимагають інтеграції концепцій, методів і навичок з різних дисциплін; - професійні знання і навички в галузі нейронних мереж на рівні глибокого коду; - створення власних персонально адаптованих для учнів інструментів ШІ.
	- <i>Комунікація та взаємодія:</i> - навички обміну професійними даними та професійним цифровим контентом; - <i>Безпека:</i> - здійснювати базові заходи безпеки та захисту персональних пристроїв та персонального професійного цифрового контенту.	концептуальні знання та навички, якими майбутній вчитель інформатики повинен володіти для професійного налаштування персонального, орієнтованого на учня середовища навчання з використанням інструментів ШІ; - професійні знання про те, як працює ШІ.	Професійні знання ШІ + професійні навички ШІ = професійні та прикладні аспекти ШІ	

(Ресурс: власна розробка)

3.2 Зміна підходів до розвитку STEAM компетентності майбутніх учителів інформатики під впливом ІІІ

Ступінчастий розвиток поглиблених компетентностей у галузі STEAM під впливом ІІІ для майбутнього вчителя інформатики можна деталізувати відповідно до моделі переходу від пасивного користувача ІІІ до співрозробника освітнього контенту з використанням інструментів ІІІ за М. Ромеро, С. Дугай та ін. [11]. Модель відображає ступінчастий розвиток креативності користувачів ІІІ в галузі освіти. Вона містить шість рівнів: пасивний споживач (учень споживає, використовує генеративний ІІІ контент без розуміння як технологія працює), інтерактивний споживач (учень взаємодіє з генеративним ІІІ і ІІІ адаптується під потреби учня), поодиноке створення контенту (учень створює освітній контент, використовуючи технології ІІІ), командне створення контенту (група учнів створює освітній контент, використовуючи технології ІІІ), спільне створення знань (команда створює освітній контент, використовуючи, як засоби ІІІ, так і результати співпраці з іншими освітянами, зацікавленими в вирішенні комплексної проблеми), трансформаційна освітня траєкторія (інструменти ІІІ можна використовувати для виявлення протиріч у складних проблемах і допомоги у створенні нових концепцій або рішень, а також для регулювання суперечливих позицій та сприяння колективній ініціативі чи дії. Інструменти ІІІ можна використовувати для моделювання процесу вирішення проблем, а також для створення чи симуляції нових дій та процесів, сприяючи розгорнутому процесу візуалізації). Також для кожного рівня наведені педагогічні приклади використання ІІІ засобів, а також окремо описана взаємодія людини та ІІІ на кожному рівні.



Рис. 6. Модель розвитку професійних STEAM компетентностей під впливом ІІІ для майбутніх учителів інформатики (від пасивного користувача технологій ІІІ до співрозробника освітнього контенту з використанням ІІІ)
 (Ресурс: власна розробка)

На рис. 6 наведено модель розвитку професійних STEAM компетентностей під впливом ІІІ майбутніх учителів інформатики від пасивного користувача технологій ІІІ до співрозробника освітнього контенту з використанням ІІІ, яка сформована на основі структури компетентностей в галузі ІІІ для вчителів за ЮНЕСКО, яка описана вище, та з урахуванням моделі авторів у [11].

В таблиці 2 наведено опис професійних для майбутніх учителів інформатики STEAM компетентностей під впливом ІІІ.

Таблиця 2. Опис складових професійних STEAM компетентностей під впливом ІІІ для майбутніх учителів інформатики (від пасивного споживача ІІІ до співтворця освітнього контенту з використанням ІІІ)

STEAM компетентність під впливом ІІІ для майбутнього вчителя інформатики	Ступінчастий розвиток відповідно до структури ЮНЕСКО				
	Стартувати, засновувати	Збагачувати, поповнювати		Інноваційно використовувати, творити	
	Перехід від пасивного користувача ІІІ до співрозробника освітнього контенту з використанням ІІІ				
	Пасивний користувач	Інтерактивний користувач	Поодинокі створення контенту	Командне створення контенту	Спільне створення знань
Професійна цифрова компетентність професійні знання ІІІ + професійні навички ІІІ = професійні та прикладні аспекти ІІІ	навички використання вже створеного з використанням цифрових та ІІІ інструментів освітнього (STEAM) контенту, з поверхневим або тільки теоретичним розумінням як ці інструменти для створення працюють	навички використання освітнього (STEAM) контенту, що був створений з використанням адаптованих під персональні потреби цифрових та ІІІ інструментів	навички створення освітнього (STEAM) контенту, з використанням цифрових та ІІІ інструментів з базовим розумінням, як ці інструменти для створення працюють	навички створення освітнього (STEAM) контенту при роботі в команді, з використанням цифрових та ІІІ інструментів з розумінням, як ці інструменти працюють	організація та участь в трансформаційних процесів, пов'язаних зі STEAM освітою з використанням ІІІ на загальнодержавному рівнях

(Ресурс: власна розробка)

4 Перспективи розвитку STEAM освіти в контексті стрімкого розвитку технологій штучного інтелекту

Під впливом ІІІ змінюється багато аспектів суспільного життя людини, а також шляхи здійснення освітнього процесу. Зокрема необхідно враховувати цифрову трансформацію освіти та змінювати методологічні підходи до підготовки освітян в епоху ІІІ в цілому. До ключових аспектів підготовки майбутніх учителів інформатики до впровадження STEAM освіти під впливом ІІІ належать [12]:

- 1) *Визначення керуючої ролі людини у процесі освітньої взаємодії з ІІІ*: розробкою та використанням інструментів ІІІ керує людина. Тому необхідні чіткі та уніфіковані механізми регулювання питань створення та використання інструментів ІІІ в освітній STEAM діяльності. Такі підходи потрібно закладати не тільки у процесі створення систем ІІІ, а й у підготовці майбутніх освітян (зокрема вчителів інформатики як **носіїв цифрової культури**) для того, щоб вони могли формувати відповідні уміння й ставлення в сучасного покоління.
- 2) *Розуміння загроз, притаманних з боку систем ІІІ, які будуть зустрічатись і в STEAM освіті*: поточні алгоритмічні шляхи та моделі штучного інтелекту створюють гострі виклики правам людини та конфіденційності. Для подолання цих викликів необхідна відповідна методологічна підготовка майбутніх учителів для формування грамотності у галузі ІІІ (*AI literacy*).
- 3) *Забезпечення превалювання людських і соціальних цінностей над технологіями ІІІ*: керовані прибутком алгоритми також послаблюють соціальні цінності та згуртованість, сприяючи ізоляції людей від реального світу та інших. Вчитель інформатики, як **носіїв цифрової культури**, повинен володіти підходами до формування в учнів відповідної культури використання сучасних цифрових технологій, зокрема й ІІІ.
- 4) *Керування технологіями ІІІ для розвитку потенціалу людини*: використання ІІІ в освіті, без належного педагогічного керівництва може послабити інтелектуальний розвиток учнів. Мета використання ІІІ в STEAM освіті повинна виходити за межі простого надання доступу до інформації та стандартизованих відповідей, до збагачення запитів, інтелектуального розвитку та розширення можливостей. В цьому і полягає одна з ключових ролей (майбутнього) вчителя інформатики й потреба у формуванні й розвитку в нього відповідних компетентностей.

5 Обговорення

- 1) Порівняння отриманих результатів із попередніми дослідженнями

Отримані результати цього дослідження показують високу відповідність з існуючими глобальними тенденціями в STEAM освіті, де активно інтегруються новітні технології, зокрема ІІІ, для підвищення якості навчання. Результати співпадають із дослідженнями, які вказують на зростаючу

роль як STEAM освіти так і технологій ІІІ. Адже ІІІ має потенціал трансформувати освіту в галузі STEAM, сприяючи індивідуалізації навчального процесу, покращенню взаємодії учнів, ефективності викладання та оцінювання, сприяють розвитку критичного мислення, творчих здібностей. Однак, як і в попередніх роботах, були відзначені труднощі у забезпеченні належної підготовки вчителів до використання цих технологій, що вимагає подальшого вдосконалення програм підготовки педагогів.

2) Обмеження дослідження

Вплив ІІІ на освіту незаперечний і різко зростає в останні роки. Але зараз цей вплив є більше неконтрольованим і хаотичним, його напрям і потенціал важко спрогнозувати і скерувати. Вкрай важливо обговорювати і досліджувати переваги і недоліки цього процесу, створювати відповідні освітні політики на рівні держав та закладів освіти. Дане дослідження зосереджене на аналізі лише певних аспектів STEAM освіти і окремих питаннях методологічної підготовки майбутніх учителів інформатики (визначення складових STEAM компетентностей під впливом ІІІ майбутніх учителів інформатики; побудова відповідної моделі STEAM компетентностей під впливом ІІІ; визначення складових професійних STEAM компетентностей з використанням ІІІ, визначення ключових аспектів підготовки майбутніх учителів інформатики до впровадження STEAM освіти під впливом ІІІ). Для більш глибоких висновків необхідно провести дослідження для більш ширшої фокус-групи, наприклад для вчителів загалом і окреслити більш широке коло питань дослідження.

Також для повного використання можливостей ІІІ необхідно врахувати етичні, технічні та інституційні виклики, зокрема прозорість алгоритмів, захист конфіденційності даних та забезпечення рівності доступу до технологій. Тому загалом, для реалізації подальших комплексних досліджень, необхідна співпраця між освітніми установами, розробниками та освітянами, а також створення відповідних освітніх політик для розвитку професійних STEAM компетентностей для вчителів загалом.

Поточне дослідження охоплює лише короткостроковий період і не дозволяє оцінити довгострокові зміни, які можуть виникнути у процесі використання ІІІ в освіті.

Таким чином, подальші дослідження можуть зосереджуватися, наприклад, на вивченні ефективності конкретних методик та технологій ІІІ в контексті різних дисциплін STEAM, а також на довгострокових ефектах таких підходів.

3) Практичне значення

Для успішної підготовки майбутніх учителів інформатики до впровадження ІІІ в STEAM освіту, педагогічні університети мають оновити навчальні програми, включаючи дисципліни з використання ІІІ. Необхідно також оновлювати загальні підходи до підготовки майбутніх вчителів в контексті впровадження STEAM освіти в епоху ІІІ.

6 Висновки

Результати дослідження свідчать, що технології ІІІ мають значний вплив на трансформацію методології підготовки майбутніх учителів інформатики. ІІІ не лише змінює освітні інструменти та підходи, а й вимагає від педагогів нових компетентностей, що дозволяють інтегрувати технології в навчальний процес.

Однією з вагомих нових освітніх відмінностей є перетворення традиційного взаємозв'язку «вчитель-учень» на динаміку «вчитель-ІІІ-учень». Ця відмінність вимагає перегляду ролей вчителів і компетентностей, які їм потрібно сформувати і розвинути в епоху ІІІ. Тому інтеграція ІІІ у STEAM підхід є важливим кроком і може сприяти створенню нових навчальних моделей, зміні STEAM компетентностей майбутніх учителів інформатики в епоху розвитку ІІІ. Технології ІІІ змінюють традиційні STEAM компетентності вчителів інформатики, додаючи до них нові аспекти, такі як здатність до використання алгоритмів ІІІ в STEAM освіті, розробка адаптивних навчальних програм, а також інтеграція нових інструментів для підтримки творчості та критичного мислення учнів.

Узагальнено рекомендації для підготовки майбутніх учителів інформатики в епоху ІІІ: оновлення навчальних програм, розробка програм підвищення кваліфікації щодо технологій використання ІІІ в освіті; створення навчальних матеріалів та ресурсів, що інтегрують STEAM компетентності та технології ІІІ; заохочення до міждисциплінарного навчання та взаємодії між освітніми закладами та технологічними компаніями для створення реалістичних умов для впровадження інноваційних освітніх технологій; врахування етичних аспектів використання технологій ІІІ в освіті.

Подальші дослідження авторів можуть зосередитися на створенні навчальних матеріалів та ресурсів, що інтегрують STEAM компетентності та технології ІІІ, враховуючи етичні і правові аспекти використання ІІІ.

Подяка. Дослідження, результати якого подані в статті, проведено в рамках проекту «Кращі практики ЄС у галузі STREAM освіти для майбутніх учителів» (STREAM) за програмою Erasmus+ Jean Monnet Module (номер проекту 101098885-ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH-UA-IBA). Проект STREAM співфінансується за підтримки Європейської Комісії. У статті відображено погляди авторів. Європейська Комісія не несе відповідальності за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.

References

- [1] Morze, N., Strutynska, O., Umryk, M. 2018. Implementation of robotics as a modern trend in STEM-education. *International Journal of Research in E-learning*, Vol. 4 (2), 2018, pp. 11–32. ISSN 2543–6155. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2018.4.2.02>
- [2] Nagaraaj, Bharath Kumar, Kalaivani A., Suraj Begum R., Akila S., Hemant Kumar Sachdev, and Senthil Kumar N. 2023. The Emerging Role of Artificial Intelligence in STEM Higher Education: A Critical Review. *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation*, Vol. 5, issue 5: 1–19. <https://doi.org/10.54392/irjmt2351>

- [3] Asunda, Paul, Miad Faezipour, Joshua Tolemy, and Milo Timothy Do Engel. 2023. Embracing Computational Thinking as an Impetus for Artificial Intelligence in Integrated STEM Disciplines through Engineering and Technology Education. *Journal of Technology Education*, Vol. 34, issue 2: 43–63. <https://doi.org/10.21061/jte.v34i2.a.3>
- [4] Triplett, William J. Artificial Intelligence in STEM Education. *Cybersecurity and Innovation Technology Journal*, Vol. 34, issue 1 (2023): 23–29. <https://doi.org/10.52889/citj.v1i1.296>
- [5] Olatunbosun, Bartholomew Joseph, and Nwankwo Charles Uzundu. 2024. Integrating AI and Machine Learning in STEM Education: Challenges and Opportunities. *Computer Science & IT Research Journal*. Vol. 5, no. 8. <https://doi.org/10.51594/csitj.v5i8.1379>
- [6] Lee, Irene, and Beatriz Perret. Preparing High School Teachers to Integrate AI Methods into STEM Classrooms. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. Vol. 36, no. 11 (2022): IAAI-22, EAAI-22, AAAI-22 Special Programs and Special Track, Student Papers and Demonstrations. <https://doi.org/10.1609/aaai.v36i11.21557>
- [7] Nuangchalerm, Prasart, and Veena Prachagool. 2023. AI-Driven Learning Analytics in STEM Education. *International Journal on Research in STEM Education*, Vol. 5, no. 2: 77–84. <https://doi.org/10.33830/ijrse.v5i2.1596>
- [8] Amdan, Mohammad Aniq Bin, Naldo Janius, and Mohd Aidil Hazidi Bin Kasdiah. 2024. Concept Paper: Efficiency of Artificial Intelligence (AI) Tools for STEM Education in Malaysia. *International Journal of Science and Research Archive*. Vol. 12, no. 2. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.2.1273>
- [9] UNESCO. AI Competency Framework for Teachers. *UNESCO*, 2024. <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-teachers>
- [10] Morze, N., and O. Strutynska. 2021. STEAM Competence for Teachers: Features of Model Development. In *E-learning in the Time of COVID-19*, 187–198. *E-learning Series*, Vol. 13. Katowice-Cieszyn: STUDIO NOA for University of Silesia. <https://doi.org/10.34916/el.2021.13>. Retrieved from: <http://studio-noa.pl/doi/e-learning/13/el-2021-13-16.pdf>
- [11] Septiani, D. P., P. Kostakos, and M. Romero. 2023. Analysis of Creative Engagement in AI Tools in Education Based on the #PPai6 Framework. *Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning, Workshops — 13th International Conference*, edited by Z. Kubincová, F. Caruso, T. Kim, M. Ivanova, L. Lancia, and M. A. Pellegrino, 48–58. Vol. 769. Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42134-1_5
- [12] UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. *UNESCO*, 2023. <https://surl.li/ocumvo>