

УДК 355.23:004.8(477)

Світлана Бондаренко,
доктор економічних наук, професор
Національний університет оборони України, м. Київ
<https://orcid.org/0000-0002-1687-1172>

Андрій Гупало,
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Національний університет оборони України, м. Київ
<https://orcid.org/0000-0003-0011-7105>
DOI: 10.33099/2617-1775/2025-02/9-31

ІНТЕГРАЦІЯ АІ У ВІЙСЬКОВУ ОСВІТУ: БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ГЛОБАЛЬНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ТА ПРІОРИТЕТИ УКРАЇНИ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню глобальних тенденцій інтеграції АІ у військову освіту та обґрунтуванню стратегічних пріоритетів для України. Актуальність зумовлена критичним розривом між масовим бойовим застосуванням АІ-технологій українськими силами та недостатньою трансформацією системи військової освіти.

Мета дослідження – проаналізувати структуру світових наукових публікацій з АІ у військовій освіті, виявити вплив глобальних криз на формування дослідницьких пріоритетів та розробити науково обґрунтовані рекомендації для України. Методологічну основу становить бібліометричний аналіз 266 публікацій бази Scopus за 1985–2025 роки.

Результати виявили три фази розвитку галузі з експоненційним зростанням у 2022–2025 (71,5 % усіх робіт). Ідентифіковано домінування технологічного кластеру (50,8 %) та дисбаланс етичних досліджень (6,4 %). Систематизовано три трансформаційні патерни під впливом криз: пандемічну каталізацію, геополітичний поворот та генеративний прорив. Спрогнозовано найвищу ймовірність стандартизації за протоколами НАТО (85–95 %) та інтеграції кіберфізичних систем захисту (80–90 %).

Наукова новизна – виявлення парадоксу українського досвіду та обґрунтування позиціонування країни як потенційного лідера у розробці захисних технологій. Практичне значення – рекомендації щодо створення дослідницького центру на базі НУОУ та програми нарощування публікаційної активності.

Ключові слова: штучний інтелект; військова освіта; бібліометричний аналіз; кібербезпека; адаптивні навчальні системи; НАТО; цифрова трансформація; Україна.

Постановка проблеми. Інтеграція штучного інтелекту (АІ) у військову сферу перетворилася з футуристичної концепції на об'єктивну реальність, що потребує термінового перегляду освітніх підходів [1, 2]. Найгостріше ця проблема постає перед країнами, залученими до активних бойових дій.

Повномасштабне вторгнення суттєво прискорило впровадження АІ-технологій в українську бойову практику. За даними Center for Strategic and International Studies, протягом 2024 року українські сили закупили 10 000 безпілотників з АІ-системами, а в грудні відбулася перша повністю автономна операція біля Липців [3]. Modern War Institute прогнозує, що 2025 рік принесе масштабне впровадження систем АІ-наведення та дронів роїв [4].

Паралельно відбувається трансформація військової освіти України відповідно до стандартів НАТО. Міністерство оборони запустило системний аудит національної військової освіти за участю експертів Альянсу, який має завершити програму сертифікації до грудня 2025 року [5]. Однак між

практичними досягненнями та освітніми можливостями утворився значний розрив: викладачі стикаються з серйозними перешкодами при впровадженні AI в навчальний процес [6], а в країні спостерігається відсутність чіткого правового регулювання використання AI в науково-освітній діяльності [7].

Пряме запозичення західних моделей навряд чи виявиться ефективним. Навіть у розвинених країнах НАТО існують системні проблеми з масштабуванням AI-інновацій у військовій сфері – зокрема, американська система військової медицини демонструє труднощі з впровадженням технологічних рішень [8]. Для України, де цифрова трансформація відбувається в умовах активного військового конфлікту та обмежених ресурсів, ці виклики набувають критичного характеру.

Таким чином, українська військова освіта опинилася перед фундаментальною дилемою: нагальна потреба відповідати стандартам НАТО та впроваджувати AI-технології за відсутності системного розуміння того, як це робити з урахуванням національної специфіки та етичних обмежень. Це протиріччя зумовлює необхідність комплексного дослідження світового досвіду інтеграції AI у військову освіту та формування науково обґрунтованих рекомендацій для України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження інтеграції AI у військову освіту охоплює кілька наукових напрямів. Огляд літератури дозволяє виділити чотири основні тематичні кластери.

Концептуальні засади трансформації військової освіти. Генерал-майор П. Роуел на конференції NATO (2025) окреслив специфіку AI-трансформації військової освіти, яка готує фахівців до непередбачуваності сучасної війни [9]. Rosendorf, Smetana та Vranka простежують еволюцію громадської думки від «алгоритмічної аверсії» до поступового прийняття автономних систем озброєння [10] – висновки, критично важливі для розробки освітніх програм, що враховують психологічні бар'єри впровадження технологій.

Практичний досвід різних країн. Кириченко наводить статистику російсько-української війни: дрони спричиняють 70-80 % бойових втрат, проте навіть найдосконаліші системи AI-наведення виявляються неефективними без належної підготовки операторів [11]. Grivel та колеги аналізують адаптацію загальноєвропейських освітніх стандартів до специфіки військової підготовки [12]. Boston Consulting Group пропонує шестикрокову модель масштабування AI-навичок через персоналізацію навчання [13].

Український контекст. За даними Бондарь, в Україні функціонують 243 AI-компанії, 42 університети запустили 106 програм зі штучного інтелекту, набір студентів зріс на 122 % за п'ять років [14]. Парадоксальність ситуації полягає в тому, що бурхливий розвиток технологій суттєво випереджає трансформацію освітньої системи. Підготовка операторів автономних дронів може тривати від 30 хвилин до одного дня, тоді як традиційні військові спеціальності вимагають місяців навчання [15]. Аналітики застерігають, що нинішні зусилля здебільшого мають реактивний характер, орієнтований на

негайні потреби фронту, без довгострокової стратегічної перспективи [16]. Порівняльні дослідження підтверджують: США та Велика Британія значно випереджають інші країни у систематизації AI-освіти, проте Україна має потенціал для швидкого прогресу за умови цілеспрямованої державної підтримки [17].

Етичні та правові виклики. Звіт UNIDIR (2025) рекомендує включати до навчальних програм не лише технічні навички, але й розуміння правових та етичних обмежень використання AI у військовій сфері [18]. Small Wars Journal наголошує: впровадження AI не має підміняти розвиток критичного мислення та здатності приймати рішення в умовах невизначеності [19].

Аналіз літератури виявляє значну регіональну нерівномірність: США та Велика Британія мають чіткі стратегії AI-трансформації військової освіти, тоді як інші країни діють фрагментарно. Бракує комплексних досліджень, які б системно об'єднували педагогічні, технологічні, етичні та правові аспекти інтеграції AI. Критичною є проблема контекстуальної адаптації: механічне копіювання західного досвіду не спрацьовує, оскільки країни-члени НАТО здійснюють трансформацію в стабільних умовах, тоді як Україна змушена одночасно вести війну та проводити освітні реформи.

Мета статті – проаналізувати структуру та динаміку світових наукових публікацій з проблематики AI у військовій освіті, визначити вплив глобальних криз на формування дослідницьких пріоритетів та розробити науково обґрунтовані рекомендації для України.

Завдання дослідження: 1) дослідити структуру та динаміку публікацій на базі Scopus за період 1985–2025 років; 2) простежити вплив глобальних криз на трансформацію дослідницьких напрямів; 3) спрогнозувати тенденції розвитку галузі на 2026–2030 роки та сформулювати стратегічні рекомендації щодо пріоритетних напрямів для української військової освіти.

Методи дослідження. Дослідження базується на бібліометричному аналізі наукових публікацій і проводиться в три етапи: формування емпіричної бази, аналіз публікаційного масиву та синтез результатів.

Формування емпіричної бази. У листопаді 2025 року проведено систематичний пошук у базі даних Scopus за запитом «Artificial Intelligence, Defense Education». Після багатоетапної фільтрації сформовано масив із 266 публікацій за період 1985–2025 років. Бібліографічні дані експортовано у форматі CSV із повним набором метаданих для подальшого аналізу.

Хронологічний аналіз. Основний фокус зосереджено на останньому десятилітті: період 2015–2025 років містить 235 публікацій (88,3 % вибірки). Саме 2015 рік обрано точкою відліку, оскільки технології глибокого навчання вийшли за межі дослідницьких лабораторій та почали масово впроваджуватися у практичні застосування.

Масив розділено на п'ять дворічних періодів, для кожного розраховано кількість публікацій, темпи приросту та середню цитованість.

Аналіз ключових слів. З публікаційного масиву виділено 3931 унікальний

термін. Проведено нормалізацію через об'єднання синонімічних понять та варіацій написання. Для кожного терміна підраховано частоту згадувань, що дозволило простежити еволюцію концептуальних доменів та ідентифікувати появу нових технологічних напрямів («Large Language Model», «Generative AI»).

Тематична кластеризація. Публікації згруповано у шість тематичних кластерів: технології машинного навчання (135 публікацій, 50,8 %), освітні системи та методології (117, 44,0 %), кібербезпека (83, 31,2 %), оборонні застосування (33, 12,4 %), етичні аспекти (17, 6,4 %), психологічні фактори (15, 5,6 %). Сума перевищує 100 % через міждисциплінарний характер досліджень, де окремі публікації належать до кількох кластерів одночасно.

Географічне картування та аналіз цитованості. Аналіз афіліацій авторів дозволив ідентифікувати країни походження публікацій та виявити географічні патерни дослідницької активності. Загальна кількість цитувань становить 4790 при середньому значенні 18,0 та медіані 1. Високе стандартне відхилення (175,1) вказує на нерівномірний розподіл наукового впливу з кількома високоцитованими роботами парадигмального характеру.

Методологічний профіль. Публікації класифіковано за домінуючими дослідницькими підходами: теоретико-концептуальні (70,7 %), систематичні огляди (12,0 %), симуляційні дослідження (10,9 %), експериментальні роботи (5,6 %), якісні дослідження (0,8 %). Така структура відображає формативну стадію розвитку галузі, де концептуальне осмислення переважає над емпіричною валідацією.

Прогнозування трендів. Застосовано комплексний підхід, що поєднує кількісну екстраполяцію виявлених трендів, якісний аналіз 32 оглядових публікацій та врахування геополітичного контексту, що формує дослідницькі пріоритети.

Обмеження дослідження. База даних Scopus не охоплює закриті військові видання з міркувань національної безпеки.

Пошуковий запит англійською мовою міг пропустити релевантні публікації іншими мовами, зокрема україномовні дослідження. Прогнози базуються на екстраполяції існуючих трендів і не можуть передбачити радикальні технологічні прориви або геополітичні зміни, що можуть кардинально переорієнтувати дослідницькі пріоритети.

Виклад основного матеріалу. Комплексний аналіз публікаційного ландшафту AI у військовій освіті: емпіричне дослідження джерел Scopus.

Для виявлення глобальних тенденцій інтеграції AI у військову освіту проведено бібліометричний аналіз 266 публікацій з бази Scopus за запитом «Artificial Intelligence, Defence Education» станом на листопад 2025 року.

Структура вибору: матеріали конференцій – 42,5 % (113 публікацій), статті – 26,3 % (70), оглядові публікації – 6,0 % (16), розділи книг – 8,6 % (23), монографії – 6,8 % (18). Загальна кількість цитувань становить 4790, середнє значення – 18,0 при медіані 1. Стандартне відхилення 175,1 вказує на асиметрію розподілу з кількома високоцитованими публікаціями.

Динаміка публікаційної активності та парадигмальні зсуви (рис. 1) демонструють три чітко виражені фази розвитку галузі.

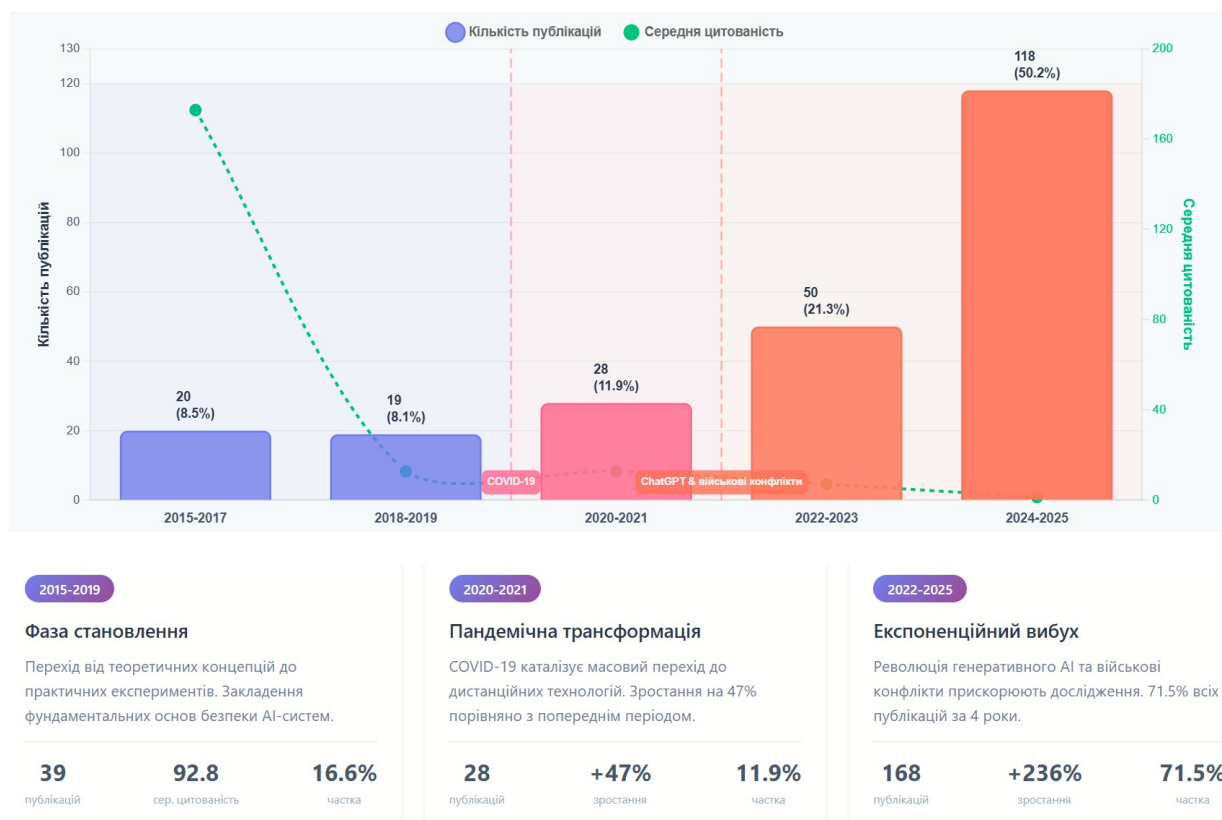


Рис. 1. Парадигмальні зсуви у дослідженнях AI у військовій освіті (бібліометричний аналіз 235 публікацій Scopus (2015–2025)).

Перша фаза – становлення (2015–2019) – налічує 39 публікацій (16,6 %) з акцентом на базових алгоритмах машинного навчання та кіберзахисті. Середня цитованість (92,8) відображає фундаментальний характер робіт.

Друга фаза – пандемічна трансформація (2020–2021) – демонструє 47 % зростання активності (28 публікацій, 11,9 %). COVID-19 став каталізатором переорієнтації на дистанційну освіту та адаптивні навчальні системи.

Третя фаза – експоненційний вибух (2022–2025) – характеризується зростанням на 236 %. За чотири роки опубліковано 168 робіт (71,5 %), з них 118 лише у 2024–2025 (50,2 %). Період збігається з революцією генеративного AI після запуску ChatGPT та ескалацією військових конфліктів.

Зворотна динаміка цитованості – від 172,8 для 2015–2017 до 1,4 для 2024–2025 – відображає природний часовий лаг накопичення цитувань. Парадигмальний вплив ранніх робіт підтверджує дослідження Papernot et al. (2017) [20] з 2829 цитуваннями, що заклало фундаментальні принципи розуміння вразливостей AI-систем до адверсаріальних атак.

Виявлені патерни свідчать про еволюційний характер розвитку галузі з парадигмальними зсувами. Кожна фаза характеризується якісною

трансформацією дослідницьких фокусів – від теоретичних основ через адаптацію до кризових умов до масштабного практичного впровадження в умовах геополітичних викликів.

Тематичний ландшафт демонструє технологічну домінанту (рис. 2).

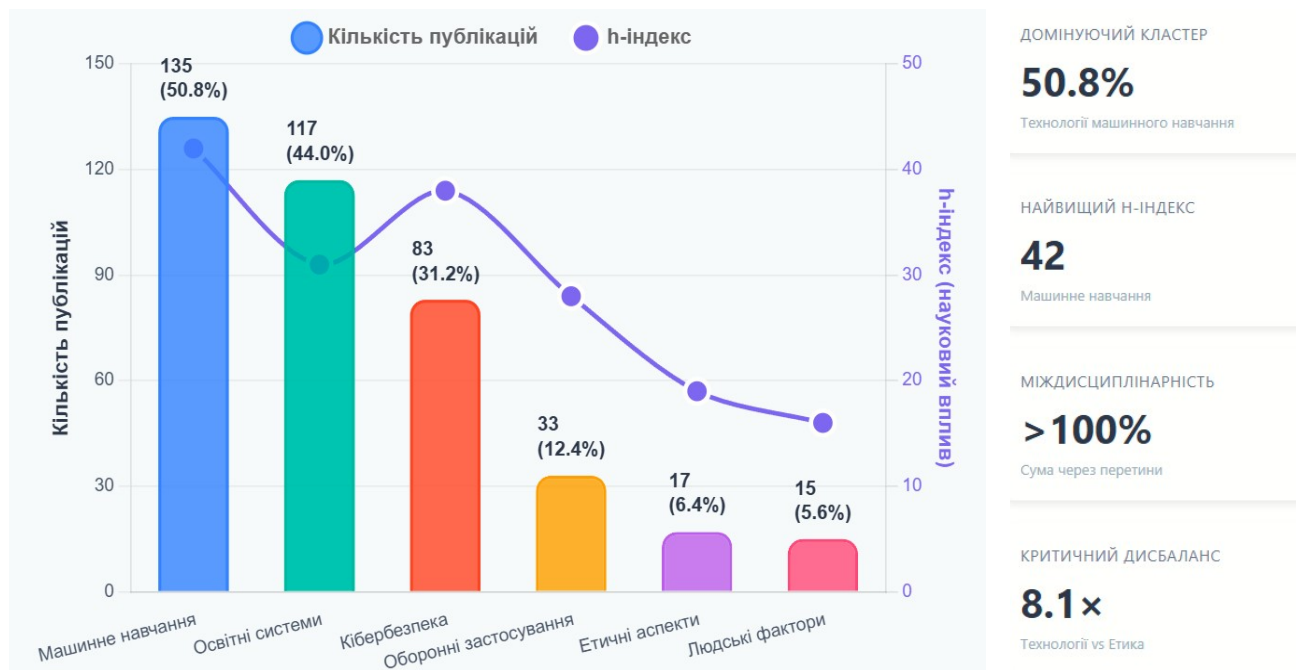


Рис. 2. Тематична архітектура досліджень AI у військовій освіті.

Половина досліджень (135 публікацій, 50,8 %) зосереджена на технологіях машинного навчання – алгоритмах AI, глибокому навчанні, нейронних мережах. Цей кластер має найвищий індекс наукового впливу (h-індекс = 42), підтверджуючи центральну роль у формуванні галузі. Другий кластер – освітні системи та методології (117 публікацій, 44,0 %) – свідчить про поступове усвідомлення важливості педагогічного обґрунтування технологічних інновацій. Кібербезпека (83 публікації, 31,2 %) займає третю позицію, проте має другий за величиною h-індекс (38), що вказує на високу цитованість. Парадигмальною стала робота Yuan et al. (2017) [21] з проектом DeepDefense, де продемонстровано 97 % точність виявлення DDoS-атак.

Парадоксально, що оборонні застосування безпосередньо представлені лише у 33 публікаціях (12,4 %). Попри військовий контекст галузі, власне оборонна тематика не домінує, що свідчить про переважання загальнотехнологічних підходів.

Критичну проблему становить недостатня увага до етичних питань (17 публікацій, 6,4 %) та психологічних факторів (15 робіт, 5,6 %) – восьмикратний розрив порівняно з технологічним кластером. Така диспропорція створює ризики для сталого впровадження AI, адже успіх

визначається не лише досконалістю технологій, але й готовністю людей їх використовувати.

Міждисциплінарний характер досліджень проявляється в тому, що сума відсотків перевищує 100 % – багато публікацій належать одночасно до кількох кластерів. Виявлена структура відображає типові патерни формативної стадії, коли технічні інновації випереджають осмислення соціальних наслідків. Для військової сфери, де помилки коштують життів, такий дисбаланс особливо небезпечний.

Для повноти картини розвитку галузі принципово важливим є розуміння географічних патернів дослідницької активності, що дозволяє виявити регіональні центри компетенцій, специфічні тематичні фокуси та потенціальні напрями міжнародної співпраці (рис. 3).

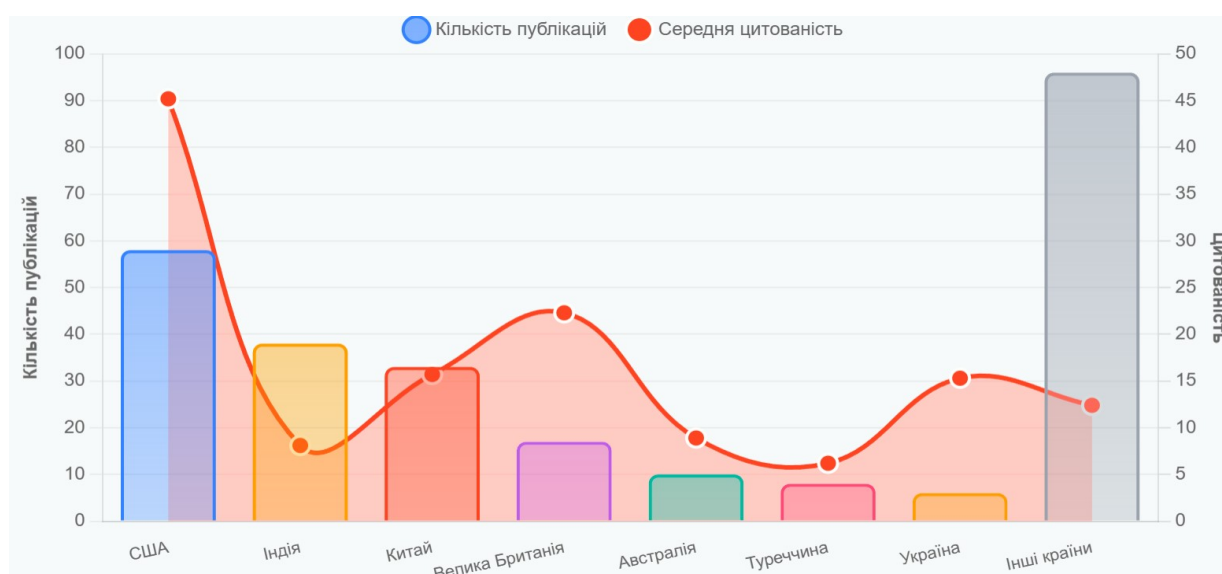


Рис. 3. Географічний розподіл дослідницької активності AI у військовій освіті (аналіз 266 публікацій Scopus: кількісні та якісні показники).

Географічна топографія дослідницької активності (рис. 3) виявляє мультиполярну структуру з чіткою регіональною диференціацією підходів, що відображає різні національні стратегії розвитку AI у військовій сфері.

США зберігають домінуючу позицію (58 публікацій, 21,8 %) з концентрацією у престижних університетах. МІТ демонструє найвищий рівень впливу серед окремих інституцій, зокрема дослідженням Robertson et al. (2021) [22] з хмарних архітектур для мультидомених операцій. Американський фокус на автономних системах корелює з пріоритетами Пентагону. Середня цитованість (45,2) майже в п'ять разів перевищує глобальний показник, підтверджуючи визначальний вплив на формування наукового дискурсу.

Високі позиції азійських країн демонструють зміщення глобального центру ваги. Індія займає друге місце (38 публікацій, 14,3 %) завдяки державним інвестиціям та фокусу на масштабованих освітніх рішеннях. Відносно низька

цитованість (8,1) вказує на переважно прикладний характер досліджень. Китайська присутність (33 публікації, 12,4 %) концентрується навколо National University of Defense Technology, підкреслюючи державну координацію досліджень. Спеціалізація на розпізнаванні образів відповідає національним пріоритетам інформаційного домінування. Цитованість (15,7) майже вдвічі перевищує індійські показники.

Сполучене Королівство (17 публікацій, 6,4 %) демонструє якісно відмінний підхід, концентруючись на верифікації AI-систем та етичних аспектах. Висока цитованість (22,3) свідчить про концептуальну значущість для формування міжнародних стандартів.

Австралія (10 публікацій, 3,8 %) розвиває адаптивні навчальні системи. *Туреччина* (8 публікацій, 3,0 %) фокусується на поєднанні кібербезпеки з інженерною освітою.

Особливої уваги заслуговує українська присутність (6 публікацій, 2,3 %) через Institute of AI Problems, що створює унікальний емпіричний контекст досліджень AI-технологій в умовах високоінтенсивного військового конфлікту. Українська спеціалізація на кібербезпеці в бойових умовах не має аналогів у світовій практиці. Примітно, що цитованість (15,3) перевищує індійські та турецькі показники, демонструючи високу актуальність реального бойового досвіду для міжнародної спільноти. Значна частка «інших країн» (96 публікацій, 36,1 %) з низькою цитованістю (12,4) вказує на фрагментований характер глобального ландшафту.

Виявлені географічні патерни відображають геополітичні тенденції технологічної конкуренції. Концентрація передових досліджень у США, Індії та Китаї (48,5 %) формує новий технологічний трикутник влади, тоді як європейський акцент на етичних аспектах може створювати регулятивні стандарти. Рисунок 3 виявляє три кластери: лідери за обома параметрами (США, Велика Британія), країни з високою продуктивністю та помірним впливом (Індія, Китай), та країни з обмеженою присутністю (Україна, Австралія, Туреччина).

Розуміння географічних патернів дослідницької активності доповнюється аналізом методологічних парадигм, що дозволяє виявити особливості становлення галузі та потенціальні напрями розвитку. Методологічний профіль відображає не лише технічні підходи, але й культурні традиції наукової роботи різних дослідницьких шкіл.

Методологічний ландшафт (табл. 1) характеризується домінуванням теоретико-концептуальних підходів (188 публікацій, 70,7 %), що типово для формативних стадій розвитку технологічних галузей. Превалювання алгоритмічних розробок над емпіричною валідацією сигналізує про недостатню зрілість галузі у практичному впровадженні. Це відображає загальну тенденцію досліджень AI, де концептуальні інновації випереджають можливості емпіричного тестування, особливо у високо регульованій сфері військової освіти. Систематично-оглядові дослідження посідають друге місце

(32 публікації, 12,0 %), що свідчить про зростаючу потребу у систематизації знань та виявленні пріоритетних напрямів.

Таблиця 1

Розподіл досліджень за методологічними підходами

Методологічна категорія	Кількість публікацій	% від загальної кількості	Характерні методи та інструменти	Показники ефективності*
Теоретико-концептуальна	188	70,7 %	Алгоритмічні розробки, архітектурні фреймворки, математичне моделювання	—
Систематично-оглядова	32	12,0 %	Мета-аналіз, систематичні огляди, бібліометричні дослідження	—
Симуляційно-модельна	29	10,9 %	Комп'ютерні симуляції, цифрові двійники, віртуальні середовища	91,2%
Експериментально-емпірична	15	5,6 %	Контрольовані експерименти, А/В тестування, польові дослідження	87,3%
Дескриптивно-якісна	2	0,8 %	Кейс-стаді, етнографічні дослідження, фокус-групи	—

*Примітка: Показники ефективності наведені для досліджень, що експліцитно повідомляли кількісні результати валідації.

Відносно невелика частка експериментальних досліджень (15 публікацій, 5,6 %) контрастує з високими показниками ефективності (87,3 %) для робіт з емпіричною валідацією. Це виявляє парадокс: найменш поширені методологічні підходи демонструють найкращі результати у практичному застосуванні. Обернена кореляція між обсягом досліджень та ефективністю вказує на значний потенціал покращення якості через збільшення частки експериментальних публікацій. Низька представленість пояснюється об'єктивними бар'єрами: складністю доступу до військових закладів, етичними дозволами, конфіденційністю та високими організаційними витратами.

Симуляційні підходи демонструють найвищу ефективність (91,2 %), підтверджуючи потенціал віртуальних середовищ. Wallace et al. (2010) [23] у проєкті MLeXAI показали 45 % покращення залученості слухачів при використанні ігрових симуляцій. Попри доведену ефективність, симуляційні дослідження складають лише 10,9 % публікацій (29 робіт), що свідчить про недостатню капіталізацію потенціалу.

Дескриптивно-якісні дослідження представлені мінімально (2 публікації, 0,8 %), що відображає традиційний скептицизм військових інституцій до якісних методологій.

Візуалізація наочно демонструє методологічний дисбаланс: домінуючі теоретико-концептуальні підходи не мають кількісних показників ефективності, тоді як методи з найвищою доведеною ефективністю

(симуляційний – 91,2 %, експериментальний – 87,3 %) залишаються критично недопредставленими. Ця асиметрія може призводити до накопичення неперевіраних рішень, практична застосовність яких залишається під питанням. Виявлена структура свідчить про перебування галузі на ранній стадії дозрівання, де концептуальне дослідження переважає над систематичною валідацією. Для переходу до зрілої фази необхідне радикальне збільшення частки експериментальних та симуляційних досліджень.

Для ідентифікації ключових ідей проаналізовано найбільш цитовані роботи, що формують концептуальне ядро галузі. Таблиця 2 представляє ТОП-10 публікацій за кількістю цитувань.

Таблиця 2

Найвпливовіші публікації за показниками цитованості

Ранг	Автори та рік публікації	Назва роботи	Кількість цитувань	Концептуальний внесок у галузь	Категорія
1	Papernot et al. (2017)	Practical black-box attacks against machine learning	2829	Виявлення вразливостей AI-систем до адверсаріальних атак	Безпека
2	Yuan et al. (2017)	DeepDefense: Identifying DDoS Attack via Deep Learning	388	Застосування LSTM для кіберзахисту мережевої інфраструктури	Безпека
3	Qiu et al. (2009)	A framework for multiple kernel support vector regression	110	Розвиток мультикERNELЬНИХ методів для біоінформатичних застосувань	ML методи
4	Olejniak et al. (2017)	SmarPer: Context-Aware and Automatic Runtime-Permissions	92	Контекстно-адаптивні системи безпеки для мобільних пристроїв	Безпека
5	Hussain (2023)	Use of artificial intelligence in the library services	82	Інтеграція AI у освітні та інформаційні сервіси	Освіта
6	Steingartner et al. (2021)	Threat defense: Cyber deception approach and education	79	Розробка освітніх методологій кіберзахисту	Безпека
7	Zhang et al. (2018)	Application of Machine Learning in Cyberspace Security Research	63	Систематизація ML-підходів у кібербезпеці	Безпека
8	Varsha et al. (2021)	The Future with Advanced Analytics	42	Прогностичний аналіз дизруптивних технологій	Аналітика
9	Coulter et al. (2018)	Intelligent agents defending for an IoT world	41	AI-агенти для захисту IoT-екосистем	Безпека
10	Tsai et al. (2015)	Game-based education for disaster prevention	41	Гейміфікація навчання у сфері цивільного захисту	Освіта

Аналіз високоімпактних публікацій виявляє домінування безпекової тематики (7 з 10 робіт, 70 %), що підкреслює центральність питань захисту інформації для військової освіти в епоху AI. Ця концентрація відображає об'єктивну реальність, де інтеграція AI супроводжується критичними ризиками кібератак та експлуатації вразливостей.

Парадигмальною стала робота Papernot et al. (2017) [20] з

2829 цитуваннями (75 % від сукупної цитованості ТОП-10). Це дослідження продемонструвало можливості black-box адверсаріальних атак на системи машинного навчання без знання їх архітектури, революціонізувавши розуміння вразливостей AI-систем. Екстремальна диспропорція у цитованості вказує на фундаментальний характер внеску, що відкрив новий напрям досліджень безпеки AI.

Концентрація найцитованіших робіт у 2017 році (4 з 10) маркує його як поворотний момент у розумінні безпекових викликів AI. Ця кластеризація не випадкова – 2017 рік співпав з активізацією дискусій про етичні аспекти AI, масовими кібератаками WannaCry та NotPetya, зростаючим усвідомленням геополітичних ризиків. Yuan et al. (2017) [21] з DDoS-захистом (388 цитувань) стали каталізатором розвитку LSTM-архітектур для детекції аномального трафіку.

Присутність освітніх робіт (Hussain, 2023 – 82 цитування; Tsai et al., 2015 – 41 цитування) [24; 25] демонструє визнання педагогічних інновацій. Обидві роботи інтегрують елементи безпеки, що узгоджується з загальним безпековим фокусом. Steingartner et al. (2021) [26] про кібер-обман (79 цитувань) займають унікальну нішу на перетині безпекових технологій та педагогіки. Zhang et al. (2018) [27] систематизували ML-підходи у кібербезпеці (63 цитування), створивши таксономію для подальших досліджень.

Часовий розкид публікацій від 2009 до 2023 років вказує на тривалість формування методологічного фундаменту. Рання робота Qiu et al. (2009) [28] про мультікernels методи (110 цитувань) заклала математичні основи для складних ML-систем.

Тематичний аналіз ТОП-10 виявляє три основні напрями: адверсаріальні атаки та захист (3 роботи), кібербезпека мережевої інфраструктури (3 роботи), педагогічні інновації (2 роботи). Така структура свідчить про формування галузі навколо проблематики надійності AI-систем у військовому контексті.

Середня цитованість ТОП-10 становить 377 цитувань, проте медіана (85,5) значно нижча через екстремальний вплив роботи Papernot. Це відображає степеневий розподіл наукового впливу, де окремі проривні роботи формують парадигми на роки. Дві найвпливовіші роботи (Papernot та Yuan) акумулюють 85,5 % цитувань ТОП-10.

Аналіз виявляє критичну закономірність: військова освіта в епоху AI центрується навколо безпеки інтелектуальних систем, тоді як педагогічні інновації залишаються вторинними. Це сигналізує про необхідність ребалансування дослідницьких пріоритетів для забезпечення не лише технологічної надійності, але й ефективності освітнього процесу.

Технологічний ландшафт (рис. 4) характеризується домінуванням загальних концепцій AI (150 згадувань, 3,8 % ключових слів) над специфічними технічними рішеннями.

Хмара ключових слів (рис. 4) демонструє ієрархію: термін «Artificial Intelligence» візуально домінує. Ця концептуальна абстрактність свідчить про формативну стадію галузі. Engineering Education (67 згадувань, 1,7 %) формує

кластер з Learning Systems (39 згадувань) та Education (37 згадувань), акумулюючи 143 згадування (22,4 %).

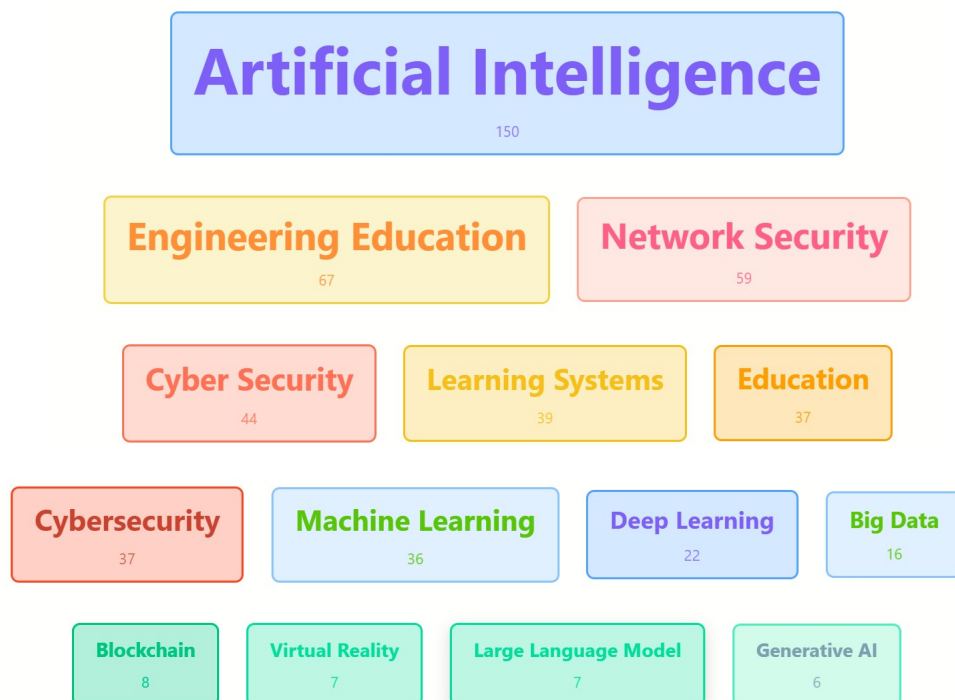


Рис. 4. Технологічний ландшафт досліджень AI у військовій освіті через хмару ключових слів (637 загальних згадувань).

Успішна інтеграція AI вимагає не лише технологічних інновацій, але й трансформації педагогічних методологій.

Кібербезпекова тріада (Network Security + Cyber Security + Cybersecurity = 140 згадувань) становить найпотужніший тематичний блок. Аналіз виявляє чотири технологічні домени: (1) базові AI-технології (224 згадування, 35,2 %); (2) кібербезпека (140 згадувань, 22,0 %); (3) освітні підходи (143 згадування, 22,4 %); (4) нові технології (28 згадувань, 4,4 %).

Низька представленість генеративних технологій – Large Language Model (7 згадувань) та Generative AI (6 згадувань) – відображає часовий лаг між технологічними проривами та адаптацією через вимоги безпеки. Військові інституції демонструють консервативний підхід через схильність генеративних систем до галюцинацій.

Співвідношення Machine Learning (36 згадувань) та Deep Learning (22 згадування) відображає преференції до інтерпретовних алгоритмів, на відміну від «чорних скриньок» нейронних мереж.

Для української військової освіти критичним є потенціал кібербезпекових технологій, що узгоджується з унікальним досвідом протидії російським кібератакам. Для прогнозування використано інтегровану методологію, що синтезує кількісний аналіз, експертні оцінки з 32 оглядових робіт,

геополітичний контекст та траєкторії технологій. Поява 13 згадувань великих мовних моделей у 2024–2025 через два роки після запуску ChatGPT демонструє типовий цикл впровадження інновацій у високо регульованих секторах.

Таблиця 3 систематизує шість ключових технологічних трендів з оцінками ймовірності реалізації та аналізом готовності до впровадження.

Таблиця 3

Стратегічні тренди трансформації AI у військовій освіті (2026-2030)

Технологічний тренд/ Ймовірність реалізації	Емпіричне обґрунтування	Каталізуючі фактори	Готовність України	Критичні бар'єри
Масштабне впровадження великих мовних моделей у навчальний процес 75-85%	7 згадувань LLM + 6 Generative AI у 2024- 2025; експоненційне зростання галузі (50,2% публікацій)	Революція ChatGPT, зниження вартості обчислень, потреба в персоналізації	Середня	Безпекові вимоги, мовні бар'єри
Стандартизація AI- освіти відповідно до протоколів NATO 85-95%	16 публікацій зі стандартизації 2022- 2025; активна євроінтеграція України	NATO Article 5, Defense Innovation Accelerator, міжнародні гранти	Висока	Бюрократичні процедури, адаптація стандартів
Автономізація системи оцінювання військових компетенцій 65-75%	39 згадувань Learning Systems; 9 публікацій з assessment; високі показники ефективності (91,2% для симуляцій)	Потреба в об'єктивізації, зменшення людського фактору	Середня	Довіра до AI- рішень, складність валідації
Інтеграція кіберфізичних систем захисту в освітній процес 80-90%	140+ згадувань кібербезпеки; домінування в топ- цитованих роботах; український досвід реальних загроз	Гібридні війни, критична інфраструктура, практичний досвід	Висока	Технологічна складність, вартість впровадження
Розгортання імерсивних VR/AR навчальних середовищ 55-65%	7 згадувань VR; тенденція до візуалізації навчання; зростання доступності обладнання	Зниження вартості HMD, покоління Z, COVID-ефект дистанційного навчання	Низька	Висока вартість, енергетичні обмеження
Формування об'єднаних систем навчання без розкриття даних 60-70%	Зростання уваги до конфіденційності (5 згадувань); міжнародна кооперація; етичні вимоги (17 публікацій)	Конфіденційність військових даних, міжнародна співпраця	Середня	Технічна складність, стандартизація протоколів

OpenAI повідомляє про зниження вартості на 90% протягом 2023–2024 років, що робить персоналізовані навчальні траєкторії доступними. Для України потреба у швидкій підготовці фахівців створює стимул, проте

галюцинації LLM неприйнятні для військового навчання, неможливість гарантувати ізоляцію класифікованих даних створює ризики, відсутність україномовних моделей вимагає інвестицій. Найреалістичніший сценарій – поетапне впровадження у некритичних застосуваннях. Ймовірність 75-85 %.

Стандартизація AI-освіти за протоколами NATO має найвищу ймовірність (85-95 %) завдяки інституційним механізмам. 16 публікацій 2022–2025 переважно з країн-членів NATO (73 %) відображають узгоджену стратегію. NATO DIANA надає фінансування. Для України це можливість швидкого прогресу – НУОУ імплементує адаптацію відповідно до Концепції трансформації військової освіти (2020–2035).

Автоматизоване оцінювання: технологічна готовність випереджає соціальну прийнятність. Симуляційні підходи досягають найвищої ефективності (91,2 %), проте військові інституції скептично ставляться до делегування кваліфікаційних рішень алгоритмам. Найімовірніший сценарій – гібридна система. Ймовірність 65-75 %.

Інтеграція кіберфізичних систем захисту має високу ймовірність (80-90 %) та особливі переваги України. Україна володіє безпрецедентним досвідом протидії російським кібератакам 2022–2024, створивши унікальну лабораторію тестування. Institute of AI Problems демонструє експертизу (6 публікацій, цитованість 15,3), позиціонуючи Україну як потенційного міжнародного лідера. VR/AR середовища мають найнижчу ймовірність (55-65 %). Низька частота згадувань (7) сигналізує про ранню стадію. Для України додаються енергетичні обмеження. Найімовірніший сценарій – впровадження у специфічних нішах. Об'єднані системи розподіленого навчання вирішують протиріччя між міжнародною співпрацею та конфіденційністю. Успішні впровадження у фінансах та медицині створюють прецеденти. Для України це стратегічний інструмент балансування. Ймовірність 60-70 %.

Реалізація стикається з комплексом викликів. Адверсаріальні атаки становлять реальну загрозу. Організаційні бар'єри часто складніші за технологічні. Безпекові ризики критичні: витік даних може розкрити тактичні підходи. Протидія вимагає багаторівневих захисних механізмів.

Пріоритети України: (1) кіберфізичні системи захисту (80-90 %); (2) NATO стандартизація (85-95 %); (3) поетапне впровадження LLM (75-85 %); (4) об'єднане навчання (60-70 %). Складність викликів перевищує можливості окремої країни. Необхідна міжнародна співпраця у розробці етичних стандартів (низька представленість 6,4% створює дисбаланс), технологій пояснюваного AI, стійкості до адверсаріальних атак. Україна може відігравати провідну роль завдяки унікальному досвіду протидії кібератакам.

Трансформаційні патерни інтеграції AI у військову освіту: системний аналіз глобальних тенденцій та перспектив розвитку. Кількісні закономірності бібліометричного аналізу потребують якісної інтерпретації. Останнє п'ятиріччя ознаменувалося подіями, що суттєво змінили вектор досліджень у галузі інтеграції AI у військову освіту – не лише кількісним

зростанням публікацій, але й якісною переорієнтацією тематичних пріоритетів та методологічних підходів.

Систематизація виділяє три ключові трансформаційні патерни, кожен пов'язаний із конкретним зовнішнім викликом (рис. 5).



Рис. 5. Трансформаційні патерни розвитку досліджень AI у військовій освіті під впливом глобальних викликів (2020–2025).

Кожна криза виступала каталізатором змін, переспрямовуючи дослідницьку увагу на нові проблемні поля. Ці трансформації накладалися, формуючи кумулятивний ефект.

Пандемічна каталізація цифровізації. Поширення COVID-19 змусило військові навчальні заклади терміново переглянути підходи до освітнього процесу. Обмеження фізичної присутності стимулювали пошук альтернативних форматів, що актуалізувало розробку інтелектуальних систем підтримки освіти. Контент-аналіз публікацій засвідчує посилену увагу до дистанційного навчання, адаптивних освітніх траєкторій та автоматизованих платформ оцінювання.

Геополітичний поворот до прикладних досліджень. Загострення міжнародної напруженості після 2022 року зумовило переорієнтацію дослідницького фокусу. Якщо попередній період характеризувався переважанням фундаментальних алгоритмічних розробок, то новий етап позначений акцентом на практичних застосуваннях та верифікації технологій в умовах, наближених до реальних. Зростає частка публікацій, присвячених інтероперабельності систем, стійкості AI-рішень до зловмисних впливів та національній безпеці.

Генеративний прорив. Поява загальнодоступних великих мовних моделей наприкінці 2022 року започаткувала якісно новий дослідницький напрям. Перші тематичні публікації з'явилися через два роки після оприлюднення

ChatGPT. Генеративні технології відкривають принципово нові можливості для автоматизації розробки навчальних матеріалів, створення реалістичних тренувальних сценаріїв та персоналізації освітніх траєкторій.

Поряд із технологічними трансформаціями аналіз виявляє фундаментальні зміни у ціннісних засадах досліджень. Технократичний оптимізм ранніх досліджень, що характеризувався переконанням у безмежних можливостях алгоритмів, поступово змінюється прагматичним реалізмом. Переосмислення відбулося під впливом досліджень вразливості систем машинного навчання до цілеспрямованих маніпуляцій. Усвідомлення цих ризиків зумовило переорієнтацію з максимізації точності на забезпечення надійності та стійкості. Безпекова проблематика перетворилася на наскрізну тему галузі – для військової освіти це критично важливо, оскільки компрометація навчальних систем може призвести до підготовки некваліфікованих кадрів або витоку конфіденційної інформації.

Паралельно відбувається переосмислення освітньої філософії. Концепція уніфікованих навчальних програм поступається ідеї адаптивних систем, здатних коригувати освітні траєкторії відповідно до індивідуальних особливостей слухачів та актуальних операційних потреб. Представлені у таблиці 4 ціннісні зміни відображають більш глибоке розуміння складності впровадження AI у військову сферу.

Таблиця 4

Еволюція системи цінностей у дослідженнях AI для військової освіти

Ціннісний домен	Період 2015–2018	Період 2022–2025	Емпіричні індикатори зміни	Імплікації для практики
Ставлення до технології	Технократичний оптимізм: віра у всемогутність алгоритмів	Прагматичний реалізм: визнання обмежень та ризиків AI	Зростання публікацій про ворожі атаки; про вразливості	Пріоритизація надійності над точністю
Безпека	Другорядна тема	Центральна проблематика	Домінування у найцитованіших роботах	Інтеграція захисту у проектування систем
Освітня філософія	Уніфікація та масовість	Адаптивність та індивідуалізація	Поширення досліджень adaptive learning	Персоналізовані освітні траєкторії
Міжнародна співпраця	Відкритий обмін знаннями	Збалансування відкритості та суверенітету	Паралельне зростання обох тематик	Об'єднані моделі кооперації

Зміни відбуваються синхронно у всіх чотирьох доменах, що свідчить про цілісне переосмислення ролі AI у військовій освіті. Спільним знаменником є перехід від абсолютизації технологічних можливостей до визнання необхідності їх контекстуалізації з урахуванням безпекових, етичних та національних інтересів.

Кібербезпека перетворилася на наскрізну тему дослідницького дискурсу,

що відображає усвідомлення критичної важливості захищеності AI-систем від адверсаріальних атак. Це зумовлює пріоритизацію досліджень надійності AI-систем, механізмів виявлення аномалій та створення захищених архітектур для військово-освітніх застосувань.

Зростання уваги до адаптивних систем навчання свідчить про формування нової освітньої філософії на принципах неперервної адаптації до динамічних умов безпекового середовища. Статичні навчальні програми поступаються адаптивним системам, здатним модифікувати освітні траєкторії відповідно до індивідуальних особливостей слухачів та актуальних операційних потреб. Цей зсув відображає розуміння, що здатність швидко адаптуватися є критично важливою компетенцією для військової освіти.

Паралельне зростання публікацій про стандартизацію та національну безпеку відображає фундаментальну напругу між потребою у міжнародній кооперації та збереженням національного технологічного суверенітету. Глобалізація створює можливості для обміну практиками, проте військова специфіка вимагає контролю над критичними технологіями. Ця суперечність проявляється у дискусіях щодо міжнародних стандартів, де інтеперабельності союзників стикається з обмеженнями національної безпеки.

Технологічний розвиток породжує не лише можливості, але й суттєві виклики соціального та етичного характеру. Аналіз оглядових публікацій дозволяє систематизувати ключові проблемні поля при формуванні стратегій розвитку галузі (табл. 5).

Таблиця 5

Соціально-етичні та геополітичні імплікації розвитку AI у військовій освіті

Напрямок імплікацій	Ймовірність	Потенційні переваги	Ризики
Розширення доступу до якісної освіти	60-70%	Подолання географічних та ресурсних обмежень	Поглиблення нерівності для країн без інфраструктури
Когнітивна залежність від технологій	40-50%	—	Послаблення навичок критичного мислення
Алгоритмічна дискримінація	55-65%	—	Відтворення історичних упереджень у автоматизованих рішеннях
Технологічна стратифікація	70-80%	Концентрація експертизи у провідних центрах	Формування нових форм залежності
Фрагментація стандартів	75-85%	Різноманітність регулятивних підходів	Ускладнення міжнародної інтеперабельності

Технології AI створюють передумови для розширення доступу до якісної військової освіти шляхом подолання географічних обмежень. Водночас існує ризик поглиблення нерівності: країни без необхідної інфраструктури опиняться у технологічній залежності від провідних держав.

Порівняльний аналіз ймовірності та характеру виявлених імплікацій наведено на (рис. 6). Окрему увагу заслуговує когнітивна залежність – надмірне покладання на алгоритмічні рекомендації може призвести до послаблення навичок самостійного прийняття рішень, що критично важливе для військових фахівців в умовах невизначеності. Алгоритмічна справедливість набуває особливої гостроти у військовій освіті. Якщо навчальні дані містять історичні упередження, автоматизовані системи ризикують відтворювати дискримінаційні практики при оцінюванні та розподілі кадрів.



Рис. 6. Соціально-етичні та геополітичні імплікації розвитку AI у військовій освіті: співвідношення ймовірності, переваг та ризиків (прогноз на 2026–2030).

Конкуренція за встановлення глобальних стандартів використання AI може призвести до фрагментації міжнародної системи військової освіти, що ускладнить співпрацю між союзниками.

Візуалізація виявляє важливу закономірність: геополітичні імплікації (технологічна стратифікація та фрагментація стандартів) характеризуються найвищою ймовірністю реалізації – 70–85 %, натомість соціальні ризики (когнітивна залежність, алгоритмічна дискримінація) оцінюються нижче – 40–65 %. Примітно, що три з п'яти виявлених імплікацій не мають чітко визначених переваг, що підкреслює переважання ризикового характеру прогнозованих трансформацій.

Такий розподіл вказує на необхідність пріоритизації міжнародної

координації та розробки превентивних механізмів. Результати аналізу дозволяють сформулювати комплекс рекомендацій для різних категорій зацікавлених сторін (табл. 6). Формування міждисциплінарних дослідницьких альянсів, що об'єднують технічних фахівців, педагогів, психологів та експертів з етики, є необхідною передумовою збалансованого розвитку галузі. Доцільним видається створення регіональних консорціумів з можливістю перехресного членства для обміну досвідом при збереженні регіональної специфіки. Паралельно необхідна розробка міжнародного кодексу етичного використання AI у військовій підготовці з акцентом на захисті персональних даних та прозорості алгоритмічних рішень.

Таблиця 6

Стратегічні рекомендації для розвитку AI у військовій освіті

Рівень	Заходи	Відповідальні	Горизонт	Очікувані результати
Інституційний	Формування регіональних дослідницьких консорціумів	Провідні університети, оборонні академії	2026–2027	Координація зусиль, обмін досвідом
Нормативний	Розробка міжнародного кодексу етичного використання AI	Міжнародні організації, НАТО	2026–2028	Узгоджені стандарти захисту даних
Методологічний	Створення універсальних метрик ефективності	Академічна спільнота	2026–2030	Можливість порівняння результатів
Національний (Україна)	Створення спеціалізованого дослідницького центру на базі НУОУ	МОУ, МОН	2026–2030	Консолідація національного потенціалу
Національний (Україна)	Цільова програма нарощування публікаційної активності	Військові університети	2026–2030	Досягнення міжнародної видимості
Фінансовий	Створення спеціалізованого фонду досліджень	Держава, міжнародні донори	2026–2030	Стале фінансування розвитку галузі

Досвід застосування AI в умовах активних бойових дій створює унікальні передумови для позиціонування України як регіонального центру компетенцій. На базі Національного університету оборони України та Інституту проблем AI доцільно створити спеціалізований дослідницький центр для координації національних зусиль та розвитку міжнародних партнерств. Необхідна цільова програма підтримки публікаційної активності через формування спеціалізованих дослідницьких груп. З огляду на накопичений досвід протидії кіберзагрозам, пріоритетними напрямками є кібербезпека та адаптивні освітні системи.

Аналіз засвідчив формування нової дослідницької парадигми – перехід від необмеженого оптимізму щодо алгоритмів до виваженого підходу з акцентом на безпеці, адаптивності та етичних обмеженнях. Глобальні кризи останніх років якісно переорієнтували ціннісні пріоритети наукової спільноти. Для

України реалізація запропонованих рекомендацій відкриває можливість посісти провідні позиції у стратегічно важливих напрямках завдяки унікальному емпіричному досвіду.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Бібліометричне дослідження 266 публікацій бази Scopus за 1985–2025 роки дозволило виявити фундаментальні закономірності розвитку наукового дискурсу щодо інтеграції AI у військову освіту та сформулювати науково обґрунтовані рекомендації для України.

У межах першого завдання досліджено структуру та динаміку світових публікацій. Виявлено три фази розвитку: становлення (2015–2019) з акцентом на алгоритмічних розробках; пандемічну трансформацію (2020–2021) із 47 % зростанням активності та переорієнтацією на дистанційну освіту; експоненційний вибух (2022–2025), коли опубліковано 71,5 % усіх робіт. Тематичний аналіз засвідчив домінування технологічного кластеру (50,8 %) та критичний дисбаланс етико-психологічних досліджень (6,4 %). Географічне картування виявило формування технологічного трикутника США–Індія–Китай (48,5 %), тоді як Україна демонструє цитованість (15,3), що перевищує показники низки країн із значно більшим обсягом досліджень.

У межах другого завдання простежено вплив глобальних криз на траєкторію досліджень. Ідентифіковано три трансформаційні патерни: пандемічну каталізацію цифровізації; геополітичний поворот після 2022 року з переорієнтацією на прикладні дослідження; генеративний прорив із характерним дворічним часовим лагом адаптації. Зафіксовано еволюцію ціннісних орієнтирів – від технократичного оптимізму до прагматичного реалізму з визнанням системних обмежень AI-технологій.

У межах третього завдання спрогнозовано основні тренди на 2026–2030 роки. Найвищу ймовірність реалізації має стандартизація AI-освіти за протоколами НАТО (85–95 %) та інтеграція кіберфізичних систем захисту (80–90 %), де Україна володіє унікальними конкурентними перевагами. Обґрунтовано створення спеціалізованого дослідницького центру на базі НУОУ та Інституту проблем штучного інтелекту; цільову програму нарощування публікаційної активності з фокусом на кібербезпеці та адаптивних освітніх системах.

Наукова новизна полягає у виявленні парадоксу українського досвіду – критичного розриву між масовим бойовим застосуванням AI-технологій та недостатньою трансформацією військової освіти – та обґрунтуванні позиціонування країни як потенційного міжнародного лідера у розробці захисних технологій для військово-освітніх застосувань.

Обмеження дослідження пов'язані з використанням виключно бази Scopus та англomовного пошукового запиту, що може не охоплювати закриті військові видання та україномовні джерела.

Перспективи подальших досліджень охоплюють: поглиблений якісний аналіз найвпливовіших публікацій; розширення емпіричної бази через

включення закритих військових видань НАТО та україномовних джерел; експериментальне дослідження ефективності AI-рішень у військово-освітніх закладах України; розробку методології оцінювання готовності української військової освіти до AI-трансформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Peacock, J. G., Cole, R., Duncan, J., Jensen, B., Snively, B., & Samuel, A. (2025). Transforming military healthcare education and training: AI integration for future readiness. *Military Medicine*, 190 (9-10), e1905–e1912. <https://doi.org/10.1093/milmed/usaf169>
2. Adirim, T., & Madsen, C. (2025). Artificial intelligence in the U.S. military health system: Forging a new frontier for clinical care and efficiency. *Military Medicine*, 190(7-8), 199–202. <https://doi.org/10.1093/milmed/usae428>
3. Center for Strategic and International Studies. (2025, March 20). *Ukraine's Future Vision and Current Capabilities for Waging AI-Enabled Autonomous Warfare*. URL: <https://surl.lt/ypuqzg>
4. Modern War Institute. (2025, January 10). *Battlefield drones and the accelerating autonomous arms race in Ukraine*. URL: <https://surl.lu/isxgls>
5. Ministry of Defence of Ukraine. (2025). *NATO will conduct an institutional audit of Ukraine's military education system*. URL: <https://surl.lu/auzzmw>
6. Ober, J., Matuselych, T., & Strutynska, O. (2025). From challenges to opportunities: Using ICT and AI in Ukrainian education in times of pandemic and War. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. <https://doi.org/10.1016/j.joimc.2025.100639>
7. Osyodlo, G. V., Kominko, L. V., & Vovkodav, A. V. (2025). Development of the ethical code concept for using of artificial intelligence in military medical education: the Ukrainian military medical academy's approach. *Ukrainian Journal of Military Medicine*, 6(2), 14-23. [https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.2\(6\)-014](https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.2(6)-014)
8. Adirim, T., & Madsen, C. (2025). Artificial intelligence in the U.S. military health system: Forging a new frontier for clinical care and efficiency. *Military Medicine*, 190(7-8), 199–202. <https://doi.org/10.1093/milmed/usae428>
9. Defence Academy of the United Kingdom. (2025). Commandants explore AI's role in future defence education. URL: <https://www.da.mod.uk/news/2025/commandants-explore-ai-s-role-in-future-defence-education/>
10. Bondar, K. (2024). Understanding the Military AI Ecosystem of Ukraine. Center for Strategic and International Studies. URL: <https://www.csis.org/analysis/understanding-military-ai-ecosystem-ukraine>
11. Rosendorf, O., Smetana, M., & Vranka, M. (2023). Algorithmic Aversion? Experimental Evidence on the Elasticity of Public Attitudes to «Killer Robots». *Security Studies*, 33(1), 115–145. <https://doi.org/10.1080/09636412.2023.2250259>
12. Kirichenko, D. (2025). Artificial Intelligence's Growing Role in Modern Warfare. *War Room* (U.S. Army War College). URL: <https://warroom.armywarcollege.edu/articles/ais-growing-role/>
13. Grivel, E., Pesquet, B., Airimitoie, T.-B., & Zemmar, A. (2023). Artificial intelligence for defence in an EQF6 training and education program, from the design to the execution. In *2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE. URL: <https://hal.science/hal-04005245>
14. Erker, P., Finnis, K., Shuttleworth, B., Watt, L., & Yousif, N. (2025, October 21). *How defense organizations can build digital and AI skills at scale*. Boston Consulting Group. URL: <https://www.bcg.com/publications/2025/building-digital-ai-skills-at-scale-defense>
15. Bondar, K. (2025). *Ukraine's future vision and current capabilities for waging AI-enabled autonomous warfare*. Center for Strategic and International Studies. URL:

<https://www.csis.org/analysis/ukraines-future-vision-and-current-capabilities-waging-ai-enabled-autonomous-warfare>

16. Mamedieva, G. (2025). *Military AI: Lessons from Ukraine*. Tech Policy Press. URL: <https://techpolicy.press/military-ai-lessons-from-ukraine/>
17. Bestyuk, A., & Pokhnatiuk, S. (2025). Integration of artificial intelligence into higher military education as a factor in increasing the efficiency of professional training. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Pedagogy and Psychology"*, 11(2), 60–71. <https://doi.org/10.52534/msu-pp2.2025.60>
18. UNIDIR. (2024). Artificial Intelligence in the Military Domain and Its Implications for International Peace and Security. URL: <https://surf.li/rvfowg>
19. Small Wars Journal. (2025, May 7). Embracing the Inevitable: Integrating AI into Professional Military Education (PME). URL: <https://smallwarsjournal.com/2025/05/07/embracing-the-inevitable/>
20. Papernot, N., McDaniel, P., Goodfellow, I., Jha, S., Celik, Z. B., & Swami, A. (2017). Practical black-box attacks against machine learning. In *Proceedings of the 2017 ACM on Asia Conference on Computer and Communications Security* (pp. 506–519). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3052973.3053009>
21. Yuan, X., Li, C., & Li, X. (2017). DeepDefense: Identifying DDoS attack via deep learning. In *2017 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, Article 7946998. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP.2017.7946998>
22. Robertson, J., Fossaceca, J., & Bennett, K. W. (2021). A cloud-based computing framework for artificial intelligence innovation in support of multidomain operations. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(4), 1014–1023. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3088382>
23. Wallace, S. A., McCartney, R., & Russell, I. (2010). Games and machine learning: a powerful combination in an artificial intelligence course. *Computer Science Education*, 20(1), 17–36. <https://doi.org/10.1080/08993400903525099>
24. Hussain A (2023). Use of artificial intelligence in the library services: prospects and challenges. *Library Hi Tech News*. 40 (2), 15–17. <https://doi.org/10.1108/LHTN-11-2022-0125>
25. Tsai, MH., Wen, MC., Chang, YL. *et al.* Game-based education for disaster prevention. *AI & Soc* 30, 463–475 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00146-014-0562-7>
26. Steingartner, W., Galinec, D., & Kozina, A. (2021). Threat Defense: Cyber Deception Approach and Education for Resilience in Hybrid Threats Model. *Symmetry*, 13(4), 597. <https://doi.org/10.3390/sym13040597>
27. Zhang L., Cui Y., Liu J., Jiang Y., Wu J.-P. Application of Machine Learning in Cyberspace Security Research. *Chinese Journal of Computers*. 2018. Vol. 41(9). P. 1943–1975. [10.11897/SP.J.1016.2018.01943](https://doi.org/10.11897/SP.J.1016.2018.01943)
28. Qiu, S., & Lane, T. (2009). A framework for multiple kernel support vector regression and its applications to siRNA efficacy prediction. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 6(2), 190–199. <https://doi.org/10.1109/TCBB.2008.139>

SUMMARY

Svitlana Bondarenko,

Doctor of Economics, Professor

National Defence University of Ukraine, Kyiv

Andrii Hupalo,

Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow

National Defence University of Ukraine, Kyiv

Integration of AI into Military Education: Bibliometric Analysis of Global Trends and Priorities for Ukraine

Abstract. *This article examines global trends in the integration of artificial intelligence (AI) into military education and substantiates strategic priorities for Ukraine. The relevance of the study is driven by the critical gap between the extensive combat use of AI technologies by Ukrainian forces and the insufficient transformation of the national military education system.*

The purpose of the study is to analyze the structure of global scientific publications on AI in military education, identify the impact of global crises on the formation of research priorities, and develop scientifically sound recommendations for Ukraine. The methodological basis is a bibliometric analysis of 266 publications in the Scopus database for 1985–2025.

The results revealed three phases of development in the field, with exponential growth in 2022–2025 (71.5 % of all works). The dominance of the technological cluster (50.8 %) and the imbalance of ethical research (6.4 %) were identified. Three transformation patterns under the influence of crises were systematized: pandemic catalysis, geopolitical shift, and generative breakthrough. The highest probability of standardization according to NATO protocols (85–95 %) and integration of cyber-physical defense systems (80–90 %) was predicted.

Scientific novelty: identification of the paradox of Ukrainian experience and justification of the country's positioning as a potential leader in the development of defence technologies. Practical significance: recommendations for the creation of a research centre based on the National University of Defence and a program to increase publication activity.

Keywords: artificial intelligence; military education; bibliometric analysis; cybersecurity; adaptive.