

ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ МЕДИЧНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ТА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ

І. П. Кривенко, К. О. Чалий

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця

У статті здійснено аналіз практичних аспектів застосування медичного штучного інтелекту (ШІ), що охоплюють широкий спектр завдань у галузі охорони здоров'я та професійної освіти. Розглянуто використання спеціалізованих рішень на основі ШІ, інтеграцію експертних систем та інтелектуальної робототехніки в клінічну практику з метою вдосконалення діагностики, лікування, реабілітації та моніторингу показників здоров'я пацієнтів.

Приділено увагу характеристиці платформ для розроблення та впровадження медичних рішень на основі ШІ, зокрема рішень Google Health. Проаналізовано функціональні можливості компонентів Google Health, таких як Med-PaLM, призначений для оброблення природної мови й аналізу текстових даних, включаючи електронні медичні записи (EHR), клінічні протоколи та наукові статті, та мультимодальної моделі Med-Gemini, що забезпечує аналіз текстових, візуальних і сигнальних медичних даних, прогнозування ризиків і підтримку діагностики. Відзначено високу ефективність Med-Gemini в автоматизації аналізу медичних зображень, опрацюванні клінічних запитів, прогнозуванні ризиків захворювань і генерації медичних звітів із експертним оцінюванням. Наведено класифікацію типів промтів у клінічній практиці та приклади їх застосування з використанням Med-Gemini.

Обґрунтовано, що сучасні технології ШІ здатні не лише вдосконалити існуючі експертні системи, але й інтегрувати їх в електронні медичні записи, створюючи єдину екосистему для підтримки клінічних рішень. Така інтеграція дозволяє лікарям оперативно отримувати релевантні рекомендації під час надання медичної допомоги, знижувати кількість діагностичних помилок і підвищувати ефективність лікування. Розглянуто функціональні можливості провідних експертних систем в охороні здоров'я, таких як IBM Watson, UpToDate, Epocrates, та їх потенціал для інтеграції з електронними медичними записами. Підкреслено роль інтелектуальної робототехніки з алгоритмами ШІ в упровадженні інноваційних підходів у хірургії, реабілітації та догляді за пацієнтами.

Результати дослідження підтверджують, що медичний ШІ являється потужним інструментом, здатним не лише суттєво покращити якість медичної допомоги, але й значно підвищити рівень професійної підготовки професіоналів сфери охорони здоров'я.

Ключові слова: медичний штучний інтелект, машинне та глибоке навчання, великі мультимодальні моделі, експертні системи, інтелектуальна робототехніка, Google Health, Med-Gemini.

FUNCTIONAL CAPABILITIES OF MEDICAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR HEALTHCARE AND PROFESSIONAL EDUCATION

I. P. Kryvenko, K. O. Chalyy

Bogomolets National Medical University

Background. Practical aspects of the application of medical artificial intelligence (AI) aimed at improving clinical practice and the process of training physicians in digital technologies are of critical importance. Medical AI not only expands the capabilities of modern medicine but also establishes new standards for diagnostics, treatment, and education in healthcare. Its application spans all stages of medical care delivery – from initial diagnostics to long-term monitoring of chronic conditions.

Materials and Methods. The results of the study were systematized using scientific publication databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, EMBASE, ERIC, IEEE Xplore, Semantic Scholar, and ScienceDirect. Bibliographic search methods, information structuring, and systems analysis were utilized at various stages of the research. The study focused on practical applications of medical AI, highlighting Google Health solutions, including specialized AI models such as Med-PaLM and Med-Gemini for healthcare tasks, as well as the DeepMind Health tool for medical imaging analysis. Expert systems like IBM Watson, UpToDate, and Epocrates, which can be integrated into electronic health records (EHR), were also analyzed.

Results. The functional capabilities of Google Health components were analyzed, including Med-PaLM, designed for natural language processing and text data analysis (e.g., EHRs, clinical protocols, and scientific articles), and the multimodal Med-Gemini model, which performs analysis of textual, visual, and signal-based medical data, risk prediction, and diagnostic support. The study highlighted Med-Gemini's high efficiency in automating medical image analysis, processing clinical queries, predicting disease risks, and generating medical reports with expert assessment. A classification of prompt types in clinical practice and examples of their use with Med-Gemini were provided. It was substantiated that modern AI technologies can not only enhance existing expert systems but also integrate them into EHRs, creating a unified ecosystem for clinical decision support. The role of intelligent robotics with AI algorithms in introducing innovative approaches to surgery, rehabilitation, and patient care was emphasized.

Conclusions. The results of the study confirm that medical AI is a powerful tool capable of significantly improving the quality of medical care while also enhancing the professional training of medical specialists.

Keywords: medical artificial intelligence, machine learning, deep learning, large multimodal models, expert systems, intelligent robotics, Google Health, Med-Gemini.

Вступ. Актуальність розгляду практичних аспектів застосування та функціональних можливостей медичного штучного інтелекту (ШІ) в галузі охорони здоров'я та професійної освіти дедалі набуває все більшої обґрунтованості, адже медичний ШІ не лише розширює можливості сучасної медицини, але й формує нові стандарти діагностики, лікування та навчання в галузі охорони здоров'я. Завдяки інтеграції передових технологій, медичний ШІ демонструє здатність підвищувати точність клінічних рішень, автоматизувати рутинні завдання та забезпечувати персоналізований підхід до лікування пацієнтів. Його застосування охоплює всі етапи надання медичної допомоги – від первинної діагностики до довгострокового моніторингу хронічних станів.

Раніше, у статті «Трансформаційний потенціал медичного штучного інтелекту для галузі охорони здоров'я та професійної освіти: технологічні складові» нами розглянуто технологічні основи медичного ШІ, що важливі для формування розуміння його зростаючої ролі. У зазначеному дослідженні було визначено, що медичний ШІ – комплекс технологій, що інтегруються в клінічну практику, забезпечуючи рішення для конкретних медичних завдань, таких як діагностика, лікування, реабілітація та моніторинг показників здоров'я пацієнтів. Його базовими технологічними складовими є алгоритми машинного (ML) і глибокого навчання (DL), великі мультимодальні моделі (LMM), обробка природної мови (NLP), комп'ютерний зір (CV), експертні системи та інтелектуальна робототехніка. Ці технології забезпечують комплексний аналіз різноманітних медичних даних, таких як медичні зображення, електронні медичні записи, геномні дані, дані носимих пристроїв та Інтернету медичних речей для прийняття клінічних рішень, заснованих на найкращих доступних доказах.

Практичні аспекти застосування медичного ШІ є багатогранними. Наприклад, інтеграція алгоритмів комп'ютерного зору в діагностичні процеси дозволяє забезпечити більш швидке та точне виявлення патологій. Технології оброблення природної мови спрощують аналіз електронних медичних записів (EHR) та наукової літератури, надаючи лікарям можливість зосередитися на прийнятті рішень, заснованих на найкращих доказах. У підготовці лікарів медичний ШІ

допомагає створювати інноваційні підходи до навчання. Наприклад, симуляційні системи з використанням генеративного ШІ дозволяють моделювати реальні клінічні сценарії, що покращує підготовку спеціалістів до роботи в умовах підвищеної складності. Важливим є також впровадження навчальних програм, що формують цифрову компетентність лікарів, забезпечуючи їх готовність ефективно використовувати медичний ШІ в клінічній практиці.

Практичним аспектам застосування медичного ШІ присвячена низка досліджень, опублікованих протягом 2020–2024 років. Дослідження [1] акцентує на перспективності великих мовних моделей (LLM), що можуть стати найважливішим інструментом у клінічній практиці лікаря. У роботі [2] проведено аналіз клінічного застосування ШІ у різних медичних спеціальностях, обґрунтовується проблеми клінічної інтеграції ШІ. Наголошено, що ШІ є джерелом великих можливостей у клінічній допомозі та його слід розглядати як новий додатковий інструмент у роботі клініцистів. У кардіології методи ШІ ефективно застосовуються у візуалізації, електрокардіографії, роботі з переносними пристроями, прогнозуванні ризиків і діагностиці захворювань серцево-судинної системи [3]. У неврології технології ШІ активно використовуються для аналізу зображень (КТ, МРТ, ПЕТ), електроенцефалографії, діагностики епілепсії, хвороби Альцгеймера, черепно-мозкових травм тощо [4], а також для лікування, реабілітації та тривалого контролю неврологічних розладів.

Окремо підкреслюється революційний потенціал згорткових нейронних мереж, які являються інструментом глибокого навчання, для ендоскопії шлунково-кишкового тракту [5], що дозволяє вдосконалити інтерпретацію результатів езофагогастродуоденоскопії та капсульної ендоскопії. У гастроентерології ШІ успішно використовується для діагностики інфекцій (зокрема *Helicobacter pylori*), виявлення запальних захворювань кишечника, раку шлунка, неоплазій стравоходу та інших патологій підшлункової залози й печінки [1, 6]. Штучний інтелект також знаходить застосування в анестезіології [7], де він допомагає визначати оптимальне дозування препаратів для седації та контролювати стан пацієнта в режимі реального часу під час хірургічних утручань. У сфері ендокринології ШІ

демонструє значний потенціал завдяки прогресу методів машинного та глибокого навчання. Покращений скринінг, діагностика, прогнозування ризиків, персоналізоване лікування й оптимізоване ведення пацієнтів є ключовими напрямками, у яких ці технології сприяють підвищенню ефективності медичної допомоги [8]. В офтальмології ШІ використовується для лікування захворювань, що погіршують зір [9], таких як вікова макулярна дегенерація, діабетична ретинопатія, глаукома, катаракта тощо.

У дослідженні [10] узагальнено, що технології ШІ докорінно змінюють усю систему охорони здоров'я, створюючи принципово нову платформу ранньої та диференціальної діагностики захворювань, забезпечуючи реальну персоналізацію надання медичної допомоги, будуючи теорію реабілітації хворих та рекреації довілля. В дослідженні [11] оцінюються можливості використання ШІ в медицині та аргументується, що ШІ є перспективним напрямом розвитку у клінічній практиці. Разом із цим встановлено, що більшість досліджень, які порівнюють ефективність ШІ, наразі потребують уточнення оскільки вони недостатньо масштабні.

Автори систематичного огляду [12] визначили ключові фактори, що впливають на впровадження клінічного ШІ з позиції практикуючих лікарів. Зазначається, що медичні працівники, загалом високо оцінюючи потенціал ШІ, акцентують увагу на необхідності глибшого розуміння цих технологій у контексті власної практики. Для відповідального та ефективного впровадження ШІ в охорону здоров'я дослідники [13] пропонують низку заходів, серед яких пріоритетними є комплексні стратегії кібербезпеки та надійний захист даних пацієнтів. Водночас автори наголошують на важливості міждисциплінарної співпраці та подальших досліджень для максимального розкриття потенціалу ШІ в медицині. Так, автори роботи [14] підкреслюють необхідність багатоцентрової перевірки результатів, отриманих ШІ.

Аналіз наукових публікацій засвідчує високий інтерес і позитивну оцінку рішень Google Health і Microsoft, зокрема, моделей ШІ для широкого спектру медичних завдань. Ginavane A. та колеги обґрунтовують, що використання захищеної інфраструктури Google Cloud Platform

покращує керування медичними даними в системах електронних медичних записах на основі HL7, забезпечуючи швидше оброблення та зменшене споживання часу та місця порівняно з централізованим зберіганням [15]. У дослідженні [16, 17] обґрунтовується, що медичний чат-бот Med-PaLM демонструє високий потенціал мультимодальних даних для клінічної практики. Зазначається, що великі мовні моделі показали перспективу у відповідях на медичні запитання, причому Med-PaLM був першим, що перевищив «прохідний» бал у питаннях стилю іспиту медичного ліцензування США. В дослідженнях [18, 19] ґрунтовно описуються можливості моделей Med-Gemini. Наводяться докази ефективності Med-Gemini, що може перевершувати експертів-людей у таких завданнях, як узагальнення медичних текстів. Зазначається, що Med-Gemini демонструє багатообіцяючий потенціал для мультимодального медичного діалогу, медичних досліджень та освіти. Наголошено, що за популярним тестом MedQA (USMLE) найефективніша модель Med-Gemini досягає продуктивності SoTA з точністю 91,1 %.

У дослідженні [20] проведено порівняльний аналіз поширених мовних моделей. Встановлено, що ChatGPT являється лідером у наданні персоналізованої підтримки психічного здоров'я та покращенні лікування хронічних захворювань. Gemini Advanced розширює межі ШІ в охороні здоров'я за допомогою аналізу даних, сприяючи ранньому виявленню захворювань і підтримці прийняття медичних рішень. Copilot, бездоганно інтегруючись із системами охорони здоров'я, оптимізує клінічні робочі процеси та заохочує культуру інновацій серед медичних працівників. У роботі [21, 22] досліджено рішення Microsoft для охорони здоров'я та медичної освіти.

Отже, медичний ШІ не лише трансформує галузь охорони здоров'я, а й вимагає комплексного підходу до його впровадження та інтеграції у клінічній практиці і медичній освіті. В цій статті, що являється логічним продовженням нашого дослідження «Трансформаційний потенціал медичного штучного інтелекту для галузі охорони здоров'я та професійної освіти: технологічні складові», пропонуємо розглянути практичні аспекти та функціональні особливості застосування медичного ШІ, спрямованого на вдосконалення діагностики та лікування пацієнтів, а також

на формування та вдосконалення цифрових компетентностей лікарів.

Мета дослідження: здійснити аналіз практичних аспектів застосування медичного ШІ у галузі охорони здоров'я та професійній медичній освіті. Приділити увагу огляду основних платформ для розроблення та впровадження рішень медичного ШІ, зокрема рішень Google Health для оптимізації діагностики, лікування, моніторингу пацієнтів і управління медичними даними. Охарактеризувати практичні аспекти застосування експертних систем та інтелектуальної робототехніки. Акцентувати увагу на потребі вдосконалення підготовки лікарів у контексті цифрових технологій, формування їхньої компетентності стосовно використання медичного ШІ, а також визначити перспективи інтеграції цих технологій у сучасну охорону здоров'я та освіту.

Матеріал і методи дослідження. Результати дослідження систематизовано з використанням таких баз наукових періодичних видань: PubMed, Scopus, Web of Science, EMBASE, ERIC, IEEE Xplore, Semantic Scholar, ScienceDirect тощо. На різних етапах дослідження використовувалися методи бібліографічного пошуку, структурування інформації та системного аналізу. Для розгляду практичних аспектів застосування медичного ШІ обрано рішення Google Health, зокрема, спеціалізовані моделі штучного інтелекту Med-PaLM, Med-Gemini для вирішення завдань охорони здоров'я та інструмент DeepMind Health для аналізу медичних зображень. Розглянуто експертні системи IBM Watson, UpToDate, Epocrates тощо, які можуть бути інтегровані

в електронні медичні записи, створюючи єдину екосистему для підтримки клінічних рішень.

Результати та їх обговорення. Програмні платформи та інструменти медичного ШІ є ключовими компонентами у розвитку інноваційних рішень для клінічної практики та медичної освіти. Вони забезпечують розроблення, навчання, тестування та впровадження алгоритмів ШІ, що застосовуються для діагностики, лікування, реабілітації та моніторингу показників здоров'я пацієнтів. Програмні платформи для медичного ШІ можна класифікувати за їх функціональними можливостями:

1. Фреймворки для машинного навчання (TensorFlow, PyTorch) – забезпечують базову інфраструктуру для створення моделей ШІ;
2. Хмарні рішення (Google Cloud AI, AWS AI, Azure AI) – інтегровані сервіси для розгортання моделей та зберігання великих обсягів даних;
3. Спеціалізовані платформи для медичних додатків (IBM Watson Health, NVIDIA Clara) – орієнтовані на конкретні задачі сфери охорони здоров'я, наприклад, персоналізовану терапію, обробку медичних зображень;
4. Інструменти для оброблення природної мови (Hugging Face Transformers) – фокусуються на аналізі клінічних текстів;
5. Мультимодальні системи (Google Med-PaLM, Med-Gemini) – працюють із різномірними даними (текст, зображення, сигнали).

У табл. 1 розглянемо основні характеристики платформ для розроблення та впровадження медичних рішень на основі ШІ.

Таблиця 1

Платформи для розроблення та впровадження медичних рішень на основі штучного інтелекту

Платформа	Основне призначення	Особливості	Застосування
1	2	3	4
TensorFlow	Машинне і глибоке навчання	• Платформа з відкритим кодом для ML, розроблена компанією Google. • Підтримує широкий спектр алгоритмів. • Має інтеграцію з TFX для розгортання моделей.	Діагностика на основі аналізу медичних зображень, прогнозування захворювань на основі електронних медичних записів. <i>Приклад:</i> виявлення ретинопатії у пацієнтів з діабетом.

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Google Cloud AI	Машинне і глибоке навчання, хмарні рішення для аналізу даних	• Хмарна платформа для розробки та розгортання моделей ШІ. • Інтеграція з BigQuery для аналізу великих даних.	Аналіз даних із носимих пристроїв для моніторингу стану пацієнтів, розробка чат-ботів для телемедицини. <i>Приклад:</i> моніторинг хронічних захворювань
Azure AI	Машинне і глибоке навчання, хмарні рішення для аналізу даних	• Надає інструменти для роботи з електронними медичними записами та аналітики великих даних. • Забезпечення відповідності нормативним вимогам, безпеки даних.	Автоматизація процесів у клініках, розроблення інструментів для прогнозування стану пацієнтів, моніторингу хронічних хвороб, підтримки телемедичних консультацій. <i>Приклад:</i> рішення для автоматизованого аналізу EHR з використанням Azure AI Health Bot.
PyTorch	Глибоке навчання	• Гнучка бібліотека для DL, популярна серед дослідників завдяки простоті використання та інтеграції з Python.	Сегментація медичних зображень, генерація синтетичних медичних даних для навчання моделей. <i>Приклад:</i> аналіз МРТ мозку.
IBM Watson Health	Аналіз даних, NLP	• Платформа для аналітики та інтелектуального оброблення даних у медичній галузі. • Інтеграція з електронними медичними записами.	Персоналізована терапія, оброблення природної мови для аналізу клінічних текстів, підтримка прийняття рішень у діагностиці та терапії. <i>Приклад:</i> Watson for Oncology.
NVIDIA Clara	Оброблення зображень	• Платформа, орієнтована на оброблення медичних зображень та аналіз даних.	Планування хірургічних втручань. <i>Приклад:</i> виявлення раку легенів.

Провідні світові корпорації, такі як Google та Microsoft, активно розробляють високопродуктивні медичні рішення на базі ШІ через значний попит на інновації, викликаний стрімким зростанням обсягів медичних даних.

Google Health – це інноваційна екосистема рішень, спрямована на трансформацію системи охорони здоров'я завдяки впровадженню цифрових технологій і ШІ. *Google Health* об'єднує

інструменти, платформи та ініціативи для оптимізації діагностики, лікування, моніторингу пацієнтів і управління медичними даними. *Google Health* побудована як інтегрована система, що охоплює кілька ключових рівнів:

- *технологічна основа* – платформи для оброблення даних (*Google Cloud*, *BigQuery*) і розроблення моделей ШІ;

- *рішення на основі ШІ* – інструменти для аналізу медичних даних, включаючи Med-PaLM і Med-Gemini;

- *інтеграційні платформи* – сервіси для управління медичними записами, аналітики даних і співпраці між закладами охорони здоров'я;

- *програми для кінцевих користувачів* – інструменти для пацієнтів і медичних працівників, такі як мобільні застосунки та платформи для клінічних досліджень.

Компоненти Google Health:

1. *Моделі ШІ Med-PaLM та Med-Gemini.* Med-PaLM – це інструмент для оброблення природної мови для аналізу текстових даних, таких як електронні медичні записи, клінічні протоколи та дослідницькі статті. Med-Gemini – це мультимодальна модель, що аналізує текстові, візуальні та сигнальні медичні дані для генерації відповідей, прогнозування ризиків, підтримки діагностики і лікування.

2. *Інструмент для аналізу медичних зображень DeepMind Health*, що включає офтальмологічну діагностику, аналіз комп'ютерних томограм і рентгенівських знімків.

3. *Хмарні технології Google Cloud for Healthcare* для безпечного зберігання та оброблення медичних даних, машинного та глибокого навчання. Крім того, до цих технологій належить BigQuery – система аналітики великих даних для дослідження та виявлення трендів у популяційному здоров'ї.

4. *Інструменти для клінічних досліджень Google Health Studies App* – платформа для участі пацієнтів у клінічних дослідженнях, збирання анонімізованих даних для аналізу здоров'я населення.

5. *Інтеграція з носимими пристроями Google Fit* – забезпечує моніторинг фізіологічних параметрів, таких як частота серцевих скорочень, рівень фізичної активності, здійснює зв'язок із платформами ШІ для аналізу даних у реальному часі.

Модель Med-Gemini, побудована на базі технології Gemini від Google, має потенціал удосконалити підходи до клінічної практики та професійної освіти. Завдяки своїм мультимодальним можливостям, здатності інтегрувати різноманітні дані та високій адаптивності, ці рішення стають потужними інструментами для діагностики, прогнозування, лікування та навчання.

Med-Gemini – це спеціалізовані медичні моделі, створені на базі моделі Gemini від Google, що була представлена у 2024 р. Gemini є фундаційною мультимодальною моделлю ШІ, що поєднує можливості LLM із мультимодальним аналізом даних (тексту, зображень, сигналів). Моделі Med-Gemini спрямовані на покращення оброблення медичних даних із використанням мультимодального аналізу. Вони оптимізовані для роботи з медичними зображеннями (2D і 3D), гістопатологією, офтальмологією, дерматологією, а також генетичними даними. Основні досягнення Med-Gemini:

- *Med-Gemini-2D* демонструє високу точність у створенні звітів на основі рентгенівських знімків грудної клітини, перевершуючи попередні моделі;

- *Med-Gemini-3D* є першою моделлю, що генерує звіти на основі 3D-комп'ютерної томографії;

- *Med-Gemini-Polygenic* перевершує стандартні підходи до прогнозування ризиків захворювань за генетичними даними.

Серед ключових можливостей Med-Gemini можна виокремити: генерацію медичних звітів із використанням експертного оцінювання, класифікацію медичних зображень із високою точністю, здатність до оброблення питань і відповідей у радіології та інших спеціальностях, прогнозування ризику захворювань на основі поліморфних ризикових скорів. Особливості Med-Gemini:

1. *Мультимодальність* – Med-Gemini може одночасно обробляти різні типи медичних даних, такі як текст (електронні медичні записи, наукові статті), зображення (рентген, КТ, МРТ), фізіологічні сигнали (ЕКГ, ЕЕГ) та геномні дані.

2. *Інтеграція з LLM* – використання технологій Gemini може забезпечувати глибоке розуміння медичних текстів, інтерпретацію зображень і створення науково обґрунтованих рекомендацій;

3. *Підтримка прийняття рішень* – Med-Gemini може аналізувати багатовимірні дані пацієнта для прогнозування результатів лікування, підбору терапії та запобігання ускладнень;

4. *Адаптивність* – модель постійно навчається на нових даних, ураховуючи найсучасніші медичні протоколи та дослідження.

У табл. 2 розглянемо функціональні можливості Med-Gemini.

Таблиця 2

Функціональні можливості Med-Gemini

Функція	Опис	Приклад реалізації та переваги
Діагностика	Виявлення патологій і аналіз симптомів	Виявлення патологій на медичних зображеннях, наприклад, автоматична інтерпретація рентгенограм легень для діагностики пневмонії. <i>Перевага:</i> підвищення точності діагностики, зменшення часу аналізу.
Прогнозування	Прогнозування ризиків і результатів лікування	Оцінювання ризику ускладнень на основі мультимодальних даних, наприклад, прогноз ускладнень після операцій на серці. <i>Перевага:</i> персоналізація лікування, зниження ризиків.
Планування терапії	Підбір персоналізованої терапії на основі даних пацієнта	Підбір індивідуальних лікувальних схем на основі аналізу симптомів і геноміки, наприклад, рекомендації для лікування онкології з урахуванням генетичних мутацій пацієнта. <i>Перевага:</i> підвищення ефективності лікування, урахування унікальних особливостей пацієнта.
Навчання	Підтримка професійної освіти через моделювання клінічних сценаріїв	Моделювання сценаріїв для навчання студентів і лікарів. <i>Перевага:</i> підвищення рівня практичної підготовки.
Автоматизація документації	Створення медичних звітів і висновків	Генерація текстових звітів для лікарів і пацієнтів. <i>Перевага:</i> скорочення часу на адміністративні завдання, підвищення якості записів.

Ефективна взаємодія користувачів із моделями ШІ значною мірою залежить від правильного формулювання запитів або промтів. У медичній сфері це набуває особливого значення, оскільки якість і точність отриманих результатів такої взаємодії із ШІ може безпосередньо впливати на клінічні рішення та здоров'я пацієнтів.

Промт (prompt) у сфері ШІ – це текстовий або інший вхідний запит, що спрямовує модель ШІ на виконання певного завдання. У медичному контексті промт задає рамки для взаємодії лікаря з моделлю ШІ, щоб отримати точну та релевантну інформацію або рекомендації. Промт може бути формальним запитанням, інструкцією або структурованим текстом, що визначає завдання для ШІ. У клінічній практиці правильне використання промтів дозволяє лікарям отримувати відповідну підтримку прийняття рішень, уточнювати діагнози, генерувати клінічні висновки тощо. Використання промтів у медичному ШІ базується на принципі максимально чіткого

та контекстно орієнтованого запиту. Запит повинен бути максимально конкретним, лаконічним та уникати багатозначності.

Для отримання релевантної відповіді лікар має забезпечити ШІ необхідним контекстом. Це може включати клінічні дані, результати лабораторних досліджень або демографічні характеристики пацієнта. Наприклад: «Пацієнт: чоловік, 45 років, з тривалою історією тютюнопаління та хронічною нікотиновою залежністю. Скарги: задишка, кашель, втрата ваги за останні 3 місяці. Питання: чи слід підозрювати рак легень, і які дослідження рекомендуються?». Якщо відповідь недостатньо деталізована або виходить за рамки теми, лікар може уточнити запит. Наприклад: початковий промт: «Який протокол лікування пацієнта з COVID-19?». Уточнення: «Який протокол лікування пацієнта з COVID-19 середнього ступеня тяжкості за рекомендаціями ВООЗ станом на 2024 рік?». Розглянемо класифікацію типів промтів у клінічній практиці у табл. 3.

Таблиця 3

Класифікація типів промтів у клінічній практиці

Тип промту	Опис	Приклад
Діагностичний	Спрямований на уточнення діагнозу або диференціальну діагностику	«Які захворювання можуть спричинити високу температуру та біль у горлі у дитини 5 років?»
Терапевтичний	Спрямований на вибір методу лікування або оцінку ефективності терапії	«Чи рекомендовано призначати антибіотики для лікування бронхіту у пацієнта без супутніх захворювань?»
Прогностичний	Використовується для оцінки прогнозу перебігу захворювання або ризиків	«Який прогноз виживаності для пацієнта з діагнозом рак підшлункової залози IV стадії?»
Освітній	Орієнтований на навчання лікаря, интерна чи студента	«Поясни патофізіологію септичного шоку простою мовою»
Адміністративний	Спрямований на покращення адміністративної роботи, включаючи ведення документації або рекомендації	«Напиши шаблон епікризу для пацієнта після апендектомії»

Промти також можна використовувати для моделювання клінічних ситуацій у навчальних цілях. Наприклад, викладач може задати сценарій студенту через ШІ, який генерує можливі питання

для обговорення: «Оцініть результати лабораторних досліджень пацієнта з анемією. Вкажіть можливі причини». На рис. 1 та 2 пропонуємо розглянути приклади промтів для роботи з Med-Gemini [18, 19].

Prompt


You are a helpful medical video assistant.

Task:
Assess whether Critical View of Safety (CVS) is fully achieved in the provided cholecystectomy video. The Critical View of Safety (CVS) is fully achieved if the following three criteria are met:

- C1: Clear view of 2 tubular structures connected to the gallbladder.
- C2: A carefully dissected hepatocystic triangle presenting an unimpeded view of only the 2 cystic structures and the cystic plate.
- C3: The lower third of the gallbladder is dissected off the cystic plate.

Instructions:

1. Watch the video carefully, and answer which of the Critical View of Safety (CVS) criteria are met.
2. Output Format:
 - CVS Assessment:
 - C1 - achieved / partially achieved / not achieved (Optional explanation)
 - C2 - achieved / partially achieved / not achieved (Optional explanation)
 - C3 - achieved / partially achieved / not achieved (Optional explanation)

Response

CVS Assessment:
C1 - partially achieved: Two tubular structures are visible but the view is not entirely clear due to some bleeding obscuring the area.
C2 - not achieved: The hepatocystic triangle is not clearly dissected, and there is not an unimpeded view of only the two cystic structures and the cystic plate.
C3 - not achieved: The lower third of the gallbladder is not dissected off the cystic plate.

Рис. 1. Приклад промту 1 у роботі з Med-Gemini [18]

Prompt
Given the following chest X-ray, describe the FINDINGS and IMPRESSION in the image.

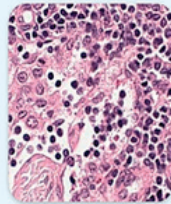


Response
FINDINGS: The lungs are clear without focal consolidation. No pleural effusion or pneumothorax is seen. The cardiac and mediastinal silhouettes are unremarkable. IMPRESSION: No acute cardiopulmonary process.

Radiologist Written Report
FINDINGS: Frontal and lateral views of the chest were obtained. No focal consolidation, pleural effusion or evidence of pneumothorax is seen. The cardiac and mediastinal silhouettes are unremarkable. No pulmonary edema is seen. IMPRESSION: No acute cardiopulmonary process. Please note that PCP may be radiographically occult.

a) [18]

Prompt
Tell me about this histopathology image.



Response
H&E stained section of a lymph node demonstrating the mix of small, mature lymphocytes and occasional larger immune cells.

Prompt
Is there any tumor in this image?

Response
No.

Prompt
What are the slightly larger cells in the middle left part of the image?

Response
These are likely immune cells called plasma cells, which are a normal part of the immune system.

б) [19]

Рис. 2. Приклади промтів 2 та 3 у роботі з Med-Gemini

Для зручності сприйняття надаємо до рис. 1 переклад запитів та коментарів українською мовою.

Промт: ти є дієвим медичним відео-асистентом. Твоє завдання: оціни, чи досягн.уто критичного рівня безпеки (Critical View of Safety, CVS) у наданому відео холецистектомії. Критичний рівень безпеки (CVS) вважається досягнутим, якщо виконані наступні три критерії:

C1 – чіткий вигляд двох трубчастих структур, що з'єднані з жовчним міхуром.

C2 – ретельно препарований гепатокістичний трикутник, що забезпечує безперешкодний вигляд лише двох кістичних структур і цистичної пластинки.

C3 – нижня третина жовчного міхура відсічена від цистичної пластинки.

Інструкція: (1) уважно переглянь відео та вкажи, які з критеріїв критичного рівня безпеки (CVS) виконано; (2) формат відповіді: оцінка CVS:

C1 – виконано / частково виконано / не виконано (Необов'язкове пояснення)

C2 – виконано / частково виконано / не виконано (Необов'язкове пояснення)

C3 – виконано / частково виконано / не виконано (Необов'язкове пояснення)

Відповідь: Оцінка CVS:

C1 – частково досягнуто: Видно дві трубчасті структури, але огляд не зовсім чіткий через деяке кровотечу, що затуляє область.

C2 – не досягнуто: Печінково-кишковий трикутник не чітко дисекований, і немає безперешкодного огляду тільки двох кістозних структур і кістозної пластинки.

C3 – не досягнуто: Нижня третина жовчного міхура не дисекована від кістозної пластинки.

Для зручності сприйняття надаємо до рис. 2 (а) переклад запитів та коментарів українською мовою.

Промт: дано рентгенівське зображення грудної клітки в прикріпленні, опиши знахідки та висновок для цього зображення.

Відповідь. Легені чисті, без ознак фокальної консолідації. Плевральний випіт або пневмоторакс не спостерігаються. Кардіальні та медіастинальні

силуети в межах норми. Висновок: Відсутній гострий кардіопульмональний процес.

Заключення від радіолога. Були виконані фронтальні та бічні рентгенівські знімки грудної клітки. Ознак фокальної консолидації, плеврального випоту або пневмотораксу не виявлено. Кардіальні та медіастинальні силуети не викликають підозр. Легеневого набряку немає. Висновок: Відсутній гострий кардіопульмональний процес. Зверніть увагу, що РСР може бути рентгенологічно прихованим.

Також надаємо до рис. 2 (б) переклад запитів та коментарів українською мовою.

Промт: розкажи мені про це гістопатологічне зображення. *Відповідь:* зріз лімфатичного вузла, забарвлений гематоксиліном та еозином, демонструє суміш дрібних, зрілих лімфоцитів та випадкових більших імунних клітин.

Промт: чи є на цьому зображенні якась пухлина? *Відповідь:* Ні.

Промт: що є більшими клітинами в лівій середній частині зображення? *Відповідь:* це, ймовірно, імунні клітини, які називаються плазматичними клітинами, що є нормальною частиною імунної системи.

Варто зазначити, що наразі прямий доступ до моделей ШІ Med-PaLM та Med-Gemini для широкого загалу обмежений. Ці моделі перебувають на етапі активних досліджень і розробок компанії Google. Med-PaLM і Med-Gemini відрізняються

від традиційних мовних моделей (GPT, Gemini, Claude тощо), оскільки вони створені спеціально для медицини, оптимізовані для клінічних питань та оброблення медичних даних, включаючи зображення (рентгенівські знімки, КТ, гістологія) та геномні дані. Google Health і Med-Gemini мають інструменти для роботи з електронними медичними записами (EHR) і створення структурованих медичних даних. Рішення Google Health спрямоване на суворе дотримання стандартів конфіденційності (HIPAA, GDPR), на відмінну від традиційних мовних моделей, які не оптимізовані для роботи з чутливою інформацією пацієнтів.

Експертні системи можуть використовувати сучасні технології ШІ для поліпшення точності діагностики та рекомендацій, заснованих на найкращих доступних доказах. Штучний інтелект може не лише вдосконалити існуючі експертні системи, але й забезпечити їх інтеграцію в електронні медичні записи, створюючи єдину екосистему для підтримки клінічних рішень. Це дозволить лікарям отримувати релевантні рекомендації безпосередньо в ході надання медичної допомоги, зменшуючи кількість діагностичних помилок і покращуючи якість лікування. У табл. 4 розглянемо функціональні можливості основних експертних систем у медицині, що можуть бути інтегровані в електронні медичні записи.

Таблиця 4

Огляд функціональних можливостей основних експертних систем для підтримки клінічних рішень

Система	Основні можливості	Принцип роботи, сильні сторони, застосування
1	2	3
IBM Watson (сфера застосування: онкологія)	Підтримка лікування онкологічних хвороб, персоналізована терапія, інтеграція з науковими базами	- Аналізує медичну історію пацієнта, лабораторні результати та генетичні дані. - Пропонує індивідуальні терапевтичні схеми, враховуючи останні наукові дослідження. - Дає можливість лікарям оцінювати переваги та ризики кожного варіанту лікування. <i>Сильні сторони:</i> - висока адаптивність до різних типів ракових захворювань; - постійне оновлення бази знань за рахунок інтеграції з науковою літературою. <i>Застосування:</i> Використовується в лікарнях США, Індії, Китаю та інших країн для підтримки рішень у онкології.

1	2	3
UpToDate (сфера застосування: загальна медицина)	Клінічна інформаційна система, що надає рекомендації на основі доказової медицини, інтеграція з електронними медичними записами, мобільна доступність	• Організовує пошук клінічної інформації за ключовими словами. • Пропонує діагностичні та терапевтичні підходи на основі сучасних клінічних рекомендацій. • Інтегрується з електронними медичними записами для автоматизації процесів. <i>Сильні сторони:</i> • регулярне оновлення інформації, що базується на останніх дослідженнях; • доступність для мобільних пристроїв, що забезпечує зручність використання. <i>Застосування:</i> Використовується лікарями у всьому світі як джерело швидких клінічних рекомендацій.
Eprocrates (сфера застосування: фармація)	Інформаційно-довідкова система про ліки, аналіз взаємодій ліків, дозування для пацієнтів	• Надає інформацію про фармакологічні властивості препаратів. • Аналізує взаємодій між ліками. • Надає рекомендації щодо дозування для різних категорій пацієнтів. <i>Сильні сторони:</i> • швидкий доступ до актуальної інформації про лікарські засоби; • інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для мобільних пристроїв. <i>Застосування:</i> Широко використовується в клінічній практиці для управління медикаментозною терапією.
DXplain (сфера застосування: освіта, діагностика)	Експертна система, що допомагає лікарям встановлювати діагноз на основі симптомів і лабораторних даних	• Пропонує список диференціальних діагнозів на основі введених даних. • Надає пояснення до кожного запропонованого діагнозу. • Рекомендує додаткові діагностичні обстеження для уточнення. <i>Сильні сторони:</i> • висока точність при роботі з типовими і рідкісними захворюваннями; • можливість навчання студентів на основі реальних клінічних сценаріїв. <i>Застосування:</i> Використовується в медичних навчальних закладах і лікарнях для підтримки діагностики.
ISABEL (сфера застосування: освіта, підтримка рішень у загальній практиці)	Система підтримки клінічних рішень, що генерує диференціальні діагнози, посилання на клінічні джерела, пропозиція обстежень	• Аналізує введені симптоми та клінічні дані. • Надає список можливих діагнозів із посиланнями на додаткову інформацію. • Пропонує рекомендовані обстеження для уточнення діагнозу. <i>Сильні сторони:</i> • простота у використанні, швидкість отримання результатів; • актуалізація бази знань на основі сучасних досліджень. <i>Застосування:</i> Інтегрована в навчальні програми медичних університетів і використовується в клініках.

Інтелектуальна робототехніка поєднує апаратні засоби, програмне забезпечення та алгоритми ШІ для виконання складних завдань, що раніше потребували виключно людського втручання. Алгоритми ШІ дозволяють роботам навчатися на основі попередніх даних і адаптувати свою

поведінку в реальному часі. Наприклад, хірургічні роботи можуть удосконалювати точність своїх рухів, навчаючись аналізувати історичні дані операцій. У табл. 5 розглянемо класифікацію інтелектуальної робототехніки в медичному ШІ.

Таблиця 5

Класифікація інтелектуальної робототехніки в медичному ШІ

Тип робототехнічної системи	Основна функція	Опис	Приклади застосування
Роботи для діагностики	Збір даних і скринінг	Системи для збору даних, проведення тестів або скринінгу захворювань	EndoBot для ендоскопічної діагностики
Хірургічні роботи	Асистування під час операцій	Роботи, що асистують під час операцій, забезпечуючи точність і стабільність	Da Vinci Surgical System для мінімально інвазивної хірургії
Роботи для реабілітації	Відновлення моторних функцій	Пристрої для відновлення моторних функцій або допомоги у фізіотерапії	EksoGT для реабілітації після інсульту або травм спинного мозку
Роботи-доглядальники	Автоматизація транспорту-вання	Автономні системи для допомоги пацієнтам у повсякденному житті	Роботи TUG для транспортування ліків, продуктів харчування або медичних матеріалів
Соціальні роботи	Покращення психоемоційного стану	Роботи, що взаємодіють із пацієнтами для покращення психоемоційного стану	Роботи Paro для терапії пацієнтів із деменцією

У підсумку можна стверджувати, що медичний штучний інтелект є ключовим компонентом трансформації системи охорони здоров'я та професійної медичної освіти. Використання інноваційних платформ, таких як Google Health, експертних систем і інтелектуальної робототехніки, відкриває нові можливості для підвищення точності діагностики, ефективності лікування та моніторингу стану пацієнтів. Разом із цим, важливою складовою інтеграції медичного ШІ є вдосконалення освітніх програм для лікарів, що сприятиме формуванню їхньої цифрової компетентності та здатності використовувати ці технології у клінічній практиці. Подальші дослідження й розвиток практичних рішень у цій галузі забезпечать перехід медицини на новий рівень, роблячи її більш персоналізованою,

інтегрованою та орієнтованою на потреби пацієнта.

Висновки. Медичний штучний інтелект демонструє значний потенціал для трансформації системи охорони здоров'я та професійної медичної освіти. Завдяки таким платформам, як Google Health, та спеціалізованим моделям ШІ Med-PaLM і Med-Gemini, забезпечується оптимізація діагностики, лікування, моніторингу пацієнтів і управління медичними даними. Інтеграція цих інновацій із електронними медичними записами та хмарними технологіями дозволяє створювати комплексні екосистеми для підтримки клінічних рішень.

Практичні аспекти застосування медичного ШІ охоплюють широкий спектр завдань, зокрема використання експертних систем, таких як IBM Watson, UpToDate, Epocrates, DXplain

та ISABEL, для покращення діагностики, терапії та освітніх процесів. Інтелектуальна робототехніка з алгоритмами ШІ також відіграє важливу роль у впровадженні інноваційних підходів у хірургії, реабілітації та догляді за пацієнтами.

Проведене дослідження акцентує увагу на необхідності вдосконалення підготовки лікарів у контексті цифрових технологій. Впровадження навчальних програм, орієнтованих на формування цифрової компетентності, критичного мислення та розуміння роботи алгоритмів ШІ, є ключовим для

ефективної інтеграції інновацій у клінічну практику.

Отримані результати підтверджують, що медичний ШІ є інструментом, здатним не лише вдосконалити якість медичної допомоги, але й підвищити якість професійної підготовки медичних фахівців. Подальші дослідження в цьому напрямі сприятимуть розширенню обізнаності про функціональні можливості медичного ШІ для галузі охорони здоров'я та професійної освіти.

Література.

1. Large language models: a primer and gastroenterology applications / Shahab O., Kurdi B., Shaukat A., Nadkarni G., Soroush A. // *Therapeutic Advances in Gastroenterology*. – 2024. – Vol. 17. – 17562848241227031.
2. Clinical applications of artificial intelligence – an updated overview / Busnatu Ș., Niculescu A., Bolocan A. et al. // *Journal of clinical medicine*. – 2022. – Vol. 11(8). – 2265.
3. Artificial intelligence in cardiology: applications and obstacles / Danilov A., Aronow W. // *Current Problems in Cardiology*. – 2023. – Vol. 48(9). – 101750.
4. Harnessing artificial intelligence for the diagnosis and treatment of neurological emergencies: a comprehensive review of recent advances and future directions / AbuAlrob M., Mesraoua B. // *Frontiers in Neurology*. – 2024. – Vol. 15. – 1485799.
5. Artificial intelligence in endoscopy / Okagawa Y., Abe S., Yamada M., Oda I., Saito Y. // *Digestive Diseases and Sciences*. – 2022. – Vol. 67(5). – P. 1553–1572.
6. Artificial intelligence – the rising star in the field of gastroenterology and hepatology / Stan-Ilie M., Sandru V., Constantinescu G. et al. // *Diagnostics*. – 2023. – Vol. 13(4). – 662.
7. Applications of artificial intelligence in anesthesia: A systematic review / Kambale M., Jadhav S. // *Saudi Journal of Anaesthesia*. – 2024. – Vol. 18(2). – P. 249–256.
8. Artificial intelligence in endocrinology: a comprehensive review / Giorgini F., Dalmazi G., Diciotti S. // *Journal of endocrinological investigation*. – 2024. – Vol. 47(5). – P. 1067–1082.
9. Artificial intelligence in ophthalmology / Popescu S., Mușat A., Patoni C. et al. // *Romanian Journal of Ophthalmology*. – 2023. – Vol. 67(3). – 207.
10. Штучний інтелект у медицині / Мінцер О. // Колективна монографія «Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні» за заг. ред. А. І. Шевченка. – 2023. – С. 151–174.
11. The use of artificial intelligence in health care. Problems of identification of patients' conditions in the processes of detailing the diagnosis / Mintser O. // *Artificial Intelligence*. – 2023. – № 1(95). – P. 8–11.
12. Stakeholder perspectives of clinical artificial intelligence implementation: systematic review of qualitative evidence / Hogg H., Al-Zubaidy M., James T. et al. // *Journal of Medical Internet Research*. – 2023. – Vol. 25. – e39742.
13. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice / Alowais S., Alghamdi S., Alsuhbany N. et al. // *BMC medical education*. – 2023. – Vol. 23(1). – 689.
14. Role of artificial intelligence in MS clinical practice / Bonacchi R., Filippi M., Rocca M. // *NeuroImage: Clinical*. – 2023. – Vol. 35. – 103065.
15. Improving Healthcare Data Management in HL7-Based EHR Systems with the Secure Infrastructure of Google Cloud Platform / Ginavane A., Prasanna S. // *Second International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoICI)*. IEEE, – 2024. – P. 195–202.
16. Toward expert-level medical question answering with large language models / Singhal K., Tu T., Gottweis J. et al. // *Nature Medicine*. – 2025. – P. 1–8.
17. Large language models encode clinical knowledge / Singhal K., Azizi S., Tu T. et al. // *Nature*. – 2023. – Vol. 620(7972). – P. 172–180.
18. Capabilities of Gemini models in medicine / Saab K., Tu T., Weng W., Tanno R. et al. // *arXiv preprint*. – 2024. – Vol. 2404. – 18416.

19. Advancing multimodal medical capabilities of Gemini / Yang L., Xu S., Sellergren A., Kohlberger T. et al. // arXiv preprint. – 2024. – Vol. 2405. – 03162.

20. Redefining Healthcare with Artificial Intelligence (AI): The Contributions of ChatGPT, Gemini, and Copilot / Alhur A. // Cureus. – 2024. – Vol. 16(4). – P. 1–9.

21. The internet of medical things in the patient-centered digital clinic's ecosystem / Kryvenko I.,

Hrynzovskyi A., Chalyy K. // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. Springer. – 2023. – Vol. 178. – P. 515–529.

22. Phenomenological toolkit of the metaverse for medical informatics' adaptive learning / Kryvenko I., Chalyy K. // Educación Médica. – 2023. – Vol. 24(5). – 100854.

References.

1. Shahab, O., El Kurdi, B., Shaukat, A., Nadkarni, G., Soroush, A. (2024). Large language models: a primer and gastroenterology applications. *Therapeutic Advances in Gastroenterology*, 17, 17562848241227031. doi: 10.1177/17562848241227031.

2. Busnatu, Ș., Niculescu, A. G., Bolocan, A. et al. (2022). Clinical applications of artificial intelligence—an updated overview. *Journal of clinical medicine*, 11(8), 2265. doi: 10.3390/jcm11082265.

3. Danilov, A., Aronow, W. S. (2023). Artificial intelligence in cardiology: applications and obstacles. *Current Problems in Cardiology*, 48(9), 101750. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2023.101750.

4. AbuAlrob, M. A., Mesraoua, B. (2024). Harnessing artificial intelligence for the diagnosis and treatment of neurological emergencies: a comprehensive review of recent advances and future directions. *Frontiers in Neurology*, 15, 1485799. doi: 10.3389/fneur.2024.1485799.

5. Okagawa, Y., Abe, S., Yamada, M., Oda, I., Saito, Y. (2022). Artificial intelligence in endoscopy. *Digestive Diseases and Sciences*, 67(5), 1553–1572. doi: 10.1007/s10620-021-07086-z.

6. Stan-Ilie, M., Sandru, V., Constantinescu, G. et al. (2023). Artificial intelligence—The rising star in the field of gastroenterology and hepatology. *Diagnostics*, 13(4), 662. doi: 10.3390/diagnostics13040662.

7. Kambale, M., Jadhav, S. (2024). Applications of artificial intelligence in anesthesia: A systematic review. *Saudi Journal of Anaesthesia*, 18(2), 249–256. doi: 10.4103/sja.sja_955_23.

8. Giorgini, F., Di Dalmazi, G., Diciotti, S. (2024). Artificial intelligence in endocrinology: a comprehensive review. *Journal of endocrinological investigation*, 47(5), 1067–1082. doi: 10.1007/s40618-023-02235-9.

9. Popescu, S. I., Mușat, A. A. M., Patoni, C. et al. (2023). Artificial intelligence in ophthalmology.

Romanian Journal of Ophthalmology, 67(3), 207. doi: 10.22336/rjo.2023.37.

10. Mintser, O. (2023). Shtuchnyi intelekt u medytsyni [Artificial intelligence in medicine]. *Kolektyvna monohrafiia «Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini» za zah. red. A. I. Shevchenka*, 151–174. doi: 10.15407/development_strategy_2023. [In Ukrainian].

11. Mintser, O. (2023). The use of artificial intelligence in health care. problems of identification of patients' conditions in the processes of detailing the diagnosis. *Artificial Intelligence*, 1(95), 8–11. doi:10.15407/jai2023.01.008.

12. Hogg, H. D. J., Al-Zubaidy, M., Denniston, A. K. et al. (2023). Stakeholder perspectives of clinical artificial intelligence implementation: systematic review of qualitative evidence. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e39742. doi: 10.2196/39742.

13. Alowais, S. A., Alghamdi, S. S., Alsuehaby, N. et al. (2023). Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education*, 23(1), 689. doi: 10.1186/s12909-023-04698-z.

14. Bonacchi, R., Filippi, M., Rocca, M. A. (2022). Role of artificial intelligence in MS clinical practice. *NeuroImage: Clinical*, 35, 103065. doi: 10.1016/j.nicl.2022.103065.

15. Ginavane, A., Prasanna, S. (2024). Improving Healthcare Data Management in HL7-Based EHR Systems with the Secure Infrastructure of Google Cloud Platform. *Second International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoICI)*. IEEE, 195–202. doi: 10.1109/ICoICI62503.2024.10696524.

16. Singhal, K., Tu, T., Gottweis, J. et al. (2025). Toward expert-level medical question answering with large language models. *Nature Medicine*, 1–8. doi: 10.1038/s41591-024-03423-7.

17. Singhal, K., Azizi, S., Tu, T. et al. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature*, 620, 172–180. doi: 10.1038/s41586-023-06291-2.
18. Saab, K., Tu, T., Weng, W. et al. (2024). Capabilities of gemini models in medicine. *arXiv preprint arXiv:2404.18416*.
19. Yang, L., Xu, S., Sellergren, A. et al. (2024). Advancing multimodal medical capabilities of Gemini. *arXiv preprint arXiv:2405.03162*.
20. Alhur, A. (2024). Redefining Healthcare with Artificial Intelligence (AI): The Contributions of ChatGPT, Gemini, and Co-pilot. *Cureus*, 16. doi: 10.7759/cureus.57795.
21. Kryvenko, I., Hrynzovskyi, A., Chalyy, K. (2023). The internet of medical things in the patient-centered digital clinic's ecosystem. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. Springer, 178. 515–529. doi: 10.1007/978-3-031-35467-0_31.
22. Kryvenko, I., Chalyy, K. (2023). Phenomenological toolkit of the metaverse for medical informatics' adaptive learning. *Educación Médica*, 24(5). 100854. doi: 10.1016/j.edumed.2023.100854.

ORCID:

Inna P. Kryvenko: 0000-0001-5539-8632

Kyrylo O. Chalyy: 0000-0001-7077-0324