

УДК 378.091.12:004.8

Воротникова Ірина Павлівна

кандидат педагогічних наук, доцент

завідувач кафедри природничо-математичної освіти і технологій Інституту післядипломної освіти
Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна

i.vorotnykova@kubg.edu.ua

ORCID: 0000-0003-1211-8885

Захар Ольга Германівна

кандидат педагогічних наук, в.о. директора

Миколаївський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, Миколаїв, Україна

olgazakhar@moippo.mk.ua

ORCID: 0000-0001-5405-095X

ПРОФЕСІЙНИЙ РОЗВИТОК ВЧИТЕЛІВ ІНФОРМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ САМООЦІНЮВАННЯ ІІІ КОМПЕТЕНТНОСТІ

Анотація. Зміст статті акцентує на важливості підготовки вчителів інформатики до використання штучного інтелекту (ШІ) в професійній діяльності та розвитку їх ІІІ компетентності з метою підготовки учнів до сучасних викликів та можливостей за допомогою цифрових технологій. Стрімкий розвиток ШІ вимагає від вчителя інформатики неперервного професійного розвитку, а програми підвищення кваліфікації повинні сприяти у формуванні відповідних компетентностей щодо відбору та аналізу освітніх ресурсів на основі ІІІ, створення навчального контенту із його використанням, а також надання підтримки школярам у середовищах, де навчання частково або повністю керується ШІ. Аналіз досліджень дозволив визначити підходи до використання ШІ в освітньому процесі та можливості використання рамки ІІІ компетентності для вчителів і учнів для визначення напрямів професійного розвитку вчителів, зокрема запровадження ШІ хабів та залучення до викладання на курсах підвищення кваліфікації вчителів з високим рівнем ІІІ компетентності. Анкетування 180 вчителів щодо самооцінювання рівня ІІІ компетентності та потреб у програмах професійного розвитку дозволило зіставити результати теоретичних розвідок і запитів вчителів інформатики в порівнянні з іншими педагогами визначити стратегії та напрями професійного розвитку вчителів для ефективного впровадження інноваційних інструментів ШІ серед яких: аналіз навчальних даних, етика використання ШІ, створення навчальних матеріалів та ін. Використання ШІ в інформатичній галузі має потенціал для покращення результатів навчальних досягнень учнів. Аналіз результатів опитування педагогів підтверджує готовність вчителів інформатики до професійного розвитку, опанування програм підвищення кваліфікації з використання ШІ. Професійний розвиток вчителів інформатики щодо використання ШІ на основі інтеграції технічних, педагогічних, етичних і регуляторних напрямів. Дослідження розглядає важливість та напрями підготовки вчителів для використання ШІ в післядипломній освіті та висвітлює ідеї та підходи до розвитку ІІІ компетентності вчителів інформатики, сприяючи підвищенню якості освіти та підготовці молодого покоління до викликів майбутнього.

Ключові слова: штучний інтелект; ІІІ компетентність; професійний розвиток; підвищення кваліфікації вчителів інформатики; післядипломна освіта; інструменти штучного інтелекту

Вступ. Штучний інтелект (ШІ) активно трансформує освітній простір, зокрема зміст інформатичної освіти. Традиційний акцент на алгоритмах, структурованому програмуванні та офлайн-середовищах поступово зміщується до вивчення та застосування ШІ, аналізу даних, адаптивних систем навчання, генеративного контенту та етичних аспектів цифрових технологій. Інформатика як шкільний предмет в умовах розвитку ШІ перетворюється на комплексну навчальну дисципліну, яка охоплює інтелектуальний аналіз, етичні аспекти використання ШІ, цифрову творчість і візуальне мислення, що вимагає постійного оновлення програм та підвищення кваліфікації вчителів, здатних навчати й супроводжувати учнів у середовищах, що керуються ШІ.

Учителі інформатики мають глибоко розуміти технології (ШІ), вміти інтегрувати їх у власні методики викладання, оцінювати їхні переваги й обмеження в освітньому процесі, а також навчати учнів ефективного використання таких технологій. Професійне зростання вчителів у сфері ШІ сприяє трансформації освітніх підходів не лише в теперішньому, а й у майбутньому і є актуальним завданням післядипломної педагогічної освіти. “Міністерство освіти і науки України разом із Міністерством цифрової трансформації України завершили роботу з розроблення інструктивно-методичних рекомендацій щодо запровадження та використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти”, в яких зазначили окремий розділ присвячений професійному розвитку вчителів з питань використання ШІ [1]. Згідно з аналітичним звітом Міністерства освіти США, лише системне підвищення кваліфікації педагогів забезпечить ефективну й етичну інтеграцію ШІ в освітню практику [2].

Інтеграція ШІ, генеративних технологій та аналізу даних у шкільні та університетські програми передбачає не лише оволодіння новими інструментами, а й зміну освітньої парадигми, що простежується в дослідженнях [3–11] і визначає потребу інтеграції модулів, пов’язаних із машинним навчанням, аналізом великих даних і генеративними інструментами в навчальні програми з інформатики. Дослідження також засвідчують, що поєднання концептів машинного навчання, адаптивних систем і цифрової етики формує в учнівства нові типи грамотності – від критичного осмислення даних до здатності конструювати інтелектуальні системи та оцінювати їх вплив на суспільство [3, 5, 7], відзначають важливість візуалізації, 3D-моделювання та симуляцій як інструментів для кращого розуміння абстрактних понять [4, 6]. Розвиток цифрової педагогіки в умовах автоматизації освіти потребує і впровадження міжпредметних зв’язків, проблемного навчання та проєктної діяльності, які ґрунтуються на практичній взаємодії з інтелектуальними технологіями [8, 10, 11]. Навчання на уроках інформатики має стати основою для формування критично мислячого, відповідального, творчого користувача й творця нових цифрових ресурсів і інструментів. Технології ШІ, включаючи Big Data та мультимедійні системи, істотно впливають на ефективність та доступність інформатичної освіти, вимагаючи зміщення акценту на нові цифрові компетентності, а нові моделі генерації знань (AIGC – AI-generated content) створюють умови для повної трансформації інформатичного контенту, де візуалізація, 3D-моделювання та симуляції стають ключовими освітніми компонентами, що вимагає перебудови навчальних програм і освітньо-професійних програм підвищення кваліфікації з урахуванням використання таких систем.

Впровадження ШІ в навчальні плани передбачає не лише технічні знання, а й розуміння логіки роботи інтелектуальних систем, їх меж, надійності та потенційного ризику, що потребує критичного мислення в учнів в умовах інформаційного перенасичення та автоматизованих рішень. Зміна змісту інформатики повинна бути системною, і включати не лише нові теми, а й інші форми подачі – проєктну діяльність, міжпредметну інтеграцію та роботу з реальними даними. Згідно з результатами досліджень [4; 5; 7; 10] освітні програми, які інтегрують ШІ, мають ефективно поєднувати теоретичні та практичні аспекти – від інтерфейсів до аналізу даних, формуючи в учнів навички не лише користування, але й творення систем ШІ: акцент має бути на практичному застосуванні ChatGPT та генеративного ШІ [4], викладач отримує нові ролі у контексті ШІ та навчальних платформ [5], нові моделі генерації знань та проєктного навчання (AI-Lab Framework) можуть бути використані у навчанні програмуванню з метою переорієнтувати початкову комп’ютерну освіту від синтаксичного програмування до змістовного створення ШІ-рішень, критичного мислення та інтерпретації результатів моделей [7], а адаптивні системи і ШІ – для розвитку цифрової грамотності і створення контенту [10]. Ефективне впровадження ШІ

у навчальні програми можливе лише за умови системного розвитку етичної грамотності учасників освітнього процесу, що включає модулі з цифрової етики, авторства, оцінки достовірності даних, а також критичне осмислення ролі ІІІ в суспільстві [8; 9]. Етична складова повинна розглядатися як невід’ємна частина цифрової компетентності педагога і учня, з особливою увагою до проблем упередженості в алгоритмах, приватності даних та дотримання цифрових прав, що вимагає нових підходів до етичної підготовки вчителів [3; 8; 9] та сприяє формуванню в учнів критичного мислення та усвідомлення меж технології [4; 7].

Європейська рамка цифрової компетентності громадян (DigComp 2.2) постійно оновлюється і вже враховує ІІІ компетентність і формулює конкретні компетенції, які мають бути сформовані у громадян в цифрову епоху, зокрема, це здатність критично оцінювати ІІІ-ресурси, адаптувати цифрові матеріали до потреб учнів, а також створювати власні навчальні продукти з використанням ІІІ [12, С.77-82]. Європейські етичні орієнтири підкреслюють, що впровадження ІІІ в освіту має супроводжуватися розвитком педагогічної компетентності у сфері етичного використання даних і алгоритмів, а також здатності сприяти розвитку ІІІ-грамотності в учнів [13]. В основі професійного розвитку вчителів інформатики має бути не тільки технічна, але й соціальна, правова та педагогічна частина.

Визначення ЮНЕСКО рамки ІІІ компетентності [14] і учнів [15] має стати орієнтиром як для створення нових освітніх програм, так і для оцінювання і самооцінювання вчителями власного рівня ІІІ компетентності та побудови індивідуального маршруту професійного розвитку з питань використання ІІІ в професійній діяльності. Ефективне впровадження ІІІ в навчання можливе лише за умов «гібридної взаємодії» між учнем, педагогом і системою ІІІ і передбачає нову роль учителя як посередника в інтелектуальних навчальних середовищах, а педагог може підтримувати саморегульоване навчання учнів, використовуючи можливості ІІІ [16]. Інтеграція ІІІ в навчання також змінює вимоги до методики викладання інформатики. Учитель має володіти знаннями не лише про структури даних, алгоритми та програмування, а й про основи машинного навчання, обробку великих даних, роботу нейромереж та генеративні моделі. Як показують дослідження, така інтеграція можлива лише за наявності відповідної педагогічної підтримки й підвищення кваліфікації [17; 18]. Програми професійного розвитку на основі ТРАСК продемонстрували значне покращення знань педагогів у галузі ІІІ та педагогічної майстерності [19; 20], але не враховували різний рівень ІІІ компетентності вчителів і їх потреби. Дослідники також наголошують на необхідності врахування конфіденційності даних, алгоритмічної справедливості та педагогічних переконань учителів як ключових факторів для успішного впровадження ІІІ в навчання [21]. Застосування генеративних інструментів, як-от ChatGPT і Copilot, показало значний вплив на практику викладання інформатики, зокрема під час створення навчальних завдань і оцінювання [22], однак ефективність використання залежить від педагогічної орієнтації та ставлення вчителів та культурних і регіональних особливостей [23], зокрема умов воєнного стану в Україні. Для забезпечення сталого впровадження потрібно враховувати міжкультурні дослідження та розробляти адаптовані програми, які враховують локальні умови та культурні особливості [24; 25]. Поза увагою дослідників залишається професійний розвиток вчителів інформатики щодо використання ІІІ на основі інтеграції технічних, педагогічних, етичних і регуляторних напрямів, що забезпечують підготовку педагога до навчання учнів у сучасному інтелектуальному середовищі та враховують рівень ІІІ компетентності вчителя.

Метою статті є визначення стратегій і напрямів професійного розвитку вчителів інформатики в післядипломній освіті з метою етичного та ефективного впровадження та використання ІІІ в професійній діяльності та розвитку ІІІ компетентності.

Завдання статті:

- Аналіз рамок ІІІ компетентностей для вчителів інформатики і учнів.
- Аналіз опитування вчителів щодо використання ІІІ, самооцінювання рівня ІІІ компетентності та потреб у програмах професійного розвитку.
- Визначення стратегій та напрямів професійного розвитку вчителів для ефективного впровадження інноваційних інструментів ІІІ в інформатичну освіту.

Для розкриття теми використано теоретичні методи: аналіз наукових досліджень та статей з питань використання ІІІ в освіті та досвід професійного розвитку вчителів інформатичної галузі в післядипломній освіті, аналіз змісту навчальних програм, матеріалів та ресурсів, які використовуються для професійного розвитку вчителів, для визначення рівня ІІІ компетентності.

Емпіричні методи дозволили визначити думки вчителів інформатики щодо можливостей використання ІІІ на уроках інформатики та проаналізувати результати самооцінювання рівня ІІІ компетентності вчителів з врахуванням рівнів ІІІ компетентності за стандартами ЮНЕСКО. В межах дослідження проведено анкетування 180 вчителів для з'ясування їхніх потреб, запитів та переконань у професійному розвитку в області ІІІ, узагальнення підходів до створення освітньо-професійних програм для підвищення кваліфікації. Для пошуку релевантних статей за темою дослідження використано LLM (Scopus.ai).

Результати. Вчитель інформатики, на відміну від вчителів інших предметів, враховуючи рамки ЮНЕСКО 2024 року має виступати: освітнім лідером з використання ІІІ, фасилітатором розвитку ІІІ-грамотності, наставником у сфері відповідального використання ІІІ учнями. Для вчителя інформатики ІІІ рамки [14], відповідають професійному стандарту вчителя і дозволяють визначити траєкторію неперервного професійного розвитку (Табл.1). Компетентнісні рамки для педагогів і учнів [14; 15] є взаємодоповнюючими, однак відображають різні рівні відповідальності та глибини впровадження ІІІ. Для педагогів акцент зроблено на методології викладання, етичних практиках та створенні ІІІ-рішень в освітньому контексті (Табл.1), тоді як учнівська рамка зосереджена на формуванні базового розуміння, критичного застосування й поступовому розвитку цифрової творчості (Табл.2).

Табл. 1

Структура рамки компетентностей у сфері штучного інтелекту для вчителів: аспекти та рівні прогресу [14, С.22]

Аспекти	Засвоїти	Поглибити	Створювати
1. Людиноцентричне мислення	Людська агентність	Людська відповідальність	Соціальна відповідальність
2. Етика ІІІ	Етичні принципи	Безпечне та відповідальне використання	Співавторство етичних правил
3. Основи та застосування ІІІ	Базові техніки та застосування ІІІ	Прикладні навички	Створення із ІІІ
4. Педагогіка ІІІ	Викладання з підтримкою ІІІ	Інтеграція ІІІ в педагогіку	Педагогічна трансформація за допомогою ІІІ
5. ІІІ для професійного розвитку	ІІІ для забезпечення безперервного навчання	ІІІ для посилення організаційного навчання	ІІІ для підтримки професійної трансформації

Табл. 2.

Рамка компетентностей з ІІІ для учнів: аспекти та рівні прогресу [15, С.19]

Аспекти компетентності	Розуміти	Застосовувати	Створювати
1. Людиноцентричне мислення	Людська агентність	Людська відповідальність	Громадянство в епоху ІІІ
2. Етика ІІІ	Втілена етика	Безпечне та відповідальне використання	Етика за дизайном
3. Техніки та застосування ІІІ	Основи ІІІ	Прикладні навички	Створення інструментів ІІІ
4. Проектування систем ІІІ	Формулювання проблем	Архітектурне проектування	Ітерації та цикли зворотного зв'язку

Обидві моделі рамок передбачають етичний розвиток як наскрізну компетентність, але педагогічна рамка більше уваги приділяє управлінню впливом ІІІ та вбудовуванню ІІІ в освітній процес, а учнівська – оцінюванню та етичному використанню ІІІ у навчанні та повсякденному житті. На основі аналізу обох рамок, вчителю інформатики необхідно мати інтегровану ІІІ-компетентність, що містить (Табл.3):

- Технологічну обізнаність (AI Literacy): розуміння алгоритмів, ML, NLP, генеративного ІІІ та здатність аналізувати роботу ІІІ у реальних системах.
- Педагогічну інтеграцію (Teaching with AI): застосування ІІІ для персоналізації навчання, оцінювання, аналітики та використання інструментів ChatGPT, Copilot, Teachable Machine, Scratch AI та ін.
- Етичну та критичну свідомість (AI Ethics): усвідомлення ризиків даних, упередженості алгоритмів, навчання учнів принципам відповідального використання ІІІ.
- Метадидактичну компетентність: уміння створювати навчальні завдання із залученням AI API, моделей ML та здатність аналізувати навчальні дані для вдосконалення уроків.

Табл. 3.

Аналіз рамок ІІІ компетентності вчителя інформатики і учнів.

№	Аспект	ІІІ компетентність вчителя	ІІІ компетентність учнів	Особливості для вчителя інформатики
1	Мета	Етичне, критичне та педагогічно обґрунтоване використання ІІІ	Сформувати базову грамотність і практичні навички роботи з ІІІ	Учитель адаптує зміст і виступає фасилітатором, формує базові практичні навички використання ІІІ, етичне, критичне і відповідальне застосування ІІІ
2	Структура	-Людиноцентричне мислення -Етика ІІІ -Основи та застосування ІІІ -Педагогіка ІІІ -ІІІ для професійного розвитку	-Людиноцентричне мислення. -Етика ІІІ, -Методи та застосування ІІІ. -Проектування систем штучного інтелекту	Учитель інтегрує власні технічні навички і вміння використовувати ІІІ та педагогічні вміння для надання учням знань і формування ІІІ компетентностей

3	Рівні сформованості	3 рівні: засвоєння-поглиблення-створення	3 рівні: розуміння – застосування – створення	Учитель інформатики має діяти на найвищому рівні “Створення” а не тільки використання готових рішень, а розробка власних (моделі машинного навчання, великі мовні моделі)
4	Етичний компонент	Акцент на даних, прозорості, алгоритмічній справедливості, конфіденційності	Акцент на соціальних наслідках, культурних упередженнях ШІ	Учитель навчає етичного виміру ШІ в міждисциплінарному контексті
5	Педагогіч на інтеграція	Використання ШІ для диференціації, адаптації та персоналізації навчання	Застосування ШІ у творчих та STEM-проектах	Учитель інформатики впроваджує аналітичні інструменти та адаптивні системи на основі ШІ
6	Оцінюван ня компетент ностей	Викладання з ШІ – оцінка педагогічного ефекту використання технології	Вивчення ШІ – оцінка розуміння принципів і моделей ШІ	Учитель поєднує знання про ШІ та його практичне застосування
7	Ключові принципи	Етичність, прозорість, інклюзія, цифрова справедливість	Людяність, творчість, колаборація, етична свідомість	Обидві рамки сприяють розвитку людиноцентрованої ШІ компетентності
8	Роль ШІ у навчально му процесі	Інструмент підтримки педагогічних рішень	Об’єкт вивчення та експериментування	Для вчителя інформатики ШІ є і метою, і засобом навчання

Результати анкетування 185 педагогічних працівників щодо використання штучного інтелекту (ШІ) у професійній діяльності засвідчили істотну різницю між учителями інформатики (88 педагогів) та представниками інших предметних галузей (97 педагогів). Зокрема, вчителі інформатики продемонстрували вищий рівень сформованості як технологічної, так і педагогічної ШІ-компетентності, що корелює з їхньою фаховою підготовкою у сфері цифрових технологій. Самооцінка вчителями власного рівня ШІ компетентності (Рис.1) показала, що більшість учасників уже мають базові або середні навички використання ШІ, а частина активно просувається до впевненого рівня. Водночас, низький відсоток максимальних оцінок (10 балів — лише 7%) вказує на усвідомлення обмежень у знаннях та потребу у подальшому розвитку. Вчителі інформатики оцінюють власну ШІ компетентність у межах 7–9 балів (середнє значення — 7,6), тоді як серед інших педагогів цей показник становить у середньому 5,2 бали.

Оцініть власний рівень використання ШІ за 10 бальною шкалою
185 відповідей

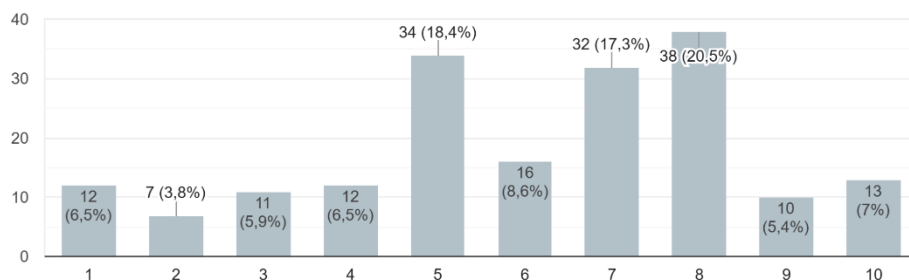


Рис.1. Самооцінка рівня ШІ компетентності учасниками опитування

Понад 83% учителів інформатики вказали, що мають поглиблене розуміння або практичне володіння ШІ. Аналіз когнітивного компонента компетентності засвідчив, що більшість учителів інформатики мають усвідомлене розуміння принципів роботи ШІ, відмінностей між алгоритмами й підходами, а також здатність оцінювати їхню ефективність. Близько половини респондентів-інформатиків повідомили про глибоке розуміння принципів ШІ, тоді як серед учителів інших предметів таких лише близько 13%. Водночас 10% вчителів інформатики засвідчили готовність до аналітичного використання ШІ, зокрема до оцінювання моделей і роботи з даними — це свідчить про досягнення рівня вищого рівня ШІ компетентності відповідно до рамки ЮНЕСКО [14].

Лише 3% вчителів інформатики консультують інших вчителів з питань використання ШІ, 1% вчителів — долучались до розробки програми навчання колег та стратегічні документи з використання ШІ створення нормативних та методичних документів з використання ШІ, не було респондентів, які, б зазначили, що використовують ШІ для трансформації освітнього середовища на рівні закладу освіти та мають досвід розробки власних моделей машинного навчання, або великих мовних моделей, що свідчить про необхідність створення освітньо-професійних програм за цими напрямками для розвитку вищого рівня ШІ компетентності вчителів інформатики.

Для більшості педагогів інших галузей характерний рівень “Засвоєння” та “Поглиблення”, що означає загальне знайомство з концепціями ШІ без розвинутого практичного застосування.

Відповідно до структури рамки, учителі інформатики переважно перебувають на рівні застосування концепцій у педагогічній практиці та здатності до аналізу та розробки моделей, тоді як інші вчителі обмежуються базовими рівнями розуміння та використання ШІ, де компетентність проявляється у використанні готових інструментів без глибокого розуміння їхніх механізмів.

Дослідження також показало відмінності у практичному застосуванні ШІ. Вчителі інформатики значно частіше застосовують штучний інтелект для створення навчальних матеріалів, автоматизації перевірки завдань, аналізу результатів навчання та організації навчання учнів, ШІ використовується як засіб для розроблення нових педагогічних рішень. Щодо бар'єрів у використанні ШІ, обидві групи респондентів відзначили нестачу методичних рекомендацій, труднощі з етичним використанням технологій і дефіцит часу для опанування нових інструментів. Для вчителів інформатики бар'єри мають переважно організаційний характер (нестача інституційної підтримки, відсутність національних стандартів етичного застосування ШІ), тоді як для інших педагогів перешкоди пов'язані з обмеженими знаннями, невпевненістю у власних цифрових навичках та страхом перед технологічними змінами.

Найбільш затребуваними темами для подальшого вивчення є: інтеграція ChatGPT та інших генеративних моделей у навчання, розроблення AI-контенту, аналіз освітніх

даних, а також питання академічної доброчесності й етики штучного інтелекту. Учителі інформатики частіше прагнуть до поглиблених курсів — зокрема з аналітики даних і педагогічного дизайну з використанням ШІ, тоді як інші педагоги потребують базових програм ознайомлення з принципами та можливостями ШІ (Рис. 2).

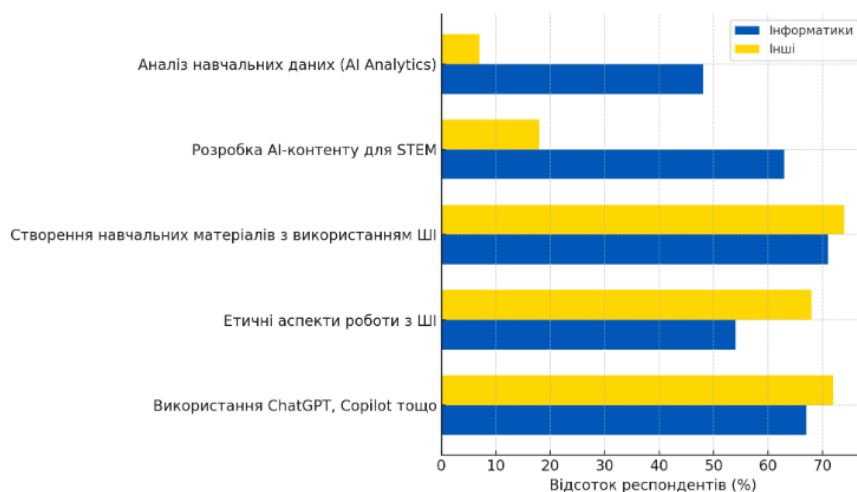


Рис.2. Запити вчителів щодо тематики програм підвищення кваліфікації з використання ШІ

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що учителі інформатики демонструють сформовані когнітивні, технологічні та етичні компоненти використання ШІ. Розвиток ШІ-компетентностей для вчителів інформатики має відбуватися диференційовано, в тому числі створенням лабораторій експериментального навчання й міжшкільних AI-хабів, консультаційних пунктів, що дозволить забезпечити поступовий перехід від ознайомчого до творчого рівня використання ШІ в освіті, відповідно до логіки розвитку компетентностей, визначеної рамкою [14]. Навчання ШІ має бути орієнтовано на створення інноваційних освітніх продуктів, програми «ШІ тьютори для школи» — коли вчителі інформатики стають внутрішніми тренерами для колег. В формальній післядипломній освіті на базі інститутів післядипломної освіти необхідно змістити фокус підвищення кваліфікації з базового «Засвоєння» на розвиток педагогічних сценаріїв використання ШІ, варто створювати програми, де інформатики вчаться проєктувати навчальні завдання, інтегровані з ШІ-сервісами, здійснювати коучингову підтримку для груп базового рівня для переходу на рівень поглиблений рівень, залучаючи вчителів, які вже його мають та розробити освітньо-професійні програми, які включають наступні напрями підвищення кваліфікації:

- етика використання ШІ, розвиток етичних та оцінювальних аспектів ШІ (академічна доброчесність, перевірка контенту ШІ);
- ризиків алгоритмічної дискримінації й способів їхнього уникнення;
- аналіз інструментів ШІ для викладання і навчання, автоматизації освітнього процесу, контролю навчальних досягнень;
- можливості і особливості методики використання інструментів ШІ для навчання і викладання окремих галузей (STEM);
- створення електронних освітніх ресурсів з використанням ШІ;
- створення безпечного освітнього середовища, розвиток критичного мислення учасників освітнього процесу в умовах використання інструментів ШІ;
- міжнародні освітні практики впровадження ШІ в інформатичну галузь;
- розроблення та застосування ШІ-асистентів у навчально-виховному процесі

- основи створення та використання штучного інтелекту в освітніх цілях (ШІ асистенти, машинне навчання, великі мовні моделі);
- машинне навчання та Python для освітніх завдань;
- використання платформ EdWay, Moodle, Canvas, Google Classroom, Teams для персоналізованих освітніх маршрутів;
- основи нейронних мереж, глибокого навчання та візуалізація роботи моделей у шкільному курсі інформатики;
- створення електронних освітніх ресурсів із використанням ШІ (генеративні системи, адаптивні платформи, VR/AR-середовища);
- використання алгоритмів машинного навчання для розпізнавання образів, голосу, сигналів датчиків;
- методика діагностики ШІ-компетентності на різних рівнях.

Ресурсами для самоосвіти вчителів інформатики можуть стати дистанційні курси: «Початок роботи з GPT» (<https://prometheus.org.ua>), «ШІ для кожного» (<https://www.coursera.org/learn/ai-for-everyone>), «ШІ для освіти» (<https://www.teachingwithai.co>), «Штучний інтелект для школярів» (<https://osvita.diia.gov.ua/courses/artificial-intelligence-for-schoolchildren>), «ChatGPT: ваш особистий асистент у роботі, навчанні та житті» (<https://osvita.diia.gov.ua/courses/chatgpt-your-personal-assistant-for-work-study-and-life>), Цифрова грамотність для освітян», «Інструменти для сучасного вчителя: ChatGPT, Canva, Miro» (<https://www.ed-era.com>), Google AI Education AI Experiments — інтерактивні навчальні симуляції, Teachable Machine — створення власних моделей ШІ без програмування (<https://ai.google/learn-ai-skills/>), «Teaching with AI Tools: Promoting Creativity in the Classroom», «How AI Can Support STEM Education» (<https://www.futurelearn.com/>), «Artificial Intelligence (Columbia University)», «Data Science and AI Ethics», «AI Literacy for Educators (MITx)» (<https://www.edx.org>), «AI Fundamentals for Educators», «Azure AI Classroom Labs» (<https://learn.microsoft.com>), Модулі: «AI in the Classroom», «Data Literacy for Teachers» (<https://skillsforinnovation.intel.com>).

Висновки, рекомендації, перспективи подальших досліджень. Дослідження підтверджує думки [26; 27] і доводить необхідність включення довгострокових стратегій, орієнтованих на практичне застосування ШІ в класі, а впровадження спеціалізованих освітніх програм розвиває компетентності викладачів щодо поєднання технологічних, педагогічних і змістових знань [28; 29]. Крім технічних знань, важливими залишаються питання етичного використання та критичної оцінки систем ШІ [9]. Дослідження підтвердило висновки Г. Скрипки щодо зацікавленості учителів сферами застосування ШІ, методикою його використання при викладанні та підвищенні кваліфікації, а також етичними та правовими аспектами його застосування [30]. Результати дослідження дозволили визначити напрями професійного розвитку вчителів інформатики в післядипломній освіті для успішного впровадження та використання штучного інтелекту в професійній діяльності, яке враховує рівень ШІ компетентності вчителів та їх запити і потреби. Професійний розвиток вчителів має бути збалансованим і для створення освітньо-професійних програм підвищення кваліфікації необхідне вивчення переконань педагогів щодо можливостей ШІ, але й врахування розуміння ними аналізу ризиків, що дозволить уникнути пасток його використання та рівня ШІ компетентності вчителя. В основі підготовки вчителів має бути рамки ШІ компетентності вчителя та учнів [14; 15], які дозволять формувати індивідуальні траєкторії професійного розвитку. Кожен вчитель може зробити самооцінювання ШІ компетентності та отримати рекомендації за напрямками професійного залучення, використання цифрових ресурсів, викладання та навчання та оцінювання, розширення можливостей та фасилітації ШІ компетентностей інших учасників освітнього процесу

[14]. Штучний інтелект (ШІ) трансформує освітні підходи, пропонуючи нові можливості для професійного розвитку вчителів інформатики. Інтеграція інструментів ШІ у програми підвищення кваліфікації дозволяє персоналізувати навчання та надавати масштабований зворотний зв'язок. Дослідження підкреслює, що більше ніж 80% вчителів мають потребу в інтеграції ШІ у зміст своєї підготовки та викладання.

Перспективами та потенційними напрямками для подальших досліджень можуть бути: аналіз ефективності використання ШІ в післядипломній освіті для визначення успішних практик і інструментів для забезпечення якісної післядипломної інформатичної освіти та розвитку вищого рівня ШІ компетентності вчителів на основі питань про вивчення структури й рівнів сформованості знань про машинне навчання, нейронні мережі, глибоке навчання та великі мовні моделі, а також виявлення зв'язку між цими знаннями та здатністю використовувати ШІ-технології в освітньому процесі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міністерство освіти і науки України. Інструктивно-методичні рекомендації щодо використання штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти. 22 травня 2024 р. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf>
2. U.S. Department of Education, Office of Educational Technology. Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations. Washington, DC, 2023. DOI: 10.1145/3631802.3631851
3. Olari V., Zoppke T., Romeike R., Dagiene V. Introduction of Artificial Intelligence Literacy and Data Literacy in Computer Science Teacher Education // ACM International Conference Proceeding Series. 2023, Vol. 47, P.1-2. DOI: 10.1145/3631802.3631851
4. Macdowell P., Moskalyk K., Korchinski K., Morrison D. Preparing Educators to Teach and Create With Generative Artificial Intelligence. Canadian Journal of Learning and Technology., 2024. Vol. 50. №4. P.1-23. DOI: 10.21432/cjlt28606.
5. Feng T.H., Luxton-Reilly A., Wünsche B.C., Denny P. From Automation to Cognition: Redefining the Roles of Educators and Generative AI in Computing Education. Proceedings of the 27th Australasian Computing Education Conference (ACE 2025). 2025. P.164-171. DOI: 10.1145/3716640.3716658
6. Yadav M., Singh S., Sharma P., Hung T. AI and Lifelong Learning in Developing Countries: Investigate the Potential of AI to Support Lifelong Learning and Development in Low-Resource Contexts. Impacts of Generative AI on the Future of Research and Education. 2024. P.24. DOI: 10.4018/979-8-3693-0884-4.ch003. URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105007277624>.
7. Bejarano A., Dickey E., Kuperus R. Implementing the AI-Lab Framework: Enhancing Introductory Programming Education for CS Majors. SIGCSE TS 2025. 2025. P.1383-1384. DOI: 10.1145/3641555.3705201. URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/86000228794?origin=scopusAI>
8. Flores-Vivar J.-M., García-Peñalvo F.-J. Reflections on the ethics, potential, and challenges of artificial intelligence in the framework of quality education (SDG4). Comunicar. 2023. Vol. 74. P.37-47. DOI: 10.3916/C74-2023-03.
9. Iryna V. Competence of Teachers and Ethical Aspects of Implementing AI Technologies in Education. Communications in Computer and Information Science. 2025. P. 397-406. DOI: 10.1007/978-3-031-83432-5_28. URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105001021517?origin=resultlist>

10. Yigitalieva Z., Dehqonov I., Mamatova A., Akbarova S. The Future of Literacy Education: Artificial Intelligence and Adaptive Learning Systems. ICICAT 2024. 2024. P. 347-353.
11. Liu S.-H. Exploring the instructional strategies of elementary school teachers when developing technological, pedagogical, and content knowledge via a collaborative professional development program. *International Education Studies*. 2013. 6.11. P.58-68. DOI: 10.1109/ICICAT62666.2024.10923234.
12. Vuorikari, R., Kluzer, S., Punie, Y. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens – With New Examples of Knowledge, Skills and Attitudes. Luxembourg: JRC Publications Repository, 2022. 134 p. DOI: [10.2760/115376](https://doi.org/10.2760/115376)
13. Directorate-General for Education. Ethical Guidelines on the Use of Artificial Intelligence (AI) and Data in Teaching and Learning for Educators. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. 40 p. DOI: [10.2766/153756](https://doi.org/10.2766/153756)
14. UNESCO. AI competency framework for teachers. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2024. 52 p. DOI: [10.54675/ZJTE2084](https://doi.org/10.54675/ZJTE2084).
15. UNESCO. AI competency framework for students. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2024. 85 p. DOI: [10.54675/JKJB9835](https://doi.org/10.54675/JKJB9835)
16. Molenaar, I. The Concept of Hybrid Human-AI Regulation: Exemplifying How to Support Young Learners' Self-Regulated Learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022. Vol. 3. Article 100070. DOI: [10.1016/j.caeai.2022.100070](https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100070). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X2200025X>.
17. Ng, T.K., Leung, J., Su, J., Chu, S. Teachers' AI Digital Competencies and Twenty-First Century Skills in the Post-Pandemic World. *Educational Technology Research and Development*. 2023. Vol. 71. pp. 137-161. DOI: [10.1007/s11423-023-10203-6](https://doi.org/10.1007/s11423-023-10203-6). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-023-10203-6>
18. Zhang, H., Lee, I., Ali, S., DiPaola, D., Cheng, Y., Breazeal, C. Integrating Ethics and Career Futures with Technical Learning to Promote AI Literacy for Middle School Students: An Exploratory Study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2023. 33(2). P. 290-324. DOI: [10.1007/s40593-022-00293-3](https://doi.org/10.1007/s40593-022-00293-3). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-022-00293-3>.
19. Sun, J., Ma, H., Zeng, Y., Jin, Y. Promoting the AI Teaching Competency of K–12 Computer Science Teachers: A TPACK-Based Professional Development Approach. *Education and Information Technologies*. 2023. 28(2). P. 1509-1533. DOI: [10.1007/s10639-022-11256-5](https://doi.org/10.1007/s10639-022-11256-5). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/85148930423?origin=scopusAI>
20. Dogan, S., Nalbantoglu, U.Y., Celik, I., Agacli Dogan, N. Artificial Intelligence Professional Development: A Systematic Review of TPACK, Designs, and Effects for Teacher Learning. *Professional Development in Education*. 2025. Vol.51(3). P.519-546. DOI: [10.1080/19415257.2025.2454457](https://doi.org/10.1080/19415257.2025.2454457). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/85216571868?origin=scopusAI>
21. Acosta-Enriquez, B.G., Ballesteros, M.A.A., Guzman Valle, M.A., Torre, M.C. Determinants of AI Use in University Teachers: The Role of Leadership, Teaching Concerns, and Constructivist Pedagogical Beliefs. *Human Behavior and Emerging Technologies*. 2025. 2025(1). 4834893. DOI: [10.1155/hbe2/4834893](https://doi.org/10.1155/hbe2/4834893). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105006636069>
22. Reichert, H., Tabarsi, B.T., Zang, Z., Barnes, T. Empowering Secondary School Teachers: Creating, Executing, and Evaluating a Transformative Professional Development Course on ChatGPT. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*. 2024. P.1-9. DOI: [10.1109/FIE61694.2024.10893106](https://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10893106).- URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105000691258>

23. Ofem, U.J., Orim, F.S., Edam-Agbor, I.B., Abuo, C.B. Teachers' Preparedness for the Utilization of Artificial Intelligence in Classroom Assessment. *Frontiers in Education*, 2025. Vol. 10. P. 1568306. DOI: [10.3389/feduc.2025.1568306](https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1568306)
24. Mohammadi, M. Advancing an Integrative AI-Assisted Adaptive Learning Environment for Teacher Education: Case of the BRICS Countries. *Education and Self Development*, 2024. DOI: [10.26907/esd.19.4.07](https://doi.org/10.26907/esd.19.4.07). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/85215928667>.
25. Ali, S., Sambucharan, M., Alexander, V., Dipnarine, N. Investigating Secondary School Teachers' Acceptance of Artificial Intelligence in Education in Trinidad and Tobago. *Proceedings of the 13th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)*. 2025. P.225-229. DOI: [10.1109/ICIET66371.2025.11046308](https://doi.org/10.1109/ICIET66371.2025.11046308)
26. Tan, X., Cheng, G., Ling, M.H. Investigating the Mediating Role of TPACK on Teachers' AI Competency and Their Teaching Performance in Higher Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2025. P. 10046. DOI: [10.1016/j.caeai.2025.100461](https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100461). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105013517880>
27. Xu, G., Yu, A., Gao, A., Trainin, G. Developing an AI-TPACK Framework: Exploring the Mediating Role of AI Attitudes in Pre-Service TCSL Teachers' Self-Efficacy and AI-TPACK. *Education and Information Technologies*. 2025. P. 1-25. DOI: [10.1007/s10639-025-13630-5](https://doi.org/10.1007/s10639-025-13630-5). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/105008394044>
28. Kim, S.-W. Development of a TPACK Educational Program to Enhance Pre-Service Teachers' Teaching Expertise in Artificial Intelligence Convergence Education. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 2024. Vol.14(1). DOI: [10.18517/ijaseit.14.1.19552](https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.1.19552). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/85187242294?origin=scopusAI>
29. Santos, J.M., Castro, R.D.R. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Action: Application of Learning in the Classroom by Pre-Service Teachers (PST). *Social Sciences and Humanities Open*. 2021. Vol.3. № 1. P.100110. DOI: [10.1016/j.ssaho.2021.100110](https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2021.100110). URL: <https://www.scopus.com/pages/publications/85150769221?origin=scopusAI>
30. Скрипка Г. Штучний інтелект в освіті: удосконалення програм підвищення кваліфікації педагогів. Інформаційні технології і засоби навчання. 2024. Т. 101. № 3. С. 227-238. DOI: [10.33407/itlt.v101i3.5639](https://doi.org/10.33407/itlt.v101i3.5639). URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/5639>

Матеріал надіслано до редакції 08.10.2025 р.

Затверджено до друку 27.11.2025 р.

PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF INFORMATICS TEACHERS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED ON SELF-ASSESSMENT OF AI COMPETENCE

Iryna Vorotnykova

candidate of pedagogical sciences, associate professor

head of the department of science and mathematics education and technologies of the Institute In Service Teacher's Training

Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University, Kyiv, Ukraine,

i.vorotnykova@kubg.edu.ua.

ORCID: 0000-0003-1211-8885

Olga Zakhar

candidate of pedagogical sciences, acting director

Mykolaiv Regional In-Service Teacher Training Institute, Mykolaiv, Ukraine

olgazakhar@moippo.mk.ua

ORCID: 0000-0001-5405-095X

Abstract. The article focuses on the importance of preparing computer science teachers to use artificial intelligence (AI) in their professional practice and to develop their AI competence to equip students with the skills needed to face modern challenges and opportunities through digital technologies. The rapid advancement of AI demands continuous professional development from computer science teachers. Professional training programs should support the formation of competencies related to selecting and analysing AI-based educational resources, creating instructional content using AI, and assisting students in environments where learning is partially or fully AI-driven. An analysis of research allowed the identification of approaches to integrating AI into the educational process and highlighted the potential of the AI competence frameworks for teachers and students as tools to define directions for professional growth. This includes the establishment of AI hubs and the involvement of highly competent AI teachers in delivering professional development courses. A survey of 180 teachers regarding their self-assessed AI competence and needs for professional development programs enabled a comparison between theoretical insights and the actual demands of computer science educators in contrast to teachers of other disciplines. Based on this, strategies and directions for teachers' professional growth were identified to ensure the effective implementation of innovative AI tools. These include learning analytics, AI ethics, instructional material design, and more. The integration of AI into computer science education shows significant potential to enhance student learning outcomes. Survey results confirm the readiness of computer science teachers to engage in professional development and participate in AI-focused training programs. The professional development of computer science teachers in the context of AI should be based on the integration of technical, pedagogical, ethical, and regulatory aspects. This study explores the significance and key areas of teacher preparation for AI use in postgraduate education and presents ideas and approaches to fostering AI competence among computer science teachers, ultimately supporting educational quality and preparing the younger generation for the challenges of the future.

Keywords: artificial intelligence; AI competence; professional development; professional development of informatics teachers; postgraduate education; artificial intelligence tools

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Ministry of Education and Science of Ukraine. (2024, May 22). Instructional and methodological recommendations on the use of artificial intelligence in secondary education institutions Ministry of Education and Science of Ukraine. https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo_SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf.
2. U.S. Department of Education, Office of Educational Technology. (2023). Artificial intelligence and the future of teaching and learning: Insights and recommendations. Washington, DC. <https://doi.org/10.1145/3631802.3631851>.
3. Olari, V., Zoppke, T., Romeike, R., & Dagiene, V. (2023). Introduction of artificial intelligence literacy and data literacy in computer science teacher education. ACM International Conference Proceeding Series. 47, 1-2. <https://doi.org/10.1145/3631802.3631851>.
4. Macdowell, P., Moskalyk, K., Korchinski, K., & Morrison, D. (2024). Preparing educators to teach and create with generative artificial intelligence. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 50(4), 1-23. <https://doi.org/10.21432/cjlt28606>.
5. Feng, T. H., Luxton-Reilly, A., Wünsche, B. C., & Denny, P. (2025). From automation to cognition: Redefining the roles of educators and generative AI in computing education. *Proceedings of the 27th Australasian Computing Education Conference (ACE 2025)*, 164-171. <https://doi.org/10.1145/3716640.3716658>.
6. Yadav, M., Singh, S. K., Sharma, P., & Hung, T. H. (2024). AI and lifelong learning in developing countries: Investigate the potential of AI to support lifelong learning and development in low-resource contexts. In *Impacts of Generative AI on the Future of*

- Research and Education (Chapter 3), 24. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0884-4.ch003>.
7. Bejarano, A., Dickey, E., & Kuperus, R. (2025). Implementing the AI-Lab framework: Enhancing introductory programming education for CS majors. *SIGCSE TS 2025*, 1383-1384. <https://doi.org/10.1145/3641555.3705201>.
 8. Flores-Vivar, J.-M., & García-Peñalvo, F.-J. (2023). Reflections on the ethics, potential, and challenges of artificial intelligence in the framework of quality education (SDG4). *Comunicar*, 74, 37-47. <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>.
 9. Iryna, V. (2025). Competence of teachers and ethical aspects of implementing AI technologies in education. In *Communications in Computer and Information Science*. 397-406. https://doi.org/10.1007/978-3-031-83432-5_28.
 10. Yigitalieva, Z., Dehqonov, I., Mamatova, A., Zinatullina, A., Tulanov, S., & Akbarova, S. (2024, November). The Future of Literacy Education: Artificial Intelligence and Adaptive Learning Systems. In *2024 International Conference on IoT, Communication and Automation Technology (ICICAT)* (pp. 347-353). IEEE.
 11. Liu, S.-H. (2013). Exploring the instructional strategies of elementary school teachers when developing technological, pedagogical, and content knowledge via a collaborative professional development program. *International Education Studies*, 6(11), 58-68. <https://doi.org/10.1109/ICICAT62666.2024.10923234>.
 12. Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens – With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Luxembourg: JRC Publications Repository. <https://doi.org/10.2760/115376>.
 13. Directorate-General for Education. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2766/153756>.
 14. UNESCO (2024). *AI competency framework for teachers* (71 p.). Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.54675/ZJTE2084>.
 15. UNESCO (2024). *AI competency framework for students* (85 p.). Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>.
 16. Molenaar, I. (2022). The concept of hybrid human-AI regulation: Exemplifying how to support young learners' self-regulated learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, Article 100070. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100070>.
 17. Ng, T. K., Leung, J., Su, J., & Chu, S. (2023). Teachers' AI digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world. *Educational Technology Research and Development*, 71, 137-161. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10203-6>.
 18. Zhang, H., Lee, I., Ali, S., DiPaola, D., Cheng, Y., & Breazeal, C. (2023). Integrating ethics and career futures with technical learning to promote AI literacy for middle school students: An exploratory study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 33(2), 290-324. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00293-3>.
 19. Sun, J., Ma, H., Zeng, Y., & Jin, Y. (2023). Promoting the AI teaching competency of K–12 computer science teachers: A TPACK-based professional development approach. *Education and Information Technologies*. 28(2), 1509-1533. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11256-5>.
 20. Dogan, S., Nalbantoglu, U. Y., Celik, I., & Agacli Dogan, N. (2025). Artificial intelligence professional development: A systematic review of TPACK, designs, and effects for teacher learning. 51(3), 519-546. *Professional Development in Education*. <https://doi.org/10.1080/19415257.2025.2454457>.
 21. Acosta-Enriquez, B. G., Ballesteros, M. A. A., Guzman Valle, M. A., & Torre, M. C. (2025). Determinants of AI use in university teachers: The role of leadership, teaching

- concerns, and constructivist pedagogical beliefs. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2025(1), 4834893, <https://doi.org/10.1155/hbe2/4834893>.
22. Reichert, H., Tabarsi, B. T., Zang, Z., & Barnes, T. (2024). Empowering secondary school teachers: Creating, executing, and evaluating a transformative professional development course on ChatGPT. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*. (pp. 1-9). <https://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10893106>.
 23. Ofem, U. J., Orim, F. S., Edam-Agbor, I. B., & Abuo, C. B. (2025). Teachers' preparedness for the utilization of artificial intelligence in classroom assessment. *Frontiers in Education*. Vol. 10, p. 1568306. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1568306>.
 24. Mohammadi, M. (2024). Advancing an integrative AI-assisted adaptive learning environment for teacher education: Case of the BRICS countries. *Education and Self Development*, 19(4). <https://doi.org/10.26907/esd.19.4.07>.
 25. Ali, S., Sambucharan, M., Alexander, V., & Dipnarine, N. (2025). Investigating secondary school teachers' acceptance of artificial intelligence in education in Trinidad and Tobago. *Proceedings of the 13th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)*. (pp. 225-229). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIET66371.2025.11046308>.
 26. Tan, X., Cheng, G., & Ling, M. H. (2025). Investigating the mediating role of TPACK on teachers' AI competency and their teaching performance in higher education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 100461. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100461>.
 27. Xu, G., Yu, A., Gao, A., & Trainin, G. (2025). Developing an AI-TPACK framework: Exploring the mediating role of AI attitudes in pre-service TCSL teachers' self-efficacy and AI-TPACK. *Education and Information Technologies*. 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13630-5>.
 28. Kim, S.-W. (2024). Development of a TPACK educational program to enhance pre-service teachers' teaching expertise in artificial intelligence convergence education. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 14(1). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.1.19552>.
 29. Santos, J. M., & Castro, R. D. R. (2021). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) in action: Application of learning in the classroom by pre-service teachers (PST). *Social Sciences and Humanities Open*, 3(1), 100110. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2021.100110>.
 30. Skrypka, H. (2024). Artificial intelligence in education: Improving in-service teacher training programs. *Information Technologies and Learning Tools*, 101(3), 227-238. <https://doi.org/10.33407/itlt.v101i3.5639>