

- [11] Demchenko O. P., Lazarenko N. I., Liubchak L. V. (2021) Information and communication technologies in the preparation of future teachers to work with gifted children. *Informatsiyni tekhnolohiï i zasoby navchannia*. Vol. 6. P. 123-143. [in Ukrainian]
- [12] Bykov V. Yu., Kukhareno V. M., Syrotenko N. H. (2008) Distance course creation technology. *Education textbook*. Kyiv : Milenium. 324 p. [in Ukrainian]
- [13] Hurevych R. S., Kademiiia M. Yu., Shevchenko L. S. (2012). *Information technologies of education: innovative approach: educational textbook*. TOV firma «Planer». 348 p. [in Ukrainian]
- [14] Vyshniivskyi V. V., Hnidenko M. P., Haidur H. I., Ilin O. O. (2014). *Organization of distance learning. Creation of electronic training courses and electronic tests: educational textbook*. Kyiv: DUT. 140 p. [in Ukrainian]

**УДК 004.8:004.93:61**

**DOI: 10.31652/2412-1142-2024-72-73-88**

**Мойсеєнко Микола Іванович**

доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри медичної інформатики, медичної та біологічної фізики, Івано-Франківський національний медичний університет,  
м. Івано-Франківськ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-7579-5456  
*mmoiseyenko@ifnmu.edu.ua*

**Кузишин Мирослав Миронович**

кандидат фізико-математичних наук, асистент кафедри медичної інформатики, медичної та біологічної фізики, Івано-Франківський національний медичний університет,  
м. Івано-Франківськ, Україна  
ORCID ID: 0000-0001-6995-8186  
*mkuzyshyn@ifnmu.edu.ua*

**Туровська Лілія Вадимівна**

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри медичної інформатики, медичної та біологічної фізики, Івано-Франківський національний медичний університет,  
м. Івано-Франківськ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-3530-7518  
*lturovska@ifnmu.edu.ua*

**Мазуренко Юлія Степанівна**

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри медичної інформатики, медичної та біологічної фізики, Івано-Франківський національний медичний університет,  
м. Івано-Франківськ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-8446-5280  
*yumazurenko@ifnmu.edu.ua*

**Петришин Михайло Любомирович**

кандидат технічних наук, викладач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
м. Івано-Франківськ, Україна  
ORCID ID: 0000-0001-6319-3768  
*m.l.petryshyn@pnu.edu.ua*

**Мазуренко Олександр Олександрович**

студент, кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
м. Івано-Франківськ, Україна  
ORCID ID: 0009-0000-5599-9470  
*oleksandr.mazurenko.23@pnu.edu.ua*

## ВЕЛИКІ МОВНІ МОДЕЛІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МЕДИЦИНІ

**Анотація.** У роботі здійснено аналіз сучасного стану та перспектив розвитку технологій штучного інтелекту, з особливим акцентом на великих мовних моделях (LLMs) та їх застосуванні в сфері охорони здоров'я. У контексті стрімкого розвитку цифрових технологій це дослідження важливе для розуміння потенційного впливу штучного інтелекту на медичну практику та дослідження. Для всебічного аналізу використовувалися різноманітні методи, включаючи аналіз і синтез, порівняння, узагальнення, індукцію та дедукцію, систематизацію, а також феноменологічний метод. Ці підходи дозволили не тільки глибше вивчити технічні аспекти застосування штучного інтелекту, а й оцінити його потенційний вплив на медицину.

У статті розкривається важливість інтеграції великих мовних моделей у медицину, оскільки вони здатні не тільки значно підвищити ефективність обробки масивів медичних даних, а й удосконалити процеси діагностики та оптимізувати процес прийняття клінічних рішень. Також розглядаються потенційні проблеми, пов'язані з впровадженням штучного інтелекту в медицину, зокрема питання прозорості, конфіденційності, упередженості та відповідальності, що вимагають ретельного розгляду та вирішення.

Міждисциплінарний аналіз, що охоплює медицину, інформатику, етику та право, відіграє ключову роль у дослідженні, демонструючи взаємодію між різними областями знань для розуміння та ефективного використання штучного інтелекту в медичній галузі. Окрім цього, в статті висвітлюються поточний стан і майбутній розвиток великих мовних моделей в медицині, підкреслюючи їх важливість та необхідність подальших досліджень.

У підсумку автори закликають до комплексного підходу щодо впровадження штучного інтелекту в медицині, який включає розробку моделей з акцентом на захисті персональних даних, створення якісних і репрезентативних навчальних даних, запровадження етичних принципів та розробку стандартів і нормативно-правових норм. Також наголошується на необхідності вирішення технічних складнощів та розробки нових методів оцінки ефективності штучного інтелекту. Важливість цього дослідження полягає у висвітленні потенційних можливостей та викликів, що виникають у зв'язку з інтеграцією штучного інтелекту в охорону здоров'я, та наголошує на важливості готовності медичної спільноти до цих змін.

**Ключові слова:** штучний інтелект; великі мовні моделі; етичні аспекти; інтеграція ШІ в медицину; медична освіта.

### 1. ВСТУП

**Постановка проблеми.** Традиційні методи у сфері охорони здоров'я, в основному, фокусуються на виявленні та лікуванні захворювань, коли вони вже проявилися. Однак, завдяки прогресу в новітніх технологіях, проривам у молекулярній біології та глибшому осмисленні структури людського геному, галузь здоров'я переживає швидкі зміни [1-4]. Такі нововведення сприяють радикальній трансформації в медицині, що пропонує перехід до більш ініціативного, запобіжного та індивідуалізованого ставлення до здоров'я [5, 6]. Цей новий напрям має шанси на покращення результатів лікування хворих, скорочення витрат на медичні послуги та їх більш ефективну організацію. Дана робота зосереджена на аналізі ролі великих мовних моделей у медичній галузі в контексті стрімкого розвитку технологій штучного інтелекту, логічно пов'язана з еволюцією сучасної медицини.

З огляду на це, великі мовні моделі штучного інтелекту мають потенціал значно сприяти медичній галузі, зокрема у плані обробки великих обсягів медичних даних та підтримки прийняття клінічних рішень. Ці технології можуть відігравати ключову роль у зборі, аналізі та інтерпретації медичної інформації, необхідної для розробки індивідуалізованих лікувальних планів. Наприклад, аналіз генетичних даних пацієнтів із застосуванням штучного інтелекту може сприяти виявленню ризиків розвитку захворювань на ранній стадії та формуванню ефективних стратегій профілактики та лікування.

Окрім цього, інтеграція великих мовних моделей у навчальний процес для студентів-медиків забезпечує їх знайомство з передовими ІТ-технологіями, необхідними для сучасної медицини. Використання цих технологій урізноманітнить навчальний процес, надаючи студентам доступ до величезної бази медичних даних і сприяючи глибшому засвоєнню матеріалу. Великі мовні моделі мають потенціал допомогти у підготовці персоналізованих

навчальних планів і симуляції клінічних сценаріїв, що є особливо важливим для розвитку навичок критичного мислення та обробки інформації, необхідних для майбутньої медичної практики.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемами використання електронних інформаційних ресурсів у сфері охорони здоров'я України займалися (Л. Чередник, Н. Стучинська, В. Архипова, Р. Юзефович, Т. Коваленко, Г. Макуріна, А. Добровольська, Є. Радзішевська, О. Висоцька, Н. Остапович, Р. Долбаносова, О. Іванова, А. Бричко., та ін) [7-19]. Питанням застосування штучного інтелекту у галузях медицини та педагогіки присвятили свої роботи вітчизняні (О. Остапович, О. Дудін, С. Омельченко, Н. Остапович, Мінцер, О. П., Романов, В. О., Галелюка, І. Б., & Вороненко, О. В., Г. В. Різак, Ю. Ю. Кампі, В. В. Якіменко, А. М. Добровольська., та ін) [20-26] та зарубіжні вчені (Holzinger, A., Briganti, G., Kulkarni, S., Muehlematter, U. J., та ін) [27-32]. Подальший аналіз демонструє, що наукова спільнота зіштовхується з низкою складних питань. Однією з ключових проблем є здатність медичних фахівців адекватно розуміти та інтерпретувати результати, одержані за допомогою систем штучного інтелекту [27]. Це вимагає від них не лише володіння специфічними знаннями в області штучного інтелекту, а й розуміння його потенційного впливу на клінічну практику [30]. Іншим важливим аспектом є необхідність валідації застосування штучного інтелекту через традиційні клінічні методи. Це створює певні проблеми у процесі інтеграції штучного інтелекту в медичну практику, з урахуванням нових етичних викликів, таких як постійний моніторинг пацієнтів та збір даних. Опір медичних працівників, не підготовлених до таких змін у клінічній практиці, також є значною перешкодою. Це підкреслює необхідність адаптації сучасної медичної освіти шляхом викладання нових технологій, а також розуміння їх впливу на медичну практику [28].

Важливою також є потреба у фінансових та людських інвестиціях у дослідження штучного інтелекту, оскільки вони мають потенціал оновити медичну сферу. Штучний інтелект, який використовується переважно для підтримки навчання, стикається з проблемами оцінки ефективності у медичній освіті та технічними труднощами під час розробки застосунків. Включення штучного інтелекту в навчальний план медичних установ може сприяти кращому розумінню медичними професіоналами алгоритмів штучного інтелекту та оптимізувати його використання. [31]

Забезпечення цілісності та захищеності даних при роботі з big data (масивними наборами даних) є ключовим аспектом використання штучного інтелекту в медичній освіті. З урахуванням цих факторів, дослідження в медичній сфері з штучного інтелекту вимагає подальшого розвитку з врахуванням вищезгаданих викликів та можливостей.

**Мета статті** полягає у комплексному аналізі особливостей великих мовних моделей для галузі охорони здоров'я, з'ясуванні етичних і правових принципів генерації медичного контенту, висвітленні проблем безпеки і достовірності створеної інформації, визначенні ключових положень для їх успішного впровадження, сприянні вивченню цих інструментів у навчальних та клінічних робочих процесах.

**Методи дослідження.** У цьому дослідженні було застосовано комплексний підхід, включаючи низку загальноприйнятих наукових методів. Зокрема, використано методи аналізу та синтезу для детального розгляду різних аспектів застосування штучного інтелекту (ШІ) в медицині, а також порівняння та узагальнення для виявлення загальних тенденцій та відмінностей. Індуктивний та дедуктивний підходи застосовувалися для формування теоретичних засад та висновків на основі зібраних даних. Систематизація була використана для організації та структурування інформації, що сприяло логічності та послідовності дослідження. Окрема увага приділялася феноменологічному аналізу, що дозволило глибше зрозуміти унікальні характеристики та властивості застосування штучного інтелекту у медичному контексті.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проблеми обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP) є одними з найбільших проблем у сфері штучного інтелекту (ШІ) [33]. Людська мова є надзвичайно складною та багатогранною. Вона включає іронію, метафори, амбівалентність і багатозначність, які створюють суттєві перепони для комп'ютерів, які спробують її інтерпретувати. До того ж, нюанси, такі як контекст, соціокультурні та емоційні забарвлення, що легко вічуються людьми, часто виявляються недосяжними для машин.

У початкові роки дослідження штучного інтелекту, розуміння та генерація природної мови були обмежені простими правилами та шаблонами. Системи, що базуються на правилах, потребували величезної кількості ручної праці і були дуже жорсткими. Невеликі зміни в фразеології або структурі речення могли легко сплутати систему.

Статистичні методи, які домінували у 1980-ті та 1990-ті роки, (таблиця 1) принесли певні поліпшення, дозволяючи системам вчитися з великих наборів текстових даних. Однак, навіть найсучасніші статистичні моделі часто помилялися, оскільки їм бракувало глибшого розуміння семантики та синтаксису мови. Вони могли розпізнавати шаблони, але не здатні були розуміти мову на рівні, який вимагав більш тонкого аналізу або абстрактного мислення.

Поява машинного навчання та, зокрема, глибокого навчання, стала переломним моментом для NLP. Глибокі нейронні мережі, здатні виявляти складні залежності у великих обсягах даних, почали вирішувати деякі із цих проблем, дозволяючи більш точно моделювати нюанси природної мови. Проте, навіть з цими прогресивними технологіями, проблеми, такі як брак узагальнення за межами навчальних даних, управління контекстом та вирішення багатозначності, все ще залишалися проблемним.

Еволюція великих мовних моделей стала відповіддю на ці виклики. Покращення у сфері обчислювальних можливостей та доступ до великих наборів даних дали змогу дослідникам тренувати все більші та більш складні моделі. Ці моделі почали використовувати глибокі нейронні мережі для знаходження зв'язків у тексті на рівні, який раніше був недоступний. Це включало здатність до виявлення залежностей на великій відстані у тексті, розуміння непрямого та переносного значення, а також адаптації до різних стилів і жанрів.

Прогрес у розвитку великих мовних моделей також стикався з питаннями етики і безпеки. Коли моделі почали генерувати текст, який був нерозрізнений від людського письма, постало питання про їх використання у створенні фейкових новин, маніпуляції думками або навіть автоматизації шкідливої поведінки. Компанії та дослідницькі установи, які розробляють ці моделі, почали включати в свою роботу команди з безпеки та етики, щоби забезпечити відповідальне використання своїх технологій.

Новітні моделі, такі як GPT-3 та його наступники, стали надзвичайно потужними інструментами, що відкрили широкі можливості для розвитку області NLP. Вони здатні не тільки пов'язати традиційні задачі, такі як класифікація тексту або машинний переклад, але й робити кроки в напрямку справжнього "розуміння" природної мови. Тим не менше, попри всі досягнення, проблеми розвитку мовних технологій залишаються, і над ними продовжують працювати дослідники у всьому світі.

Таблиця 1.

**Еволюція великих мовних моделей**

Дата	Подія
1950-ті	Алан Тьюрінг запропонував свій знаменитий тест Тьюрінга [34] як критерій інтелекту машини, що заклав основи для майбутніх досліджень в області штучного інтелекту.
1960-ті	Початкові експерименти з використанням комп'ютерів для автоматичного перекладу текстів між різними мовами.
1970-ті - 1980-ті	Виникнення та розвиток експертних систем, які використовували правила для імітації розуміння мови.
1980-ті - 1990-ті	Перші статистичні мовні моделі, такі як n-граммні моделі, де ймовірність слова визначалася на основі його n-1 попередників.

1990-ті	Розвиток рекурентних нейронних мереж (RNN), які стали популярними завдяки їх здатності обробляти послідовні дані.
1997 рік	Представлення LSTM (Long Short-Term Memory) мереж Хохрейтером і Шмідхубером, які вирішили проблему довготермінової залежності у RNN.
2010-ті	Поява глибоких нейронних мереж та посилення інтересу до глибокого навчання. Представлення Word2Vec в 2013 році, що було великим прогресом в представленні слів як векторів.
2015 рік	Розвиток та популяризація моделей на основі архітектури encoder-decoder для задач машинного перекладу.
2017 рік	Виникнення архітектури Transformer, представленої у статті "Attention Is All You Need" від Vaswani et al., [35] що згодом заклала основу для таких моделей як BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), GPT (Generative Pretrained Transformer) та інших.
2018 рік	Google представляє модель BERT, яка використовує двосторонній трансформер у задачах обробки природної мови.
2019 рік	OpenAI випускає GPT-2, яка стає однією з найвідоміших мовних моделей завдяки своїй здатності генерувати зв'язний і переконливий текст.
2020 рік	Представлення GPT-3, ще більш потужної моделі з 175 мільярдами параметрів, яка демонструє вражаючі здібності до створення текстів, перекладу, вирішення задач та багато іншого, значно наблизившись до можливостей людської мови.
2021 рік	Еволюція мовних моделей продовжується з розробкою моделей, які інтегрують більш складні види розуміння та логіку, наприклад, GPT-f та GPT-4 від OpenAI, які показують поліпшену здатність до керування розумінням контексту і логічною побудовою висновків.
2022 рік і далі	Дослідження продовжуються у напрямку збільшення об'єму та складності мовних моделей, розширення їх можливостей до залучення багатомодальної інформації (текст, зображення, звук), а також у вдосконаленні етики та безпеки їх застосування.

Еволюція мовних моделей супроводжується зростанням комп'ютерних потужностей, доступністю великих наборів даних, та удосконаленням алгоритмів глибокого навчання. Ці фактори спільно сприяли розвитку масштабних мовних моделей, здатних виконувати все більш складні та різноманітні задачі, подібно до тих, що вирішують люди.

На основі аналізу даних з реферативної бази Scopus за період 2018-2023 років, виявлено значне зростання наукового інтересу до сфери застосування штучного інтелекту в медицині. Кількість публікацій за ключовими словами "AI" та "HEALTHCARE" досягла 7365 документів станом на кінець 2023 року, що свідчить про експоненційний ріст наукової активності у цій області (рис. 1).

Лідерами за кількістю публікацій є Індія з приблизно 2003 публікаціями, Сполучені Штати Америки з близько 1657 публікаціями, Сполучене Королівство з приблизно 777 публікаціями, та Китайська Народна Республіка з близько 493 публікаціями (рис. 2). Від України зареєстровано 18 публікацій, пов'язаних з використанням штучного інтелекту в медичній сфері, що демонструє внесок українських вчених у міжнародний дослідницький дискурс. Публікації з України включають 8 наукових статей, 4 матеріали конференцій, 3 огляди та 2 глави колективних монографій (рис. 3), всі з яких афілійовані до медичних університетів країни (рис. 4). Це вказує на важливість інтеграції штучного інтелекту в медичну освіту та дослідження, а також на зростаючу роль України у глобальному науковому співтоваристві у цій області.

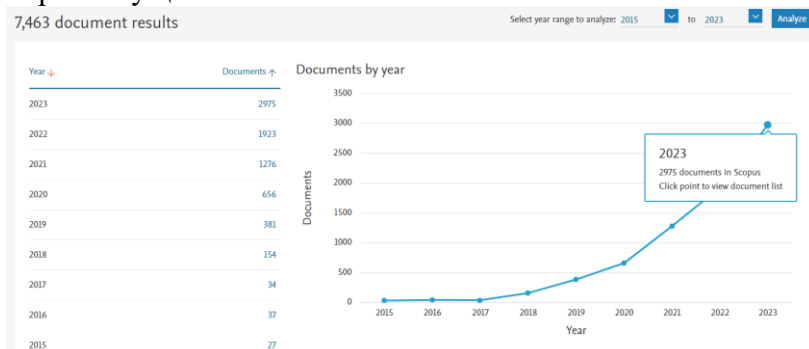


Рис. 1. Аналіз пошукових даних з реферативної бази Scopus з 2018 по 2023 за запитом (AI) AND (HEALTHCARE)

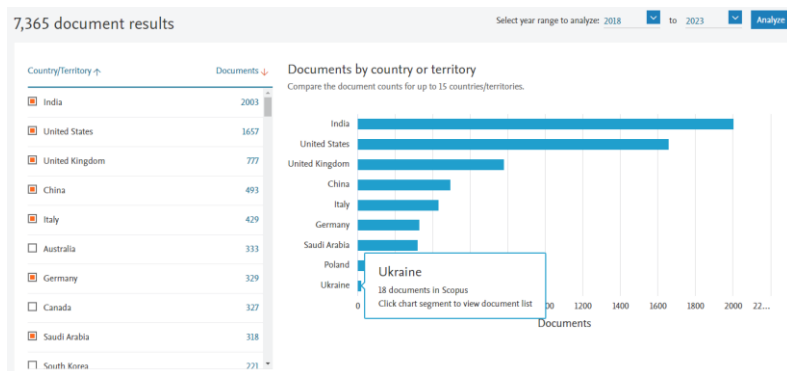


Рис. 2. Аналіз пошукових даних з реферативної бази Scopus з 2018 по 2023 за запитом (AI) AND (HEALTHCARE), відсортовані за країнами-контрибуторами.

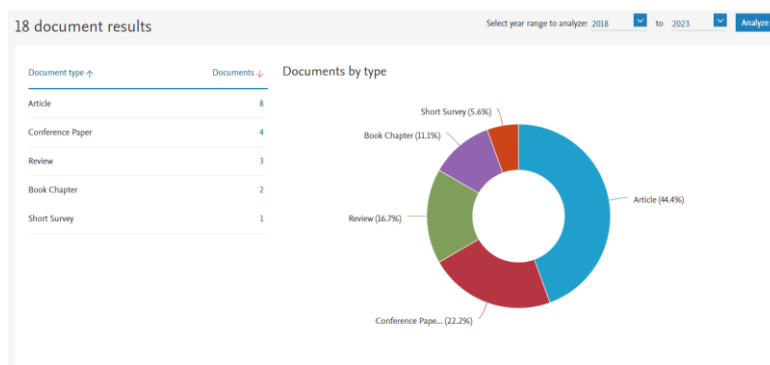


Рис. 3. Аналіз пошукових даних з реферативної бази Scopus з 2018 по 2023 за запитом (TITLE-ABS-KEY ( ai AND healthcare ) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2024 AND ( LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Ukraine" ) ) )

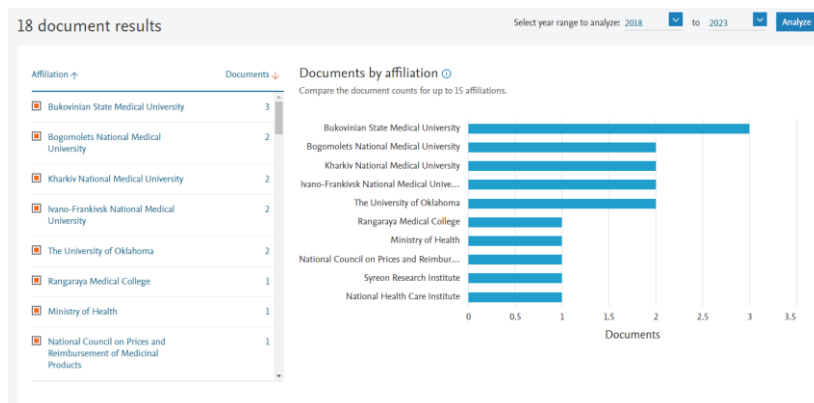


Рис. 4. Аналіз пошукових даних з реферативної бази Scopus з 2018 по 2023 за запитом (TITLE-ABS-KEY ( ai AND healthcare ) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2024 AND ( LIMIT-TO ( AFFILCOUNTRY , "Ukraine" ) ) )

Таким чином, завдяки чималій кількості медичної документації та знань галузь охорони здоров'я ідеально підходить для застосування штучного інтелекту, що підтверджується зростаючим інтересом науковців усього світу до цієї галузі. Серед великої кількості систем штучного інтелекту, найбільшого розвитку в останні роки досягли великі мовні моделі. Це різновид нейронних мереж, які пройшли попереднє навчання на величезних масивах текстових даних (до сотень мільярдів слів), що дозволяє їм досягти глибокого розуміння природної мови [33, 36]. Вони базуються на трансформерній архітектурі – революційному підході в глибинному навчанні, запропонованому в 2017 році [35, 37]. Особливістю трансформерів (Transformer) є паралельне опрацювання контексту за допомогою механізму уваги, що значно підвищує їхню продуктивність.

Механізм уваги є одним з ключових компонентів *Transformer*, який дозволяє моделям ефективно працювати з послідовностями даних, аналізуючи важливі залежності між окремими елементами. Цей механізм значно покращує здатність моделі пов'язати задачі, що вимагають використання контексту та великої кількості залежностей.

Основна ідея механізму уваги полягає в тому, що замість фіксованої ваги кожного слова в послідовності, модель навчається відокремлювати важливість різних слів, залежно від контексту.

Механізм уваги працює на основі трьох матриць, які є результатом лінійного перетворення вхідних даних. Ці матриці називаються ключами (**K**), значеннями (**V**) та запитами (**Q**). Вони використовуються для обчислення ваги уваги між різними словами в послідовності (1).

Алгоритм роботи механізму уваги складається з таких кроків, [38] :

1. Обчислення матриць **Q**, **K**, **V** для кожного слова в послідовності [35]:

$$Q = XW^Q, K = XW^K, V = XW^V$$

$$W^Q \in R^{d_{model} \times d_k}, W^K \in R^{d_{model} \times d_k}, W^V \in R^{d_{model} \times d_v} \quad (1)$$

де **X** є вектором вхідних даних, а **W<sup>Q</sup>**, **W<sup>K</sup>**, **W<sup>V</sup>** – це ваги, що навчаються, **d<sub>model</sub>** – це розмір представлення, **d<sub>k</sub>** – розмір ключів, а **d<sub>v</sub>** – розмір значень.

2. Обчислення скалярного добутку між матрицями **Q** та **K**, а також масштабування його за допомогою квадратного кореня розміру ключа (**d<sub>k</sub>**):

$$attention\_score = \frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}$$

Масштабування скалярного добутку має важливе значення в механізмі уваги. Це виконується для забезпечення належної обробки великих значень скалярного добутку. Без масштабування великі значення скалярного добутку можуть призвести до нестабільного навчання та зниження продуктивності механізму уваги.

Якщо масштабування застосовується до скалярного добутку, воно допомагає контролювати величину ваг уваги. Це, в свою чергу, дозволяє моделі коректно розподілити увагу між різними словами в послідовності. В результаті, модель краще зосереджується на важливих словах та враховує відповідний контекст при обробці мовних даних.

3. Застосування функції активації *softmax* для нормалізації ваг уваги:

$$attention\_weights = \text{softmax}(attention\_score)$$

де *softmax* (2) – це функція активації, яка перетворює вхідні значення у ймовірності, які в сумі дають одиницю. Це забезпечує, що кожне слово отримує відповідний рівень уваги відносно інших слів у послідовності. Функція *softmax* визначається наступним чином:

$$\text{softmax}(x)_i = \frac{e^{x_i}}{\sum_{j=1} e^{x_j}} \quad (2)$$

де **x** – вхідний вектор.

4. Обчислення вихідного вектора за допомогою ваг уваги та матриці значень (**V**):

$$Attention = attention\_weights * V$$

Результат обчислення є вектором, що відображає важливість кожного слова в послідовності відносно запиту.

Отже, розглянемо основні переваги великих мовних моделей штучного інтелекту:

1. *Здатність до навчання на величезних масивах даних.* Великі мовні моделі можуть ефективно навчатися на текстових кейсах об'ємом в сотні гігабайт і навіть терабайт.

2. *Можливість узагальнення та перенесення знань.* Завдяки вивченню великих масивів даних моделі здатні узагальнювати закономірності мови і застосовувати набуті знання для вирішення нових завдань.

3. *Багатозадачність.* Одна і та сама мовна модель може вирішувати широке коло завдань, зв'язаних з використанням природної мови: класифікація тексту, машинний переклад, спілкування тощо.

4. *Висока швидкодія.* Архітектура трансформерів дозволяє ефективно масштабувати обчислення на потужних процесорах і графічних картах.

Враховуючи вище зазначені переваги, великі мовні моделі штучного інтелекту мають значний потенціал для вирішення різноманітних завдань в галузі охорони здоров'я.

Протягом останніх років було створено низку спеціалізованих великих мовних моделей саме для медичної сфери. Деякі ключові приклади:

- MedGPT [39]. Розроблена компанією Anthropic на основі архітектури GPT-3, модель пройшла спеціальне доналаштування на великому масиві медичних даних. MedGPT демонструє здатність надавати точні відповіді на запитання з медицини.

- MICA [40]. Модель, розроблена для генерації медичних зображень за текстовим описом. MICA може створювати реалістичні зображення для радіології, офтальмології, патології.

- Anthropic's Clara [41]. Хмарний сервіс на основі штучного інтелекту для підтримки клінічних рішень. Clara може аналізувати медичну інформацію про пацієнтів та надавати рекомендації лікарям щодо діагнозу, лікування, прогнозу тощо.

- BioMegatron [42]. Потужна мовна модель від NVIDIA обсягом 530 мільярдів параметрів, навчена на біомедичних текстах. BioMegatron демонструє передові результати з класифікації захворювань, інформаційного пошуку, обробки природної мови.

Ці та інші моделі ілюструють значний потенціал великих мовних моделей штучного інтелекту в медицині. Вони можуть не лише замінити рутинну роботу лікарів, але й допомогти покращити результати лікування та врятувати життя пацієнтів.

Основні сфери застосування великих мовних моделей в медицині:

1. *Аналіз медичних зображень.* Великі мовні моделі можуть аналізувати складні медичні МРТ чи КТ зображення та виявляти ознаки захворювань. Це допомагає в діагностиці та покращує якість візуального аналізу. Наприклад, моделі можуть виявляти рак молочної залози, діабетичну ретинопатію або переломи кісток.

2. *Генерація природної мови.* Моделі можуть генерувати медичні тексти, резюмувати історії хвороб чи наукові статті, спрощувати складні терміни для пацієнтів, створювати зрозумілі рекомендації. Це полегшує роботу лікарів та робить знання доступнішими.

3. *Пошук інформації.* Моделі допомагають швидко знаходити релевантну медичну інформацію серед величезних масивів даних, включаючи наукову літературу, бази даних, історії хвороб. Це пришвидшує наукові дослідження та покращує обізнаність лікарів.

4. *Підтримка прийняття рішень.* Аналізуючи дані пацієнтів, моделі можуть надавати рекомендації щодо діагнозу, призначення аналізів, вибору лікування тощо. Це допомагає лікарям приймати обґрунтовані рішення та уникати помилок.

5. *Персоналізована медицина.* Великі дані дозволяють створювати персоналізовані моделі для кожного пацієнта з урахуванням його генетики, способу життя, історії хвороб. Це сприяє більш точному прогнозуванню ризиків та підбору терапії.

6. *Відстеження епідемій.* Аналізуючи записи з соцмереж, пошукові запити, медичні звіти в режимі реального часу, моделі можуть виявляти спалахи хвороб та відстежувати поширення епідемій.

7. *Віртуальні медичні помічники.* Моделі можуть виконувати роль віртуальних медсестер, надаючи консультації пацієнтам онлайн, відповідаючи на запитання, нагадуючи про прийом ліків тощо.

8. *Навчання медиків.* За допомогою імітації клінічних сценаріїв та зворотного зв'язку моделі можуть допомагати в навчанні студентів-медиків та лікарів.

9. *Пошук нових ліків.* Аналіз хімічних і біологічних даних дозволяє моделям прискорювати процес розробки нових ліків шляхом прогнозування ефективності та виявлення їх побічної дії.



**10. Адміністративні задачі.** Моделі автоматизують рутинні адміністративні процеси: розкладення прийому пацієнтів, кодування діагнозів, управління лікарняними ресурсами тощо.

Отже, сфера застосування великих мовних моделей штучного інтелекту в медицині надзвичайно широка і охоплює нішу, починаючи від навчання лікарського персоналу і закінчуючи пошуком нових засобів й методів лікування. Їх використання відкриває значні можливості для покращення якості та доступності медичних послуг.

Однак попри обіцянки, великі мовні моделі мають певні обмеження та породжують етичні дилеми при застосуванні в медицині [43]:

- *упередженість даних.* Моделі можуть закріплювати існуючі упередження, якщо навчальні дані є неякісними або незбалансованими за певними групами.
- *недостатня прозорість.* Важко зрозуміти логіку, за якою працюють моделі, та пояснити їхні рішення.
- *помилки та небезпека.* Помилкові рекомендації моделей можуть зашкодити пацієнтам.
- *приватність даних.* Використання конфіденційних медичних даних порушує приватність пацієнтів.
- *заміна лікарів.* Надмірне покладання на штучний інтелект може послабити навички лікарів та погіршити взаємодію з пацієнтами.
- *недосконалість даних.* Медичні дані часто є неповними, неточними або застарілими, що знижує якість навчання моделей.
- *складність медичної мови.* Моделям важко охопити всі тонкощі та нюанси медичних текстів через їх складність.
- *відсутність контексту.* Моделі не враховують широкий клінічний та соціальний контекст хвороб пацієнтів.
- *складнощі інтеграції.* Непростою є інтеграція моделей в наявні медичні інформаційні системи через їх різноманітність.

Для подолання цих обмежень потрібно вдосконалювати моделі, дані для їх навчання та способи їх впровадження в клінічну практику. Критично важливим є залучення лікарів та належне тестування моделей перед застосуванням. Лише комплексний підхід дозволить мінімізувати ризики та максимізувати переваги від великих мовних моделей штучного інтелекту в медицині.

Крім того використання великих мовних моделей в медицині порушує низку етичних питань [44]:

- *конфіденційність даних пацієнтів.* Моделі повинні отримувати мінімально необхідний доступ до персональних даних і гарантувати їх безпеку.
- *прозорість та обґрунтованість рішень.* Моделі мають надавати зрозуміле пояснення своїх рекомендацій для перевірки лікарем.
- *відповідальність за помилки.* Потрібно чітко визначити, хто нести відповідальність у разі шкоди пацієнту через хибну рекомендацію моделі.
- *унікнення алгоритмічної упередженості та дискримінації.* Моделі мають однаково добре працювати для різних груп пацієнтів.
- *врахування суспільних інтересів.* Розробка і використання моделей має відбуватися в інтересах суспільного блага, а не комерції.
- *збереження автономії лікаря.* Лікарі мають критично оцінювати рекомендації моделей і нести відповідальність за остаточне рішення.

Для дотримання цих принципів та безпечного впровадження великих мовних моделей в медицину необхідно створити наглядову раду і розробити відповідну нормативно-правову базу та стандарти [45]. Основні напрями регулювання штучного інтелекту в медицині:

- встановити стандарти щодо якості, актуальності, репрезентативності даних для навчання моделей.

- визначити критерії валідації моделей перед клінічним застосуванням: точність, рівень пояснення, тестування на різних групах тощо.
- сформулювати правила і рекомендації щодо належного використання моделей в клінічній практиці з урахуванням їх обмежень.
- визначити відповідальність за неправильні рішення на основі рекомендацій моделей.
- висувати вимоги до кваліфікації та етичних стандартів компаній-розробників медичних моделей ІІІ.
- організувати регулювання між різними країнами задля забезпечення безпеки пацієнтів.

Запровадження таких стандартів сприятиме ефективному та відповідальному впровадженню великих мовних моделей в медицині.

У підсумку можна констатувати, що великі мовні моделі штучного інтелекту мають величезний потенціал для трансформації сфери охорони здоров'я. Завдяки здатності аналізувати величезні масиви медичних даних, вони можуть підвищити точність діагностики, оптимізувати лікування та медичні рішення, прискорити наукові дослідження.

Разом з тим, наявні певні проблеми, які необхідно вирішити для безпечного та етичного впровадження цих технологій в медицині, зокрема прозорості, конфіденційності, упередженості, відповідальності тощо.

Для мінімізації потенційних ризиків та реалізації можливостей великих мовних моделей потрібен комплексний підхід, який включає:

- розробку моделей з акцентом на захисті персональних даних;
- створення якісних навчальних даних, репрезентативних щодо різних груп населення;
- запровадження етичних принципів розробки та застосування моделей штучного інтелекту;
- розробку спеціальних стандартів, нормативно-правових норм та процедур контролю;
- культуру використання штучного інтелекту в медицині з акцентом на підтримку лікарів.

Тільки виважене, відповідальне та етичне застосування технологій штучного інтелекту у сфері охорони здоров'я може принести максимальну користь суспільству. Подальші дослідження мають зосередитися на знаходженні оптимального балансу між можливостями ІІІ та гарантіями безпеки і довіри з боку лікарів та пацієнтів.

### **3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Завершуючи аналіз, можна підкреслити, що великі мовні моделі штучного інтелекту (ІІІ) відіграють вирішальну роль у трансформації медичної галузі. Їх здатність ефективно обробляти обширні медичні дані створює передумови для підвищення точності діагностики, оптимізації лікувальних процедур та прискорення наукових досліджень у сфері охорони здоров'я.

Не дивлячись на наявний потенціал, імплементація штучного інтелекту в медицину супроводжується низкою проблем, зокрема щодо забезпечення прозорості, конфіденційності, нейтралізації упередженості та відповідальності. Ці проблеми потребують всебічного вирішення через розробку моделей з фокусом на захист персональних даних, створення репрезентативних навчальних наборів даних, запровадження етичних норм та розробку відповідних стандартів і нормативів.

Перспективи подальших досліджень у цій області охоплюють пошук оптимального балансу між можливостями та ризиками штучного інтелекту. Важливо зосередитися на розробці нових методів оцінки ефективності штучного інтелекту, а також на впровадженні технологій штучного інтелекту у навчальні програми медичних установ для підготовки майбутніх лікарів до роботи з цими технологіями. Особлива увага має бути приділена забезпеченню безпеки, довіри та етичного застосування штучного інтелекту, щоб максимізувати його позитивний вплив на суспільство та медичну галузь.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Jamieson, N. B., & Maker, A. V. (2017). Gene-expression profiling to predict responsiveness to immunotherapy. *Cancer Gene Therapy*, 24(3), 134–140. <https://doi.org/10.1038/cgt.2016.63>.
- [2] Nassiri, F., Mamatjan, Y., et al. International Consortium on Meningiomas. (2019). DNA methylation profiling to predict recurrence risk in meningioma: development and validation of a nomogram to optimize clinical management. *Neuro-Oncology*, 21(7), 901–910. <https://doi.org/10.1093/neuonc/noz061>.
- [3] Mostavi, M., Chiu, Y.-C., Huang, Y., & Chen, Y. (2020). Convolutional neural network models for cancer type prediction based on gene expression. *BMC Medical Genomics*, 13(S5). <https://doi.org/10.1186/s12920-020-0677-2>
- [4] Morand, S., Devanaboyina, M., Staats, H., Stanbery, L., & Nemunaitis, J. (2021). Ovarian cancer immunotherapy and personalized medicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(12), 6532. <https://doi.org/10.3390/ijms22126532>
- [5] Piergentili, R., Basile, G., Nocella, C., Carnevale, R., Marinelli, E., Patrone, R., & Zaami, S. (2022). Using ncRNAs as tools in cancer diagnosis and treatment—the way towards personalized medicine to improve patients' health. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9353. <https://doi.org/10.3390/ijms23169353>.
- [6] Супрунюк Ю.В. (2021). Використання великих мовних моделей в персоналізованій превентивній медицині XXI століття [дипломна робота, «Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»]. Інституційний репозиторій КПІ. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/60197/1/Supruniuk\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/60197/1/Supruniuk_bakalavr.pdf)
- [7] Чередник, Л. (2011). Використання електронних інформаційних ресурсів у сфері охорони здоров'я України. *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*. 2, 57–62. <https://journals.urau.ua/bdi/article/view/238783>
- [8] Стучинська, Н., Соколова, Т. (2011). Дослідження комунікативної активності студентів медичного університету у соціальних мережах. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 23(3). <https://doi.org/10.33407/itlt.v23i3.425>
- [9] Архипова, В., Резніченко, О. (2022, жовтень 20-21). Використання інформаційних технологій в медицині. *Інформаційні технології і автоматизація – 2022* (с. 223-234). Одеса, Видавництво ОНТУ.
- [10] Юзефович, Р. (2019, листопад 27). Реалії та перспективи впровадження інформаційних технологій в медицину. У В. Федів (Ред.), *Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині* (с. 220-225). Чернівці: БДМУ.
- [11] Коваленко, Т. (2020, травень 28-29). Інформаційні технології в медицині: філософські та біоетичні аспекти. *Проблема людини у соціально-гуманітарному та медичному дискурсах* (с. 123-125). Харків: ХНМУ.
- [12] Макуріна Г. (2019). Сучасні інформаційні технології в медицині, можливість їх інтегрування з системами цифрової діагностики. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку медичної науки та освіти : зб. наук. пр., присвяч. 75-річчю каф. медицини катастроф та військової медицини Львів. нац. мед. ун-ту ім. Данила Галицького*. (с. 59-63). Львів.
- [13] Vakulenko, D. V., Kravets, N. O., Dobrovolska, A. M., & Klymuk, N. Y. (2019). Використання Сучасних Інформаційно-Комунікаційних Технологій У Галузі Медичної Освіти України . *Медична освіта*, (3), 58–61. <https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2019.3.10649>
- [14] Добровольська А. М. (2021). Теоретичні і методичні засади підготовки майбутніх фахівців системи охорони здоров'я до застосування цифрових технологій у професійній діяльності [Дис. доктора пед. наук, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника]. Інституційний репозиторій Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. [https://svr.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/5/2021/12/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0-1.pdf](https://svr.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/5/2021/12/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0-1.pdf).
- [15] Добровольська, А. (2018). Професійне самовизначення майбутніх лікарів у процесі формування ІТ-компетентності під час навчання медичній інформатиці. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені ВО Сухомлинського. Педагогічні науки*. 3 (2), 86-96
- [16] Радзішевська, Є. (2019). Інформаційні технології в медицині. *E-health : підручник для студентів медичних закладів вищої освіти*. Харків : ХНМУ, 72 с.
- [17] Остапович, Н., Лісовський Р., Туровська, Л. (2019). Використання дидактичних ігор під час вивчення дисциплін природничого циклу у процесі фахової підготовки майбутніх лікарів. *Освітній простір України*. 16, 205-213.
- [18] Долбаносова, Р., Іванова, О. (2020). Використання інформаційних технологій при підготовці майбутніх фахівців ветеринарної медицини. *Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії : збірник наукових праць*. с. 93-95.
- [19] Бричко, А. (2021). Інтернет технології закладах охорони здоров'я. *Modern Economics : електронне наукове фахове видання з економічних наук*. 29, С. 24-28. [https://doi.org/10.31521/modecon.V29\(2021\)-04](https://doi.org/10.31521/modecon.V29(2021)-04)

- [20] Остапович, О., Остапович, Н., & Мазуренко, Ю. (2023). ChatGPT у підготовці філологів і перекладачів. виклики і перспективи. Наукові записки Національного університету «Острозька академія»: Серія «Філологія», 17(85), 200–205. <https://journals.oa.edu.ua/Philology/article/view/3842>
- [21] Дудін, О., Мінцер, О., & Сулаєва, О. (2021). Штучний інтелект та патологія наступного покоління: шлях до персоналізованої медицини. Праці Наукового товариства імені Шевченка. Медичні науки, 65(2). <https://doi.org/10.25040/ntsh2021.02.07>
- [22] Омельченко, С. (2022, квітень 20-22) Використання штучного інтелекту в медицині. Радіоелектроніка та молодь в XXI столітті (5, с. 36-37). Харків : ХНУРЕ.
- [23] Остапович, Н., Остапович, О., & Мазуренко, Ю. (2023). Брейнстормінгові ігрові технології у практиці викладання ЗВО. Освітнологічний дискурс, 2(41), 141–160. <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2023.210>
- [24] Мінцер, О. П. ., Романов, В. О., Галелюка, І. Б., & Вороненко, О. В. (2020). Технології штучного інтелекту в медичній практиці. Медична інформатика та інженерія, (2), 17–27. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2020.2.11171>
- [25] Різак, Г. В. (2023). Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. Перспективи та інновації науки (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»). 12(30), 1033 – 1049.
- [26] Добровольська, А. (2017). Формування ІТ-компетентності майбутніх фахівців в межах реалізації моделі педагогічної системи. Молодий вчений. 5, 312-324. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv\\_2017\\_5\\_75](http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_5_75)
- [27] Holzinger, A., Langs, G., Denk, H., Zatloukal, K., & Müller, H. (2019). Causability and explainability of artificial intelligence in medicine. Wiley Interdisciplinary Reviews. Data Mining and Knowledge Discovery, 9(4). <https://doi.org/10.1002/widm.1312>
- [28] Briganti, G., & Le Moine, O. (2020). Artificial intelligence in medicine: Today and tomorrow. Frontiers in Medicine, 7. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00027>
- [29] Kulkarni, S., Seneviratne, N., Baig, M. S., & Khan, A. H. A. (2020). Artificial intelligence in medicine: Where are we now? Academic Radiology, 27(1), 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.10.001>
- [30] Muehlematter, U. J., Daniore, P., & Vokinger, K. N. (2021). Approval of artificial intelligence and machine learning-based medical devices in the USA and Europe (2015–20): a comparative analysis. The Lancet. Digital Health, 3(3), e195–e203. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(20\)30292-2](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(20)30292-2)
- [31] Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. Medical Teacher, 41(9), 976–980. <https://doi.org/10.1080/0142159x.2019.1595557>
- [32] Kai Siang Chan, Nabil Zary (2019). Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. JMIR Med Educ 2019;5(1):e13930
- [33] Chowdhary, K. R. (2020). Natural Language Processing. Fundamentals of Artificial Intelligence, pp. 603–649.
- [34] Korukonda, Appa Rao. (2003). Taking Stock of Turing Test: A Review, Analysis, and Appraisal of Issues Surrounding Thinking Machines. International Journal of Human-Computer Studies, 58(2), 240–257, [https://doi.org/10.1016/s1071-5819\(02\)00139-8](https://doi.org/10.1016/s1071-5819(02)00139-8)
- [35] Vaswani, Ashish, et al. (2017). Attention is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30, 30-31.
- [36] Devlin J., Chang M.W., Lee K., Toutanova K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. arXiv [cs.CL]. Available from: <http://arxiv.org/abs/1810.04805>
- [37] Topol E.J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med. 25(1)6 44-56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
- [38] Sharma, J. (2023, February 7). Understanding attention mechanism in transformer neural networks. LearnOpenCV – Learn OpenCV, PyTorch, Keras, Tensorflow with Examples and Tutorials; Satya Mallick. <https://learnopencv.com/attention-mechanism-in-transformer-neural-networks/>
- [39] Zhang, Ye, et al. (2020). Optimizing the Factual Correctness of a Summary: A Study of Summarizing Radiology Reports. Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics.
- [40] Anthropic. (2022). Introducing MICA: Medical Causality Configuration Annotation. Anthropic, [www.anthropic.com](http://www.anthropic.com).
- [41] Anthropic. (2022). AI-Assisted Care - Clara. Anthropic, [www.anthropic.com](http://www.anthropic.com).
- [42] Gianfrancesco, M. A., Tamang, S., Yazdany, J., & Schmajuk, G. (2018). Potential biases in machine learning algorithms using electronic health record data. JAMA Internal Medicine, 178(11), 1544. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.3763>.
- [43] Berner, E. S., & Ozaydin, B. (2017). Benefits and risks of machine learning decision support systems. JAMA: The Journal of the American Medical Association, 318(23), 2353. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.16619>.
- [44] Tonekaboni, Sana, et al. (2019). What Clinicians Want: Contextualizing Explainable Machine Learning for Clinical End Use. Machine Learning for Healthcare Conference.
- [45] Viju Raghupathi, W. R. (2013). An overview of health analytics. Journal of Health & Medical Informatics, 04(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7420.1000132>.

## LARGE LANGUAGE MODELS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE

### **Moiseienko Mykola Ivanovych**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Medical Informatics,  
Medical and Biological Physics,  
Ivano-Frankivsk National Medical University,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0002-7579-5456  
*mmoiseyenko@ifnmu.edu.ua*

### **Kuzyshyn Myroslav Myronovych**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant of the Department of Medical Informatics,  
Medical and Biological Physics,  
Ivano-Frankivsk National Medical University,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0001-6995-8186  
*mkuzyshyn@ifnmu.edu.ua*

### **Turovska Lillia Vadymivna**

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical Informatics,  
Medical and Biological Physics,  
Ivano-Frankivsk National Medical University,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0002-3530-7518  
*lturovska@ifnmu.edu.ua*

### **Mazurenko Yuliia Stepanivna**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Informatics,  
Medical and Biological Physics,  
Ivano-Frankivsk National Medical University,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0002-8446-5280  
*yumazurenko@ifnmu.edu.ua*

### **Petryshyn Mykhailo Liubomyrovych**

Candidate of Technical Sciences, teacher of the Department of Computer Science  
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
ORCID ID: 0000-0001-6319-3768  
*m.l.petryshyn@pnu.edu.ua*

### **Mazurenko Oleksandr Oleksandrovych**

BSc student, of the Department of Computer Science  
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
ORCID ID: 0009-0000-5599-9470  
*oleksandr.mazurenko.23@pnu.edu.ua*

**Abstract.** This study conducts a thorough analysis of the current state and prospects of artificial intelligence (AI) technologies, particularly focusing on large language models (LLMs) and their implementation in healthcare. In an age of rapid digital technology advancement, this research is crucial for understanding the potential influences of AI on medical practices and research. A diverse range of methods, including analysis and synthesis, comparison, generalization, induction and deduction, systematization, as well as the phenomenological method, were employed for a comprehensive analysis. These techniques enabled not only an in-depth examination of the technical aspects of AI application but also facilitated an evaluation of its prospective impact on the field of medicine.

The paper highlights the essential role of integrating large language models into the medical field. These models are not only capable of substantially enhancing the efficiency of processing vast medical data but also play a fundamental role in refining diagnostic procedures and reforming clinical decision-making processes. Furthermore, the article examines potential challenges associated with the use of AI in healthcare, particularly focusing on concerns regarding transparency, privacy, bias, and accountability.

These issues demand meticulous attention and effective solutions to ensure the successful integration of AI into medical practices.

The research includes a complex, interdisciplinary approach surrounding the field of medicine, informatics, ethics, and law, underscoring the synergy among these diverse knowledge domains for the effective understanding and utilization of AI in healthcare. Moreover, the article underscores the present status and the prospective evolution of large language models within the medical sphere, emphasizing their significance and the imperative for ongoing research in this area.

In summary, the authors support a holistic strategy for integrating AI into the medical sector. This strategy involves crafting models that prioritize personal data protection, generating high-quality and representative datasets for training, establishing ethical guidelines, and formulating relevant standards and legal frameworks. Additionally, the paper stresses the necessity of addressing technical challenges and innovating new methodologies for assessing AI's efficacy. The significance of this research is underscored by its potential benefits and hurdles associated with AI's incorporation into healthcare, highlighting the critical need for the medical community to be prepared for these evolving dynamics.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Large Language Models; Ethical Aspects; Integration of AI in Medicine; Medical Education.

## References (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Jamieson, N. B., & Maker, A. V. (2017). Gene-expression profiling to predict responsiveness to immunotherapy. *Cancer Gene Therapy*, 24(3), 134–140. <https://doi.org/10.1038/cgt.2016.63>.
- [2] Nassiri, F., Mamatjan, Y., et al. International Consortium on Meningiomas. (2019). DNA methylation profiling to predict recurrence risk in meningioma: development and validation of a nomogram to optimize clinical management. *Neuro-Oncology*, 21(7), 901–910. <https://doi.org/10.1093/neuonc/noz061>.
- [3] Mostavi, M., Chiu, Y.-C., Huang, Y., & Chen, Y. (2020). Convolutional neural network models for cancer type prediction based on gene expression. *BMC Medical Genomics*, 13(S5). <https://doi.org/10.1186/s12920-020-0677-2>
- [4] Morand, S., Devanaboyina, M., Staats, H., Stanbery, L., & Nemunaitis, J. (2021). Ovarian cancer immunotherapy and personalized medicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(12), 6532. <https://doi.org/10.3390/ijms22126532>
- [5] Piergentili, R., Basile, G., Nocella, C., Carnevale, R., Marinelli, E., Patrone, R., & Zaami, S. (2022). Using ncRNAs as tools in cancer diagnosis and treatment—the way towards personalized medicine to improve patients' health. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9353. <https://doi.org/10.3390/ijms23169353>.
- [6] Supruniuk Yu.V. (2021). Vykorystannia velykykh movnykh modelei v personalizovanii preventyvnoi medytsyny XXI stolittia [The use of large language models in personalized preventive medicine of the 21st century] [diploma work, «Natsionalnyi tekhnichnyi universytet Ukrainy «Kyivskyi politekhnichnyi instytut imeni Ihorii Sikorskoho»]. Instytutsiinyi repozytorii KPI. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/60197/1/Supruniuk\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/60197/1/Supruniuk_bakalavr.pdf)
- [7] Cherednyk, L. (2011). Vykorystannia elektronnykh informatsiynykh resursiv u sferi okhorony zdorovia Ukrainy [The use of electronic information resources in the sphere of health care of Ukraine]. *Bibliotekoznavstvo. Dokumentoznavstvo. Informolohiia*. 2, 57–62. <https://journals.urau.ua/bdi/article/view/238783>
- [8] Stuchynska, N. V., & Sokolova, T. A. (2011). Research of medical universities' students communicative activity in social networks. *Information Technologies and Learning Tools*, 23(3). <https://doi.org/10.33407/itlt.v23i3.425>
- [9] Arkhypova, V., Reznichenko, O. (2022, zhovten 20-21). Vykorystannia informatsiynykh tekhnolohii v medytsyni [Use of information technologies in medicine]. *Informatsiini tekhnolohii i avtomatyzatsiia – 2022* (s. 223-234). Odesa, Vydavnytstvo ONTU.
- [10] Iuzefovych, R. (2019, lystopad 27). Realii ta perspektyvy vprovadzhennia informatsiynykh tekhnolohii v medytsynu [Realities and prospects of introduction of information technologies in medicine]. U V. Fediv (Red.), *Rozvytok pryrodnychkykh nauk yak osnova novitnykh dosiahnen u medytsyni* (s. 220-225). Chernivtsi: BDMU.
- [11] Kovalenko, T. (2020, traven 28-29). Informatsiini tekhnolohii v medytsyni: filosofski ta bioetychni aspekty [Information technologies in medicine: philosophical and bioethical aspects]. *Problema liudyny u sotsialno-humanitarnomu ta medychnomu dyskursakh* (s. 123-125). Kharkiv: KhNMU
- [12] Makurina H. (2019). Suchasni informatsiini tekhnolohii v medytsyni, mozhlyvist yikh intehruvannia z systemamy tsyfrovoy diagnostyky [Modern information technologies in medicine, the possibility of their integration with digital diagnostic systems]. *Aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku medychnoi nauky ta osvity : zb. nauk. pr., prysviach. 75-richchiu kaf. medytsyny katastrof ta viiskovoi medytsyny Lviv. nats. med. un-tu im. Danyla Halytskoho.* (c. 59-63). Lviv.
- [13] Vakulenko, D. V., Kravets, N. O., Dobrovolska, A. M., & Klymuk, N. Y. (2019). Use of Modern Information and Communication Technologies in the Field of Medical Education of Ukraine. *Medical education*, (3), 58–61. <https://doi.org/10.11603/me.2414-5998.2019.3.10649>

- [14] Dobrovol'ska A. M. (2021). Teoretychni i metodychni zasady pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv systemy okhorony zdorovia do zastosuvannia tsyfrovykh tekhnolohii u profesiinii diialnosti [Theoretical and methodological principles of training future specialists of the health care system for the use of digital technologies in professional activities] [Dys. doktora ped. nauk, Prykarpatskyi natsionalnyi universytet imeni Vasyliia Stefanyka]. Instytutsiinyi repozytorii Prykarpatskoho natsionalnoho universytetu imeni Vasyliia Stefanyka. [https://svr.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/5/2021/12/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0-1.pdf](https://svr.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/5/2021/12/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0-1.pdf).
- [15] Dobrovol'ska, A. (2018). Profesiine samovyznachennia maibutnikh likariv u protsesi formuvannia IT-kompetentnosti pid chas navchannia medychnii informatytsi [Professional self-determination of future doctors in the process of forming IT competence during training in medical informatics.]. *Naukovyi visnyk Mykolaiivskoho natsionalnoho universytetu imeni VO Sukhomlynskoho. Pedagogichni nauky*. 3 (2), 86-96
- [16] Radzishavska, Ye. (2019). Informatsiini tekhnolohii v medytsyni. E-health [Information technologies in medicine. E-health]: pidruchnyk dlia studentiv medychnykh zakladiv vyshchoi osvity. Kharkiv : KhNMU, 72 s.
- [17] Ostapovych, N., Lisovskiy R., Turovska, L. (2019). The usage of didactic games in the study of disciplines of the natural cycle in the process of professional training of future doctors. *Educational space of Ukraine*. 16, 205-213. <https://doi.org/10.15330/esu.16.205-213>
- [18] Dolbanosova, R., Ivanova, O. (2020). Vykorystannia informatsiinykh tekhnolohii pry pidhotovtsi maibutnikh fakhivtsiv veterynarnoi medytsyny [The use of information technologies in the training of future specialists in veterinary medicine.]. *Problemy ta perspektyvy rozvytku suchasnoi nauky v krainakh Yevropy ta Azii : zbirnyk naukovykh prats*. s. 93-95.
- [19] Brychko, A. (2021). Internet tekhnolohii zakladakh okhorony zdorovia [Internet technologies in healthcare institutions.]. *Modern Economics : elektronne naukove fakhove vydannia z ekonomichnykh nauk*. 29, S. 24-28. [https://doi.org/10.31521/modecon.V29\(2021\)-04](https://doi.org/10.31521/modecon.V29(2021)-04)
- [20] Ostapovych, O., Ostapovych, N., & Mazurenko, Yu. (2023). ChatGPT in the training of philologists and translators. Challenges and prospects. *Scientific Proceedings of Ostroh Academy National University: Philology Series*, 17(85), 200–205. <https://journals.oa.edu.ua/Philology/article/view/3842>
- [21] Dudin, O., Mintser, O., & Sulaieva, O. (2021). Shtuchnyi intelekt ta patolohiia nastupnogo pokolinnia: shliakh do personalizovanoi medytsyny [Artificial intelligence and pathology of the next generation: the path to personalized medicine]. *Pratsi Naukovoho tovarystva imeni Shevchenka. Medychni nauky*, 65(2). <https://doi.org/10.25040/ntsh2021.02.07>
- [22] Omelchenko, S. (2022, kviten 20-22) Vykorystannia shtuchnoho intelektu v medytsyni. Radioelektronika ta molod v XXI stolitti [Use of artificial intelligence in medicine. Radio electronics and youth in the 21st century] (5, s. 36-37). Kharkiv : KhNURE.
- [23] Ostapovych, N., Ostapovych, O., & Mazurenko, Y. (2023). Brainstorming Game Technologies in the Teaching Practice of Higher Education Institutions. *Educological Discourse*, (2(41), 141–160. <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2023.210>
- [24] Mintser, O. P. ., Romanov, V. O., Haleliuka, I. B., & Voronenko, O. V. (2020). Tekhnolohii shtuchnoho intelektu v medychnii praktytsi [Technologies of artificial intelligence in medical practice.]. *Medychna informatyka ta inzheneriia*, (2), 17–27. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2020.2.11171>
- [25] Rizak, H. V. (2023). Perspektyvy rozvytku dokazovoi medytsyny v umovakh naiavnosti shtuchnoho intelektu y suchasnykh tekhnolohii: rol zakladiv vyshchoi medychnoi osvity v Ukraini [Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні]. *Perspektyvy ta innovatsii nauky (Seriiia «Pedagogika», Seriiia «Psykhologhiia», Seriiia «Medytsyna»)*. 12(30), 1033 – 1049.
- [26] Dobrovol'ska, A. (2017). Formuvannia IT-kompetentnosti maibutnikh fakhivtsiv v mezhakh realizatsii modeli pedagogichnoi systemy [Formation of IT competence of future specialists within the framework of the implementation of the pedagogical system model]. *Molodyi vchenyi*. 5, 312-324. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv\\_2017\\_5\\_75](http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_5_75)
- [27] Holzinger, A., Langs, G., Denk, H., Zatloukal, K., & Müller, H. (2019). Causability and explainability of artificial intelligence in medicine. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(4). <https://doi.org/10.1002/widm.1312>
- [28] Briganti, G., & Le Moine, O. (2020). Artificial intelligence in medicine: Today and tomorrow. *Frontiers in Medicine*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00027>
- [29] Kulkarni, S., Seneviratne, N., Baig, M. S., & Khan, A. H. A. (2020). Artificial intelligence in medicine: Where are we now? *Academic Radiology*, 27(1), 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.10.001>
- [30] Muehlematter, U. J., Daniore, P., & Vokinger, K. N. (2021). Approval of artificial intelligence and machine learning-based medical devices in the USA and Europe (2015–20): a comparative analysis. *The Lancet. Digital Health*, 3(3), e195–e203. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(20\)30292-2](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(20)30292-2)

- [31] Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher*, 41(9), 976–980. <https://doi.org/10.1080/0142159x.2019.1595557>
- [32] Kai Siang Chan, Nabil Zary (2019). Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. *JMIR Med Educ* 2019;5(1):e13930
- [33] Chowdhary, K. R. (2020). Natural Language Processing. *Fundamentals of Artificial Intelligence*, pp. 603–649.
- [34] Korukonda, Appa Rao. (2003). Taking Stock of Turing Test: A Review, Analysis, and Appraisal of Issues Surrounding Thinking Machines. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(2), 240–257, [https://doi.org/10.1016/s1071-5819\(02\)00139-8](https://doi.org/10.1016/s1071-5819(02)00139-8)
- [35] Vaswani, Ashish, et al. (2017). Attention is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 30-31.
- [36] Devlin J., Chang M.W., Lee K., Toutanova K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *arXiv [cs.CL]*. Available from: <http://arxiv.org/abs/1810.04805>
- [37] Topol E.J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 25(1)6 44-56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
- [38] Sharma, J. (2023, February 7). Understanding attention mechanism in transformer neural networks. *LearnOpenCV – Learn OpenCV, PyTorch, Keras, Tensorflow with Examples and Tutorials*; Satya Mallick. <https://learnopencv.com/attention-mechanism-in-transformer-neural-networks/>
- [39] Zhang, Ye, et al. (2020). Optimizing the Factual Correctness of a Summary: A Study of Summarizing Radiology Reports. *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*.
- [40] Anthropic. (2022). Introducing MICA: Medical Causality Configuration Annotation. Anthropic, [www.anthropic.com](http://www.anthropic.com).
- [41] Anthropic. (2022). AI-Assisted Care - Clara. Anthropic, [www.anthropic.com](http://www.anthropic.com).
- [42] Gianfrancesco, M. A., Tamang, S., Yazdany, J., & Schmajuk, G. (2018). Potential biases in machine learning algorithms using electronic health record data. *JAMA Internal Medicine*, 178(11), 1544. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.3763>.
- [43] Berner, E. S., & Ozaydin, B. (2017). Benefits and risks of machine learning decision support systems. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 318(23), 2353. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.16619>.
- [44] Tonekaboni, Sana, et al. (2019). What Clinicians Want: Contextualizing Explainable Machine Learning for Clinical End Use. *Machine Learning for Healthcare Conference*.
- [45] Viju Raghupathi, W. R. (2013). An overview of health analytics. *Journal of Health & Medical Informatics*, 04(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7420.1000132>.