

УДК 378.61.004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2024-1-4>

## ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК СКЛАДОВА ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ

**Матвієнко Микола Миколайович,**

аспірант кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця

ORCID: 0009-0004-5888-2584

У статті обґрунтовано необхідність інтеграції технологій штучного інтелекту в процес підготовки фахівців галузі охорони здоров'я в закладах вищої медичної освіти. Відзначено недостатню залученість технологій штучного інтелекту до навчальних програм медичних університетів, що засвідчує необхідність всебічного вивчення цієї проблеми з метою створення підґрунтя для ефективного впровадження інструментів штучного інтелекту у навчальний процес медичних ЗВО.

Виокремлено технології штучного інтелекту, знання яких підвищать рівень не лише цифрової, а й фахової компетентності здобувачів ЗВО, сприятиме набуттю ними професійних навичок, оскільки скероване на готовність до роботи з новітніми технологіями в медицині. Проаналізовано дидактичний потенціал технологій віртуальної і доповненої реальності, систем прийняття клінічних рішень, програм молекулярної візуалізації, імітаційних хірургічних навчальних платформ, інструментів прогнозування взаємодії ліків на основі штучного інтелекту, платформ аналізу клінічних даних, ChatGPT тощо.

Названо ключові чинники, які зумовлюють формування цифрової компетентності майбутніх лікарів з використанням технологій штучного інтелекту.

Продемонстровано трансформаційний потенціал окремих технологій штучного інтелекту для розвитку цифрової компетентності студентів-медиків. Закцентовано увагу на важливості комплексного підходу до розроблення та запровадження вибіркового курсів зі штучного інтелекту, вивчення яких систематизуватиме і удосконалюватиме знання, отримані здобувачами при опануванні дисциплін основного циклу, і водночас сприятиме набуттю специфічних знань, що відповідають потребам часу.

Стаття має на меті надати корисну інформацію для викладачів та студентів, пов'язану із застосуванням технологій штучного інтелекту в медичній освіті.

**Ключові слова:** штучний інтелект, медична освіта, цифрова компетентність, охорона здоров'я, результати навчання, педагогічні підходи, інтерактивне навчання, технологічні інновації.

### **Matviienko Mykola. Artificial intelligence technologies as a component of digital competence of future doctors**

The article substantiates the need for the integration of artificial intelligence technologies in the process of training specialists in the field of health care in institutions of higher medical education. The insufficient involvement of artificial intelligence technologies in the educational programs of medical universities was noted, which proves the need for a comprehensive study of this problem to create a basis for the effective introduction of artificial intelligence tools into the educational process of medical higher education institutions.

Artificial intelligence technologies are singled out, the knowledge of which will increase the level of not only digital, but also professional competence of higher education graduates, will contribute to their acquisition of professional skills, as it is aimed at readiness to work with the latest technologies in medicine. The didactic potential of virtual and augmented reality technologies, clinical decision-making systems, molecular imaging programs, simulated surgical training platforms, artificial intelligence-based drug interaction prediction tools, clinical data analysis platforms, ChatGPT, etc. was analyzed.

The key factors that determine the formation of digital competence of future doctors using artificial intelligence technologies are named.

The transformative potential of certain artificial intelligence technologies for the development of digital competence of medical students has been demonstrated. Attention is focused on the importance of a comprehensive approach to the development and implementation of elective courses on artificial intelligence, the study of which will systematize and improve the knowledge acquired by students when mastering the disciplines of the main cycle, and at the same time will contribute to the acquisition of specific knowledge that meets the needs of the time.

The article aims to provide useful information for teachers and students related to the use of artificial intelligence technologies in medical education.

**Key words:** artificial intelligence, medical education, digital competence, health care, learning outcomes, pedagogical approaches, interactive learning, technological innovations.

**Обґрунтування актуальності проблеми.** Відкритий доступ до величезних обсягів даних спричинив посилений інтерес широкого кола користувачів до ChatGPT, згенерувавши тим самим нову, безпрецедентну хвилю інтересу до технологій штучного інтелекту (ШІ). Дослідження можливостей застосування ШІ у різних галузях науки, соціального життя, освіти, побуту зумовлює зміни у різних сферах: соціальній, освітній, науковій, професійній. Відчутними ці зміни є й у медицині та в медичній освіті. На сьогодні штучний інтелект став невід'ємною частиною низки медичних установ по всьому світу [2,3]. У грудні 2020 року Кабмін затвердив [11] концепцію розвитку штучного інтелекту до 2030 року. Пріоритетними напрямками застосування ШІ окреслено 9 галузей: наука, кібербезпека, інформаційна безпека, оборона, економіка, публічне управління, правове регулювання та правосуддя. Як бачимо, галузь охорони здоров'я не була віднесена до пріоритетних. Однак війна внесла свої корективи і показала ефективність застосування ШІ у сфері практичної медицини, насамперед військової. Цьогоріч в Одесі було реалізовано пілотний проєкт із використання штучного інтелекту «BrainScan». Як інформує пресслужба Мінздрав'я [12], нейромережа аналізує зображення комп'ютерної томографії головного мозку в автоматичному режимі та виявляє патологічні зміни. Упродовж 5 хвилин після обробки знімка програмою лікар може ухвалити рішення про подальше лікування, що економить час для швидкого прийняття рішень в екстремальних ситуаціях війни і порятунку людей.

В умовах війни штучний інтелект використовують також для забезпечення логістики, спостереження та розвідки, у процесі командування та управління, розв'язання різних гуманітарних питань. Штучний інтелект допомагає отримувати необхідні розвіддані з радіомовлення ворога та його ідентифікації, геолокацію та класифікатори зброї.

Наведені аргументи свідчать, що здобувачів вищої медичної освіти потрібно готувати до роботи технологіями штучного інтелекту, навчати оцінювати перспективи, ризики й загрози при використанні в професійній (і не тільки) діяльності. Навчання основ ШІ та впровадження інструментів на основі штучного інтелекту в медичну освіту [4,5] є актуальною проблемою сьогодення, а підвищення рівня обізнаності викладачів і студентів про можливості інструментів штучного інтелекту є обов'язковими для формування фахової компетентності майбутніх лікарів.

На актуальність впровадження штучного інтелекту в освітньому просторі, зокрема в медичній

освіті, його вплив на навчальний процес та майбутніх медиків все частіше звертають увагу науковці (Т.В. Процак, В.В. Кривецький, Д.В. Проняєв, М.М. Ясінський, О.С. Забродська) [13], так і зарубіжні автори (Nagi F, Salih R, Alzubaidi M, Shah H та ін) [14].

Зважаючи на зростання ролі цифрових технологій та технологій штучного інтелекту для підвищення точності діагностики, оптимізації протоколів лікування та, зрештою, покращення результатів медичного обслуговування, використання технологій штучного інтелекту (ШІ) у фаховій підготовці майбутніх лікарів для формування їх цифрової компетентності є нагальною вимогою часу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Швидкий розвиток технологій штучного інтелекту пов'язаний з розробкою складних алгоритмів, доступних графічних процесорів і великих анованих баз даних [1]. Однак варто зазначити, що, незважаючи на активний розвиток технології ШІ в США, країнах ЄС, Китаї та Індії, в Україні наразі його використовують лише в окремих галузях. Улітку 2023 року на замовлення «Дзеркала тижня» Центр Разумкова провів опитування [10] про обізнаність і використання штучного інтелекту. Як виявилось, лише 42% респондентів «приблизно уявляє», що таке штучний інтелект, натомість 33,9% не знають, що це. 24% опитуваних обізнані з технологією. 8,6% використовують чат-бот GPT в роботі, 64% не користуються ним, 9% не знають, що це. Загалом чатом користуються люди від 18 до 39 років в ознайомчих або приватних цілях, а не як інструмент для виконання завдань. За даними того ж опитування, 5,6% українців використовують штучний інтелект для навчання.

Водночас слід зауважити, що системних наукових досліджень щодо застосовування доступних інструментів ШІ у медицині та вищій медичній освіті не так і багато [3]. Надзвичайно мало досліджень методичного та методологічного спрямування, праць, які б розкривали сутність технологій ШІ на доступному для користувача рівні, можливості використання на навчальних заняттях тощо [3,6]. На часі проведення досліджень, які б обґрунтували з позицій дидактичної доцільності які саме з наявних продуктів варто використовувати в навчальному процесі і в якому форматі: як об'єкт дослідження чи як засіб; в рамках нормативної чи вибіркової дисципліни; на профільних чи непрофільних дисциплінах тощо.

**Мета дослідження.** Проаналізувати наявні різновиди штучного інтелекту як цифрової технології з метою їх подальшого застосування в

освітньому процесі для формування цифрової компетентності майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я.

**Методи дослідження:** *теоретичні:* вивчення та аналіз інформаційних джерел; класифікація, систематизація та узагальнення отриманої інформації щодо можливостей застосування штучного інтелекту у професійній діяльності майбутнього лікаря; *емпіричні:* спостереження за навчальним процесом, оцінювання одержаних висновків та їх обґрунтування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Проаналізуємо дидактичний потенціал наявних на сьогодні технологій штучного інтелекту та серед широкого їх спектру виокремимо ті, які, на нашу думку, сприятимуть формуванню як цифрової, так і фахової компетентності у здобувачів вищої медичної освіти.

**Технологія віртуальної і доповненої реальності (VR, AR).** Впровадження таких технологій може допомогти студентам у вивченні анатомії людини, оскільки дає змогу взаємодіяти з віртуальними анатомічними структурами, препарувати віртуальні трупи та візуалізувати складні анатомічні зв'язки в трьох вимірах [16, 17]. Однією з реалізацій такої технології є віртуальні анатомічні лабораторії, що віддзеркалюють технологічний прогрес, надаючи студентам можливість вивчення анатомії людини в цифровому форматі. Серед відомих продуктів у цій сфері є Complete Anatomy від 3D4Medical. Це програмне забезпечення використовує передову технологію 3D-моделювання для створення детальних анатомічних структур у поєднанні з інтерактивними інструментами розтину, тестами та екскурсіями. Використання методів тривимірної візуалізації за допомогою програми Complete Anatomy дозволяє студентам досліджувати анатомічну структуру людського організму [18].

Удосконалена штучним інтелектом **система підтримки прийняття клінічних рішень (Clinical Decision Support System)** наразі використовується в різних сферах [19].

У закладах вищої медичної освіти доцільно використовувати цю технологію у практиці клінічних міркувань та диференціальної діагностики. Система аналізує симптоми пацієнта, історію хвороби та результати діагностичних тестів, щоб створити ранжовані списки можливих діагнозів.

Продукти такої технології використовують алгоритми машинного навчання для аналізу симптомів пацієнтів і медичних зображень. Вони використовують методи розпізнавання образів і ймовірнісного моделювання для створення диференціальних діагнозів на основі клінічних даних.

Інкорпоруючи діагностичну підтримку на основі штучного інтелекту, студент розвиває навички клінічного мислення та формує компетентності, необхідні для точної діагностики та лікування [20].

**Програми молекулярної візуалізації.** Завдяки інтеграції технологій штучного інтелекту студенти тепер можуть заглибитися в складність молекулярної біології та відкриття ліків, покращуючи своє розуміння життєво важливих концепцій у цій галузі.

Однією з таких технологій є UCSF ChimeraX – розширена програма молекулярної візуалізації, розроблена Ресурсом біообчислень, візуалізації та інформатики (RBVI) Каліфорнійського університету в Сан-Франциско (UCSF). ChimeraX дає змогу візуалізувати біомолекулярні структури, допомагаючи зрозуміти взаємодію ліків, механізми захворювання тощо. Завдяки інтерактивним функціям та інтеграції з освітніми ресурсами ChimeraX підтримує практичне навчання та дослідницькі проекти з молекулярної біології, біохімії та відкриття ліків, покращуючи розуміння студентами складних концепцій [21].

**Імітаційні хірургічні навчальні платформи** використовують технології моделювання та алгоритми машинного навчання, щоб надати студентам реалістичні хірургічні симуляції. Студенти можуть практикувати хірургічні процедури, удосконалювати свої рухові навички та вивчати хірургічні методи в симульованому середовищі перед виконанням процедур на реальних пацієнтах [22]. Таким чином відбувається взаємодія з реалістичними анатомічними структурами, включаючи органи, тканини та судини. Відтворюючи тактильний зворотний зв'язок і візуальні підказки, які виникають під час реальних операцій, студенти також мають змогу регулювати рівень складності, вибирати конкретні процедури або патології та повторювати моделювання, якщо це необхідно, щоб освоїти хірургічні методи [23].

Одним із технологічних досягнень, яке може забезпечити персоналізований досвід навчання у вищому медичному закладі освіти, є інструменти **прогнозування взаємодії ліків** на основі штучного інтелекту. Ці інструменти можуть пристосовуватися до навчальних потреб і вподобань студентів на основі аналізу їхньої взаємодії та продуктивності. Надаючи навчальний контент і рекомендації, спрямовані на індивідуальні прогалини в знаннях, ці інструменти роблять значний внесок у створення такого персоналізованого досвіду навчання, який мотивує залучення студентів і забезпечує успішне засвоєння складних фармакологічних концепцій [24].

Прогнозування протипоказань до певних компонентів лікарських препаратів за допомогою штучного інтелекту створює нову сферу досліджень та інновацій у фармакології, а також у розробці ліків. Студенти-медики матимуть можливість співпрацювати з дослідниками та практиками в масштабних дослідженнях великих баз даних охорони здоров'я, розкривати унікальні взаємодії лікарських засобів та створювати прогностичні моделі для більш просунутої клінічної практики [25].

Платформи *аналізу клінічних даних* на основі штучного інтелекту надають студентам-медикам можливість брати участь в аналізі та дослідженні даних у сфері охорони здоров'я. Ці платформи пропонують практичний досвід, що дозволяє студентам досліджувати реальні набори даних із галузі медицини. Використовуючи передові алгоритми штучного інтелекту, студенти можуть виявляти закономірності, тенденції та ідеї в цих наборах даних, покращуючи своє розуміння динаміки захворювань [26].

Ці платформи також дають змогу студентам персоналізувати плани лікування для пацієнтів, прогнозуючи індивідуальні ризики та відповідним чином адаптуючи втручання. Завдяки інтерактивному навчанню студенти можуть вдосконалити свої навички догляду за пацієнтами.

І звісно ж, не можемо обійти стороною *чат-боти* – системи штучного інтелекту, запрограмовані на розуміння, обробку та відповідь на людські запити щодо конкретних вхідних даних шляхом отримання інформації з інтернет-баз даних і генерування людської мови за допомогою їхньої передової моделі обробки природної мови (NLP) [7]. Оскільки більшість студентів-медиків мають смартфон або планшет, системи чат-ботів можна легко розгорнути як вебзастосунок для допомоги в навчанні. Чат-боти привернули значну увагу завдяки своїй здатності генерувати текст, схожий на авторський, і залучати користувачів до інтерактивної розмови [8]. У контексті медичної освіти чат-боти можуть ефективно автоматизувати трудомісткі завдання, такі як узагальнення та оцінка досліджень і медичної літератури [9]. Чат-боти в основному використовуються як віртуальні помічники вчителів, щоб відповідати на запити учнів і пропонувати ресурси. Вони можуть слугувати доклінічними інтерактивними викладачами та асистентами у відділенні в клінічних умовах, щоб допомогти студентам зрозуміти складні клінічні сценарії та допомогти у розвитку навичок прийняття рішень [7]. Основні переваги використання чат-ботів включають інтеграцію контенту,

швидкий доступ, можливість кількох користувачів і негайну допомогу [9]. Незважаючи на це, доступні на даний момент чат-боти потенційно можуть створювати фальшиві посилання, феномен, який описується як «галюцинація» [7]. Тому студенти не повинні повністю покладатися на чат-ботів, а використовувати їх лише як допоміжні інструменти. Програмування майбутніх чат-ботів спеціально для медичної освіти має базуватися на науково-обґрунтованих ресурсах, які відповідають стандартам медичної науки та етичним цінностям [7]. Окремо варто зазначити ті реальні та потенційні загрози, які спричиняє повсюдне використання чат-ботів у контексті кібербезпеки, дотримання правил академічної доброчесності, етичного кодексу та цифрової гігієни.

Як засвідчують результати проведеного нами аналітичного дослідження, використання технологій штучного інтелекту як складника цифрової компетентності майбутніх лікарів визначається такими ключовими чинниками:

1. Швидкі зміни в медичній практиці завдяки впровадженню новітніх технологій та наукових відкриттів.

2. Потреба підвищення якості надання медичної допомоги. Впровадження інноваційних технологій штучного інтелекту (таких як аналіз медичних зображень, прогностична моделювання тощо) може покращити точність діагностики, ефективність лікування та рішення клінічних завдань

3. Підготовка лікарів до роботи в цифровому середовищі майбутнього. Сучасні студенти мають здобувати не лише медичні знання, але й уміння використовувати сучасні цифрові технології, не обмежуючись знаннями про сучасні медичні інформаційні системи, які стали засобом повсякденної професійної діяльності уже сьогодні. Медицина майбутнього передбачає роботу з технологіями штучного інтелекту як інструмента для обробки великих обсягів даних, використання клінічних допоміжних систем тощо.

4. Збільшення обсягу медичної інформації, що потребує навичок ефективного аналізу та інтерпретації цієї інформації, вміння користуватися інструментами штучного інтелекту для підтримки прийняття рішень.

5. Потреба у вдосконаленні медичної освіти, яка має адаптуватися до нових вимог, надаючи студентам сучасні інструменти цифрових технологій.

Йдучи в ногу з вимогами часу, В НМУ ім. О.О.Богомольця в 2024 році здійснено оновлення робочих навчальних програм усіх інформатичних дисциплін. Тепер, починаючи з 2024-2025



навчального року, технології ШІ вивчатимуться студентами спеціальності 222 «Медицина» в рамках нормативної дисципліни «Медична інформатика». А студенти спеціальності 226 – «Фармація. Промислова фармація» уже цьому навчальному році розпочали експериментальне навчання за оновленими програмами.

Окрім цього, більш широке вивчення технологій ШІ передбачено у процесі навчання вибіркової навчальної «Цифрові технології у медицині та фармації».

Проблема використання технологій штучного інтелекту (ШІ) у фаховій підготовці майбутніх лікарів для формування їх цифрової компетентності є вимогою часу, яка потребує комплексного підходу. Кафедрою медичної і біологічної фізики та інформатики розроблено сертифікатну програму «Основи штучного інтелекту» для студентів спеціальностей 222 «Медицина»; 228 «Педіатрія», 226 «Фармація, промислова фармація», 221 «Стоматологія». Доцільним вважаємо створення для студентів цих же спеціальностей і вибіркового курсу, який би давав можливість послідовно і систематично вивчати проблему штучного інтелекту та його застосування в медицині.

**Висновки.** Проведене аналітичне дослідження дало змогу:

– визначити дидактичний потенціал сучасних технологій штучного інтелекту для використання їх у процесі підготовки здобувачів медичних ЗВО;

– спрогнозувати вплив технологій ШІ на формування цифрової компетентності як складника фахової компетентності майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я;

– окреслити чинники, що зумовлюють потребу змін у навчальних програмах та планах в аспекті розгляду тем, пов'язаних з використанням технологій штучного інтелекту в медицині та освіті.

Можна стверджувати, що проблема використання технологій штучного інтелекту (ШІ) у фаховій підготовці майбутніх лікарів є вимогою часу, яка потребує комплексного підходу, внесення змін в навчальні програми не лише інформатичних дисциплін, а й фахових та дисциплін, що пов'язані з розглядом деонтологічних, морально-етичних питань. Оптимальним форматом для системного вивчення основ ШІ вважаємо курс за вибором, який матиме на меті систематизацію знань студентів та приведення їх у відповідність до сучасних потреб та вимог медицини.

#### Список літератури:

1. Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*. 2017, 69S:S36-40. 10.1016/j.metabol.2017.01.011
2. Chan KS, Zary N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: integrative review. *JMIR Med Educ*. 2019, 5:e13930. 10.2196/13930
3. Sapci AH, Sapci HA. Artificial intelligence education and tools for medical and health informatics students: systematic review. *JMIR Med Educ*. 2020, 6:e19285. 10.2196/19285
4. Kansal R, Bawa A, Bansal A, Trehan S, Goyal K, Goyal N, Malhotra K. Differences in knowledge and perspectives on the usage of artificial intelligence among doctors and medical students of a developing country. 2022, 14:e21434. 10.7759/cureus.21434
5. Ahmed Z, Bhinder KK, Tariq A, et al. Knowledge, attitude, and practice of artificial intelligence among doctors and medical students in Pakistan: a cross-sectional online survey. *Ann Med Surg (Lond)*. 2022, 76:103493. 10.1016/j.amsu.2022.103493
6. Varma JR, Fernando S, Ting BY, Aamir S, Sivaprakasam R. The global use of artificial intelligence in the undergraduate medical curriculum: a systematic review. *Cureus*. 2023, 15:e39701. 10.7759/cureus.39701
7. Ghorashi N, Ismail A, Ghosh P, Sidawy A, Javan R. AI-powered chatbots in medical education: potential applications and implications. *Cureus*. 2023, 15:e43271. 10.7759/cureus.43271
8. Kuhail MA, Alturki N, Alramlawi S, et al. Interacting with educational chatbots: a systematic review. *Educ Inf Technol*. 2023, 28:973-1018. 10.1007/s10639-022-11177-3
9. Sallam M. ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: systematic review on the promising perspectives and valid concerns. *Healthcare (Basel)*. 2023, 11:887. 10.3390/healthcare11060887
10. Дзеркало тижня: Ставлення українців до штучного інтелекту на диво легковажне. <https://zn.ua/ukr/TECHNOLOGIES/stavlennja-ukrajintsiv-do-shtuchnoho-intelektu-na-divo-lehkovazhne-darma.html>
11. Верховна Рада України: Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%25D1%2580%23n8>
12. Міністерство охорони здоров'я України: В Одесі штучний інтелект долучили до діагностики головного мозку <https://moz.gov.ua/article/news/v-odesi-shtuchnij-intelekt-doluchili-do-diaagnostiki-golovnoho-mozku/>
13. Т.В. Процак, В.В. Кривецький, Д.В. Проняєв, М.М. Ясінський, О.С. Забродська. Актуальність використання штучного інтелекту в сучасних умовах освітнього процесу. *Буковинський медичний вісник: Том 27 № 4 (108)*. 2023. С. 112–116.
14. Nagi F, Salih R, Alzubaidi M, Shah H, Alam T, Shah Z, Househ M. Applications of Artificial Intelligence (AI) in Medical Education: A Scoping Review. *Stud Health Technol Inform*. 2023 10.3233/SHTI230581
15. Н.В. Стучинська, М.М. Матвієнко. Роль вибіркової дисципліни у формуванні цифрової компетентності майбутніх лікарів. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах № 88*. 2023. С. 138–147

16. Abdellatif H, Al Mushaiqri M, Albalushi H, Al-Zaabi AA, Roychoudhury S, Das S. Teaching, Learning and Assessing Anatomy with Artificial Intelligence: The Road to a Better Future. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Oct 31;19(21):14209
17. Sinou N, Sinou N, Filippou D. Virtual Reality and Augmented Reality in Anatomy Education During COVID-19 Pandemic. *Cureus*. 2023 Feb 19;15(2):e35170
18. Motsinger S. K. Complete Anatomy. *Journal of the Medical Library Association : JMLA*, 2020. 108(1), 155–157. <https://doi.org/10.5195/jmla.2019.853>
19. Rahimi, F., Rabiei, R., Seddighi, A. S., Roshanpoor, A., Seddighi, A., Moghaddasi, H. Features and functions of decision support systems for appropriate diagnostic imaging: a scoping review. *Diagnosis (Berlin, Germany)*, 2023. 11(1), 4–16. <https://doi.org/10.1515/dx-2023-0083>
20. Tsopra, R., Peiffer-Smadja, N., Charlier, C., Campeotto, F., Lemogne, C., Ruzzniewski, P., Vivien, B., Burgun, A. Putting undergraduate medical students in AI-CDSS designers' shoes: An innovative teaching method to develop digital health critical thinking. *International journal of medical informatics*, 2023. 171, 104980. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104980>
21. Pettersen, E. F., Goddard, T. D., Huang, C. C., Meng, E. C., Couch, G. S., Croll, T. I., Morris, J. H., Ferrin, T. E. UCSF ChimeraX: Structure visualization for researchers, educators, and developers. *Protein science : a publication of the Protein Society*, 2021. 30(1), 70–82. <https://doi.org/10.1002/pro.3943>
22. Fazlollahi, A. M., Yilmaz, R., Winkler-Schwartz, A., Mirchi, N., Ledwos, N., Bakhaidar, M., Alsayegh, A., Del Maestro, R. F. AI in Surgical Curriculum Design and Unintended Outcomes for Technical Competencies in Simulation Training. *JAMA network open*, 2023. 6(9), e2334658. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.34658>
23. Mao, R. Q., Lan, L., Kay, J., Lohre, R., Ayeni, O. R., Goel, D. P., Sa, D. Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic Review. *The Journal of surgical research*, 2021. 268, 40–58. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.06.045>
24. Vo, T. H., Nguyen, N. T. K., Kha, Q. H., Le, N. Q. K. On the road to explainable AI in drug-drug interactions prediction: A systematic review. *Computational and structural biotechnology journal*, 2022. 20, 2112–2123. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.04.021>
25. Zhang, Y., Deng, Z., Xu, X., Feng, Y., Junliang, S. Application of Artificial Intelligence in Drug-Drug Interactions Prediction: A Review. *Journal of chemical information and modeling*, 2024. 64(7), 2158–2173. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c00582>
26. Alowais, S. A., Alghamdi, S. S., Alsuhebany, N., Alqahtani, T., Alshaya, A. I., Almohareb, S. N., Aldairem, A., Alrashed, M., Bin Saleh, K., Badreldin, H. A., Al Yami, M. S., Al Harbi, S., Albekairy, A. M. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education*, 2023. 23(1), 689. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>

#### References:

1. Hamet, P. & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism: clinical and experimental*, 69S: S36–40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
2. Chan, K. S. & Zary, N. (2019). Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. *JMIR medical education*, 5(1), e13930. <https://doi.org/10.2196/13930>
3. Sapci, A. H. & Sapci, H. A. (2020). Artificial Intelligence Education and Tools for Medical and Health Informatics Students: Systematic Review. *JMIR medical education*, 6(1), e19285. <https://doi.org/10.2196/19285>
4. Kansal, R., Bawa, A., Bansal, A., Trehan, S., Goyal, K., Goyal, N. & Malhotra, K. (2022). Differences in Knowledge and Perspectives on the Usage of Artificial Intelligence Among Doctors and Medical Students of a Developing Country: A Cross-Sectional Study. *Cureus*, 14(1), e21434. <https://doi.org/10.7759/cureus.21434>
5. Ahmed, Z., Bhinder, K. K., Tariq, A., Tahir, M. J., Mehmood, Q., Tabassum, M. S., Malik, M., Aslam, S., Asghar, M. S. & Yousaf, Z. (2022). Knowledge, attitude, and practice of artificial intelligence among doctors and medical students in Pakistan: A cross-sectional online survey. *Annals of medicine and surgery* (2012), 76, 103493. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.103493>
6. Varma, J. R., Fernando, S., Ting, B. Y., Aamir, S. & Sivaprakasam, R. (2023). The Global Use of Artificial Intelligence in the Undergraduate Medical Curriculum: A Systematic Review. *Cureus*, 15(5), e39701. <https://doi.org/10.7759/cureus.39701>
7. Ghorashi, N., Ismail, A., Ghosh, P., Sidawy, A. & Javan, R. (2023). AI-Powered Chatbots in Medical Education: Potential Applications and Implications. *Cureus*, 15(8), e43271. <https://doi.org/10.7759/cureus.43271>
8. Kuhail, M.A., Alturki, N., Alramlawi, S. et al. Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Educ Inf Technol* 28, 973–1018 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11177-3>
9. Sallam, M. (2023). ChatGPT Utility in Healthcare Education, Research, and Practice: Systematic Review on the Promising Perspectives and Valid Concerns. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(6), 887. <https://doi.org/10.3390/healthcare11060887>
10. Dzerkalo tyzhnia: Stavlennia ukraintsiv do shtuchnoho intelektu na dyvo lekhovazhne. [Mirror of the week: The attitude of Ukrainians to artificial intelligence is surprisingly frivolous.] <https://zn.ua/ukr/TECHNOLOGIES/stavlennja-ukrajintsiv-do-shtuchnoho-intelektu-na-divo-lekhovazhne-darma.html>
11. Verkhovna Rada Ukrainy: Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [The Verkhovna Rada of Ukraine: On the approval of the Concept of the development of artificial intelligence in Ukraine] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%25D1%2580%23n8>

12. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy: V Odesi shtuchnyi intelekt doluchyly do diahnostryky holovnoho mozku [Ministry of Health of Ukraine: In Odesa, artificial intelligence was added to brain diagnostics] <https://moz.gov.ua/article/news/v-odesi-shtuchnij-intelekt-doluchili-do-diaagnostiki-golovnoho-mozku/>
13. Protsak T., Kryvetskyi V., Proniaiev D., Yasynskyi M., Zabrodska O. (2023). Aktualnist vykorystannia shtuchoho intelektu v suchasnykh umovakh osvithoho protsesu [The relevance of using artificial intelligence in modern conditions of the educational process]. *Bukovynskyi medychnyi visnyk – Bukovyna Medical Herald*, Vol. 27 № 4 (108). pp. 112–116
14. Nagi, F., Salih, R., Alzubaidi, M., Shah, H., Alam, T., Shah, Z., & Househ, M. (2023). Applications of Artificial Intelligence (AI) in Medical Education: A Scoping Review. *Studies in health technology and informatics*, 305, 648–651. <https://doi.org/10.3233/SHTI230581>
15. Stuchynska, N. & Matviienko, M. (2023). Rol vybirkovykh dystsyplyn u formuvanni tsyfrovoy kompetentnosti maibutnykh likariv [The role of elective disciplines in the formation of digital competence of future doctors]. *Pedahohika formuvannia tvorchoi osobystosti u vyshchii i zahalnoosvitnii shkolkakh – Pedagogy of creative personality formation in higher and secondary schools*, № 88. pp. 138–147
16. Abdellatif, H., Al Mushaiqri, M., Albalushi, H., Al-Zaabi, A. A., Roychoudhury, S. & Das, S. (2022). Teaching, Learning and Assessing Anatomy with Artificial Intelligence: The Road to a Better Future. *International journal of environmental research and public health*, 19(21), 14209. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114209>
17. Sinou, N., Sinou, N. & Filippou, D. (2023). Virtual Reality and Augmented Reality in Anatomy Education During COVID-19 Pandemic. *Cureus*, 15(2), e35170. <https://doi.org/10.7759/cureus.35170>
18. Motsinger S. K. (2020). Complete Anatomy. *Journal of the Medical Library Association : JMLA*, 108(1), 155–157. <https://doi.org/10.5195/jmla.2019.853>
19. Rahimi, F., Rabiei, R., Seddighi, A. S., Roshanpoor, A., Seddighi, A. & Moghaddasi, H. (2023). Features and functions of decision support systems for appropriate diagnostic imaging: a scoping review. *Diagnosis (Berlin, Germany)*, 11(1), 4–16. <https://doi.org/10.1515/dx-2023-0083>
20. Tsopra, R., Peiffer-Smadja, N., Charlier, C., Campeotto, F., Lemogne, C., Ruszniewski, P., Vivien, B. & Burgun, A. (2023). Putting undergraduate medical students in AI-CDSS designers' shoes: An innovative teaching method to develop digital health critical thinking. *International journal of medical informatics*, 171, 104980. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104980>
21. Pettersen, E. F., Goddard, T. D., Huang, C. C., Meng, E. C., Couch, G. S., Croll, T. I., Morris, J. H. & Ferrin, T. E. (2021). UCSF ChimeraX: Structure visualization for researchers, educators, and developers. *Protein science : a publication of the Protein Society*, 30(1), 70–82. <https://doi.org/10.1002/pro.3943>
22. Fazlollahi, A. M., Yilmaz, R., Winkler-Schwartz, A., Mirchi, N., Ledwos, N., Bakhaidar, M., Alsayegh, A. & Del Maestro, R. F. (2023). AI in Surgical Curriculum Design and Unintended Outcomes for Technical Competencies in Simulation Training. *JAMA network open*, 6(9), e2334658. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.34658>
23. Mao, R. Q., Lan, L., Kay, J., Lohre, R., Ayeni, O. R., Goel, D. P. & Sa, D. (2021). Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic Review. *The Journal of surgical research*, 268, 40–58. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.06.045>
24. Vo, T. H., Nguyen, N. T. K., Kha, Q. H. & Le, N. Q. K. (2022). On the road to explainable AI in drug-drug interactions prediction: A systematic review. *Computational and structural biotechnology journal*, 20, 2112–2123. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.04.021>
25. Zhang, Y., Deng, Z., Xu, X., Feng, Y. & Junliang, S. (2024). Application of Artificial Intelligence in Drug-Drug Interactions Prediction: A Review. *Journal of chemical information and modeling*, 64(7), 2158–2173. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c00582>
26. Alowais, S. A., Alghamdi, S. S., Alsuhebany, N., Alqahtani, T., Alshaya, A. I., Almohareb, S. N., Aldairem, A., Alrashed, M., Bin Saleh, K., Badreldin, H. A., Al Yami, M. S., Al Harbi, S. & Albekairy, A. M. (2023). Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education*, 23(1), 689. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>