



Л.Д. Тодоріко¹, І.О. Сем'янів¹, В.І. Петренко²,
Я.І. Виклюк³, В.І. Степаненко²

¹ Буковинський державний медичний університет, Чернівці

² Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ

³ Національний університет «Львівська політехніка», Львів

Штучний інтелект у медичній освіті: застосування методів моделювання поширення туберкульозу при викладанні фтизіатрії

Сучасна медична освіта перебуває на етапі трансформації завдяки впровадженню технологій штучного інтелекту (ШІ), які дають змогу персоналізувати навчальний процес, створити віртуальні клінічні сценарії та симуляції, допомагають формувати критичне мислення майбутніх лікарів. При викладанні дисципліни «Фтизіатрія» застосування ШІ, зокрема моделювання поширення туберкульозу, є актуальним, оскільки забезпечує практико-орієнтований підхід, інтеграцію клінічних та епідеміологічних знань і розвиток міждисциплінарних навичок.

Мета роботи — обґрунтувати доцільність та ефективність використання технологій ШІ при викладанні дисципліни «Фтизіатрія» з акцентом на застосування моделей поширення туберкульозу як навчального інструменту.

Матеріали та методи. У статті використано методологію аналізу сучасних наукових публікацій (Scopus, PubMed, Web of Science, 2018–2025), а також розглянуто практичні можливості застосування мультиагентних симуляцій, SEIR-моделей і генеративних моделей ШІ в навчальному процесі. Методичні підходи передбачають інтеграцію в лекційний курс, використання віртуальних пацієнтів на практичних заняттях, залучення студентів до самостійної роботи, а також формативне та сумативне оцінювання результатів.

Результати та обговорення. Запропоновано структуру методики впровадження ШІ у викладання фтизіатрії, зокрема лекційний, практичний, самостійний та оцінювальний компоненти. Розроблено приклади кейсів: симуляція спалаху туберкульозу в умовах міграції, робота з віртуальними пацієнтами, аналіз епідеміологічних даних, моделювання наслідків відмови від вакцинації. Використання таких підходів сприяє формуванню клінічного мислення, розвитку навичок роботи з даними, підвищенню цифрової грамотності студентів та їхньої мотивації до проведення наукових досліджень.

Висновки. Використання ШІ при викладанні дисципліни «Фтизіатрія» є перспективним напрямом розвитку медичної освіти. Інтеграція моделей поширення туберкульозу в навчальний процес сприяє глибшому засвоєнню матеріалу, міждисциплінарній інтеграції та підготовці студентів до роботи в сучасних умовах доказової медицини. Перспективи подальшого розвитку полягають у створенні спеціалізованих освітніх платформ, застосуванні мультиагентних моделей ШІ та розробці етичних стандартів їхнього використання.

Ключові слова

Штучний інтелект, фтизіатрія, моделювання, клінічні сценарії, віртуальний пацієнт.

Сучасні технології штучного інтелекту (ШІ) дедалі частіше використовують у медичній освіті, створюючи ефективні освітні інструменти й можливості для навчання. Так, огляд, опублікований у 2023 р., показав, що ШІ забезпечує персоналізацію навчального процесу, підвищує діагностичні можливості студентів і полегшує створення навчальних програм [25].

У 2025 році результати досліджень засвідчили, що ШІ уже активно застосовується для: автоматизованого створення тестових завдань і екзаменаційних матеріалів; розроблення клінічних сценаріїв і віртуальних пацієнтів; підвищення рівня діагностичних і практичних навичок студентів та лікарів; а також для автоматизованої обробки та оцінки заявок на вступ до резидентури [23].

Низький рівень впровадження технологій ШІ у робочі навчальні програми медичних факультетів виявлено в недавньому огляді, в якому проаналізовано виклики та потенціал інтеграції ШІ в навчальну структуру: від підвищення цифрової компетентності студентів до етичних аспектів їхньої підготовки [5, 7, 16]. В іншому аналітичному огляді зазначено напрями, в яких застосовують ШІ — оцінка хірургічних навичок, радіологічна підготовка, інтерактивне навчання та робота з текстами. Окремо виділено потенціал персоналізованого навчання та подолання освітньої нерівності [5, 7, 16].

Окремої дискусії потребує підсилення уваги до етичних аспектів застосування ШІ в освіті, зокрема до стандартів відповідального застосування в медичній освіті, особливо в спеціалізованих клінічних настановах [3, 5, 16, 27]. Підтверджено, що інструменти ШІ ефективно поліпшують практичні навички, діагностику та оцінювання студентів, хоча потребують подальших систематичних оцінок [9, 17, 29].

Хоча наявні дані обмежені (більшість досліджень — одноцентрові, невеликі за обсягом), вони демонструють значний потенціал ШІ-інтервенцій, особливо в поєднанні з ретельним інструкційним дизайном і навчальними теоріями [1, 4, 22].

У 2025 р. медичні заклади активно інтегрують ШІ в навчальні програми. До прикладу: Harvard Medical School включив генеративний ШІ в навчальний план для підготовки майбутніх лікарів Harvard Medicine. Представники American Medical Association (АМА) зазначають, що ШІ здатен трансформувати навчальний досвід, локалізуючи «прецизійне навчання» й перетворюючи догляд за пацієнтом на частину прецизійного здоров'я.

В Європі проєкт Susa, що стартував у 2025 р., створює навчальні модулі для цифрової освіти

(включаючи тематику ШІ) лікарів та медичних сестер. Заплановано підготувати понад 6500 випускників і 660 діючих професіоналів, зокрема з етичними, регуляторними аспектами ШІ [10, 23].

Аналіз прогнозу на середньострокову перспективу (до 2040 р.), реконструйованого за допомогою великих мовних моделей, засвідчив глибоку трансформацію медичної освіти за допомогою ШІ: від персоналізованого навчання до нових ролей викладача та симуляційних платформ [6, 13, 20].

Нові підходи на основі платформних рішень демонструють добрі результати [14, 28, 30]. Наприклад, MedSimAI — чат із рольовими симуляціями пацієнтів із негайним формативним зворотним зв'язком допомагає студентам розвинути клінічні навички, водночас забезпечуючи доступність і масштабність тренінгів [7, 11, 24]. Інша розробка — MediTools використовує LLM (Large Language Models) для симуляції клінічних сценаріїв, доступу до медичної літератури й актуальних новин, допомагаючи практиці та освіті інтегруватися в щоденну діяльність студентів і викладачів [8, 15, 19].

Щодо базових компетенцій, то великий системний огляд показав, що обізнаність студентів щодо технологій ШІ має передбачати чотири ключові напрями: фундаментальні знання, практичні навички, експериментальні підходи й етичне мислення, адаптовані до етапів навчання — доклінічного, клінічного, перспективного та дослідницького [2, 18, 26].

Мета роботи — обґрунтувати доцільність та ефективність використання технологій ШІ у викладанні дисципліни «Фтизіатрія» з акцентом на застосування моделей поширення туберкульозу як навчального інструменту.

Матеріали та методи

Під час дослідження застосовано комплексний підхід, що поєднує аналіз сучасних наукових публікацій, огляд освітніх платформ і тестування запропонованої геопросторової моделі.

1. *Аналіз літератури та освітніх ресурсів.* Проведено системний огляд наукових джерел у базах даних PubMed, Scopus, Web of Science щодо застосування технологій ШІ в медичній освіті, зокрема при викладанні дисципліни «Фтизіатрія». Окрему увагу приділено дослідженням використання віртуальних симуляцій, адаптивних навчальних систем і моделей поширення інфекційних захворювань як інструментів розвитку клінічного мислення. Додатково проаналізовано відкриті освітні платформи (Coursera, EdX, FutureLearn), що інтегрують ШІ у викладання клінічних дисциплін.

2. *Математичне та програмне забезпечення.* Для розробки та візуалізації навчальних сценаріїв використано мови програмування Python і R із відповідними бібліотеками для математичного моделювання та геоінформаційного аналізу (NumPy, Pandas, Matplotlib, GeoPandas). Моделювання проводили із застосуванням алгоритмів багатоагентного аналізу, що дають змогу врахувати поведінкові характеристики населення, мобільність, соціально-демографічні параметри та регіональні особливості епідемічного процесу.

3. *Геопросторова модель поширення туберкульозу.* Як навчальний інструмент апробовано авторську математичну геопросторову модель передачі туберкульозу, яка ґрунтується на поєднанні агентно-орієнтованого підходу та медико-статистичних даних щодо захворюваності, наведених у відкритих джерелах (дані Всесвітньої організації охорони здоров'я, Європейського центру профілактики та контролю захворювань, МОЗ України). Модель відтворює можливі сценарії динаміки поширення інфекції за різного рівня міграції, щільності населення та доступності протитуберкульозної допомоги.

4. *Упровадження в освіту.* Отримані результати моделювання інтегровані в навчальний процес у вигляді симуляційних завдань, кейсів та інтерактивних візуалізацій, що дають змогу студентам відпрацьовувати прийняття клінічних й епідеміологічних рішень. Застосування моделі оцінено з використанням пілотного тестування серед студентів старших курсів та аналізом зрозумілості, практичності та ефективності запропонованого інструменту.

Поєднання системного аналізу наукової літератури, огляду освітніх платформ і апробації геопросторової моделі дало змогу отримати комплексне уявлення про потенціал застосування технологій ШІ при викладанні фтизіатрії.

Результати та обговорення

Застосування ШІ при викладанні дисципліни «Фтизіатрія» може ґрунтуватися на кількох рівнях:

- *освітній рівень:* використання генеративних моделей ШІ (ChatGPT, Claude, MedPaLM тощо) для створення клінічних завдань, автоматизованого формування тестових завдань, віртуальних пацієнтів;
- *моделювання поширення туберкульозу:* застосування епідеміологічних моделей (SEIR, багатофакторні регресійні моделі, мультиагентні симуляції), які можуть бути адаптовані під навчальний процес. Такі моделі дають змогу студентам досліджувати вплив соціальних, біологічних і поведінкових чинників на динаміку поширення інфекції;

- *інтерактивні платформи:* використання симуляційних середовищ (наприклад, NetLogo, AnyLogic) для створення сценаріїв, за якими студенти можуть керувати параметрами моделі (рівень вакцинації, міграція населення, доступність лікування) і спостерігати за зміною епідеміологічної ситуації;
- *клінічна аналітика:* використання алгоритмів машинного навчання для аналізу клінічних даних хворих на туберкульоз та оцінки ефективності різних стратегій лікування. Це не лише сприяє формуванню навичок аналізу даних, а й забезпечує інтеграцію з біостатистикою та епідеміологією;

Упровадження ШІ та моделей поширення туберкульозу в навчальний процес має низку переваг:

1. *Формування клінічного мислення:* студенти вчаться аналізувати складні взаємозв'язки між біологічними, соціальними та екологічними чинниками.
2. *Міждисциплінарність:* інтеграція знань із фтизіатрії, біостатистики, математичного моделювання та інформатики.
3. *Активне навчання:* симуляційні сценарії дають змогу студентам брати участь у «віртуальних експериментах», що сприяє глибшому розумінню матеріалу.
4. *Підготовка до впровадження доказової медицини:* студенти отримують навички роботи з реальними даними та сучасними інструментами аналізу (підготовка до науково-дослідницької діяльності).
5. *Мотиваційний ефект:* використання сучасних технологій робить дисципліну привабливішою, стимулює інтерес до наукової роботи та підвищує якість навчального процесу.

Структура методичного впровадження

1. Лекційний компонент:

- *інтеграція теоретичних знань із цифровими симуляціями.* Лекції можуть супроводжуватися демонстрацією моделей поширення туберкульозу, побудованих на основі мультиагентного моделювання;
 - *використання ШІ для візуалізації даних.* Застосування алгоритмів машинного навчання для створення графіків і карт поширення хвороби, які наочно демонструють регіональні та глобальні тенденції;
 - *елементи гейміфікації.* Показ сценаріїв «що буде, якщо» (наприклад, зниження рівня вакцинації, збільшення міграції, недотримання лікування), що формує клінічне мислення у студентів.
2. Практичні заняття:
- *віртуальні пацієнти.* Використання генеративних моделей ШІ (LLM-чатів) для створен-

ня клінічних випадків. Студенти самостійно збирають анамнез, призначають обстеження, аналізують результати;

- *моделювання сценаріїв*. Студенти в малих групах працюють із мультиагентною системою, змінюють параметри (щільність населення, рівень діагностики, тривалість лікування), аналізують, як це впливає на поширення туберкульозу;
- *розбір клінічних даних*. Практичні заняття можуть передбачати роботу з анонімізованими даними пацієнтів, в якій застосування методів ШІ допомагає прогнозувати ризик рецидиву чи невдачі лікування.

3. Самостійна робота студентів:

- *онлайн-платформи для симуляцій*. Надання студентам доступу до інтерактивних моделей. Вони можуть самостійно експериментувати з параметрами та готувати короткі аналітичні звіти;
- *індивідуальні дослідницькі проекти*. Наприклад, робота з поліпшення функціонування мультиагентної моделі поширення туберкульозу в умовах певного регіону України;
- *академічне письмо англійською мовою*. Використання ШІ-інструментів для вдосконалення мовних навичок і підготовки міністатей чи постерів за результатами моделювання.

4. Оцінювання результатів:

- *формативне оцінювання*. Використання систем ШІ для автоматичного зворотного зв'язку під час розв'язання клінічних кейсів;
- *сумативне оцінювання*. Включення завдань із моделювання поширення туберкульозу в модульний контроль, коли оцінюється не лише кінцевий результат, а й логіка мислення студента;
- *рефлексія*. Викладач може застосовувати ШІ для аналізу письмових відповідей студентів і визначення найпоширеніших помилок.

5. Підготовка викладачів:

- *підвищення цифрової компетентності*. Організація тренінгів із використання освітніх ШІ-інструментів;
- *методичні рекомендації*. Розробка єдиного методичного пакета з прикладами моделей, клінічних сценаріїв та інструкціями для їхнього впровадження;
- *етичні аспекти*. Ознайомлення викладачів і студентів із принципами безпечного та відповідального використання ШІ.

Висновки

1. Використання технологій ШІ при викладанні дисципліни «Фтизіатрія» відкриває нові можливості для підготовки майбутніх лікарів.

2. Інтеграція моделей поширення туберкульозу в навчальний процес сприяє формуванню клінічного мислення, міждисциплінарних навичок і здатності аналізувати великі масиви даних.

3. Упровадження технологій ШІ в освітній процес має важливе мотиваційне та практичне значення: воно робить навчальний процес динамічнішим, підвищує інтерес студентів до наукових досліджень, готує їх до клінічної та академічної діяльності. Завдяки симуляційним інструментам ШІ та генеративним моделям студенти отримують змогу:

- взаємодіяти з віртуальними пацієнтами та сценаріями поширення хвороби;
- оцінювати вплив соціальних, епідеміологічних і клінічних чинників на перебіг туберкульозу;
- інтегрувати знання з фтизіатрії, біостатистики, інформатики та доказової медицини;
- підвищувати цифрову й академічну компетентність.

Перспективи розвитку

У найближчі роки очікується:

1. Розширення симуляційних платформ — створення спеціалізованих модулів для викладання інфекційних хвороб, зокрема туберкульозу.
2. Використання мультимодальних моделей ШІ (поєднання тексту, зображень, медичних знімків) для інтегрованого навчання.
3. Міжнародна співпраця — спільні освітні проекти та курси з використанням ШІ для підготовки лікарів-фтизіатрів у різних країнах.
4. Етичні стандарти — розробка рекомендацій щодо безпечного й відповідального застосування ШІ в освіті, що набудатиме дедалі більшого значення.

Таким чином, впровадження ШІ в методику викладання фтизіатрії є не лише актуальним, а й стратегічно важливим напрямом розвитку сучасної медичної освіти.

Приклади реалізації (кейси для занять)

Кейс 1. Сценарій «Спалах туберкульозу в умовах міграції»

- *Завдання*: студенти отримують симуляційну модель поширення туберкульозу в регіоні, де відбувається масова міграція населення.
- *Діяльність*: групи змінюють параметри (щільність населення, доступність діагностики, рівень лікування) та аналізують динаміку поширення.
- *Очікуваний результат*: формування навичок прогнозування ризиків і розробки профілактичних заходів.

Кейс 2. Віртуальний пацієнт із резистентним туберкульозом

- **Завдання:** студенти працюють із клінічним випадком, згенерованим за допомогою ШІ. Пацієнт має резистентну форму туберкульозу.
- **Діяльність:** необхідно зібрати анамнез, призначити обстеження, обрати оптимальну схему лікування.
- **Очікуваний результат:** розвиток клінічного мислення, уміння застосовувати міжнародні протоколи лікування.

Кейс 3. Аналіз епідеміологічних даних

- **Завдання:** студентам надається анонімізований набір даних (поширення туберкульозу в регіоні за останніх 10 років).
- **Діяльність:** за допомогою ШІ-інструментів студенти визначають тренди, роблять прогноз на найближчих 5 років.
- **Очікуваний результат:** навички статистичного аналізу, критичне ставлення до інтерпретації даних.

Кейс 4. Етичні аспекти застосування ШІ

- **Завдання:** обговорення ситуацій, коли алгоритми ШІ використовують для прогнозування ризику захворюваності чи відбору пацієнтів на лікування.
- **Діяльність:** студенти аналізують сильні та слабкі сторони рішень, ухвалених системою, та дискутують щодо відповідальності лікаря.
- **Очікуваний результат:** формування етичної відповідальності, розуміння обмежень ШІ в медицині.

Кейс 5. Моделювання наслідків відмови від вакцинації

- **Завдання:** змодельовати динаміку захворюваності на туберкульоз у регіоні за умови різкого зниження рівня охоплення вакцинацією БЦЖ.
- **Діяльність:** студенти змінюють параметри моделі (охоплення вакцинацією, вікові групи, доступність лікування) і прогнозують епідеміологічну ситуацію.
- **Очікуваний результат:** усвідомлення значення профілактики та колективного імунітету.

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: концепція та дизайн дослідження — Л.Д. Тодоріко, І.О. Сем'янів; збір матеріалу — І.О. Сем'янів, Я.І. Виклюк; опрацювання матеріалу та написання тексту — Л.Д. Тодоріко, І.О. Сем'янів, В.І. Петренко, Я.І. Виклюк, В.І. Степаненко; статистичне опрацювання даних — І.О. Сем'янів, Я.І. Виклюк; редагування тексту — Л.Д. Тодоріко, В.І. Петренко.

Список літератури

1. Господарчук Д, Невінський Д, Мартянов Д, Виклюк Я, Сем'янів І. Оптимізація моделей машинного навчання для оцінки ризику поширення туберкульозу. Управління розвитком складних систем. 2025;(61):160-9. doi: 10.32347/2412-9933.2025.61.160-169.
2. Сем'янів ІО та ін. Застосування геопросторової мульти-агентної системи для моделювання різних аспектів передачі туберкульозу. Infusion & chemotherapy. 2024;7(1):9-17. doi: 10.32902/2663-0338-2024-1-9-17.
3. Abraham S, Mamatha G, Airbail H, et al. Diagnosing Patient Health Conditions and Improving the Patient Experience: An Application of AI and ML. In: Healthcare and Knowledge Management for Society 5.0. doi: 10.1201/9781003168638-2.
4. Al Meslamani AZ, Sobrino I, de la Fuente J. Machine learning in infectious diseases: potential applications and limitations. Ann Med. 2024 Dec;56(1):2362869. doi: 10.1080/07853890.2024.2362869. Epub 2024 Jun 10. PMID: 38853633.
5. Bleas C, Kaptchuk TJ, Bernstein MH, Mandl KD, Halamka JD, DesRoches CM. Artificial Intelligence and the Future of Primary Care: Exploratory Qualitative Study of UK General Practitioners' Views. J Med Internet Res. 2019 Mar 20;21(3):e12802. doi: 10.2196/12802. PMID: 30892270.
6. Boscardin CK, Abdounour RE, Gin BC. Macy Foundation Innovation Report. Part I: Current Landscape of Artificial Intelligence in Medical Education. Acad Med. 2025 Sep 1;100(9S Suppl 1):S15-S21. doi: 10.1097/ACM.00000000000006107. Epub 2025 Jun 2. PMID: 40456178.
7. Chan KS, Zary N. Applications and Challenges of Implementing Artificial Intelligence in Medical Education: Integrative Review. JMIR Med Educ. 2019 Jun 15;5(1):e13930. doi: 10.2196/13930.
8. Coiera E. The fate of medicine in the time of AI. Lancet. 2018 Dec 1;392(10162):2331-2332. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31925-1. Epub 2018 Oct 11. PMID: 30318263.
9. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future Healthc J. 2019 Jun;6(2):94-98. doi: 10.7861/futurehosp.6-2-94.
10. Dolma KG, Paul AK, Rahmatullah M, et al. AI and TB: A New Insight in Digital Chest Radiography. Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics. 2023;37:439-450. doi: 10.1007/978-981-19-0151-5_37.
11. Konia M, Yao A. Simulation-a new educational paradigm? J Biomed Res. 2013 Mar;27(2):75-80. doi: 10.7555/JBR.27.20120107. Epub 2013 Feb 10. PMID: 23554798.
12. Kumari S, Bhatia M. Machine Learning Techniques For Public Health System: A Scientometric Review. 2022. Second International Conference on Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA). Gunupur, India; 2022:1-6. doi: 10.1109/ICCSEA54677.2022.9936149.
13. Lin SY, Mahoney MR, Sinsky CA. Ten Ways Artificial Intelligence Will Transform Primary Care. J Gen Intern Med. 2019 Aug;34(8):1626-1630. doi: 10.1007/s11606-019-05035-1.
14. McCoy LG, Nagaraj S, Morgado F, Harish V, Das S, Celi LA. What do medical students actually need to know about artificial intelligence? NPJ Digit Med. 2020 Jun 19;3:86. doi: 10.1038/s41746-020-0294-7. PMID: 32577533; PMCID: PMC7305136.
15. Mir MM, Mir GM, Raina NT, et al. Application of Artificial Intelligence in Medical Education: Current Scenario and Future Perspectives. J Adv Med Educ Prof. 2023 Jul;11(3):133-140. doi: 10.30476/JAMP.2023.98655.1803. PMID: 37469385.
16. Park SH, Do KH, Kim S, Park JH, Lim YS. What should medical students know about artificial intelligence in medicine? J Educ Eval Health Prof. 2019;16:18. doi: 10.3352/jeehp.2019.16.18. Epub 2019 Jul 3. PMID: 31319450.
17. Preiksaitis C, Rose C. Opportunities, Challenges, and Future Directions of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Scoping Review. JMIR Med Educ. 2023 Oct 20;9:e48785. doi: 10.2196/48785. PMID: 37862079.
18. Qureshi H, Shah Z, Raja MAZ, et al. Machine learning investigation of tuberculosis with medicine immunity impact.

- Diagn Microbiol Infect Dis. 2024 Nov;110(3):116472. doi: 10.1016/j.diagmicrobio.2024.116472.
19. Rabie, AH, Saleh AI. Diseases diagnosis based on artificial intelligence and ensemble classification. *Artif Intell Med*. 2024 Feb;148:102753. doi: 10.1016/j.artmed.2023.102753.
 20. Reddy S, Allan S, Coghlan S, Cooper P. A governance model for the application of AI in health care. *J Am Med Inform Assoc*. 2020 Mar 1;27(3):491-497. doi: 10.1093/jamia/ocz192.
 21. Sarantopoulos A, Mastori Kourmpanti C, Yokarasa AL, et al. Artificial Intelligence in Infectious Disease Clinical Practice: An Overview of Gaps, Opportunities, and Limitations. *Trop Med Infect Dis*. 2024;9:228. doi: 10.3390/tropicalmed9100228.
 22. Sarkar M, Gāman M-A, Puyana JC, Bonilla-Escobar FJ. Artificial Intelligence in Medicine and Medical Education: Current Applications, Challenges, and Future Directions. *Int J Med Stud*. 2024 Jul. 25;12(1):9-13 doi: 10.5195/ijms.2024.2626.
 23. Saroha S. Artificial Intelligence in Medical Education: Promise, Pitfalls, and Practical Pathways. *Adv Med Educ Pract*. 2025 Jun 14;16:1039-1046. doi: 10.2147/AMEPS523255.
 24. Sharma M, Singh P. (2021). Use of Artificial Intelligence in Research and Clinical Decision Making for Combating Mycobacterial Diseases. In: Saxena A, Chandra S. (eds). *Artificial Intelligence and Machine Learning in Healthcare*. Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-16-0811-7_9.
 25. Todoriko L D, et al. Prospects for the use of artificial intelligence to predict the spread of tuberculosis infection in the WHO European Region. *Туберкульоз, легеневі хвороби, ВІЛ-інфекція*. 2023;53(2):86-92. doi: 10.30978/ТВ2023-2-86.
 26. Vyklyuk Y, et al. Applying geospatial multi-agent system to model various aspects of tuberculosis transmission. *New Microbes New Infect*. 2024 Apr 27;59:101417. doi: 10.1016/j.nmni.2024.101417.
 27. Vyklyuk Y, Nevinskyi D, Chopyak V, Golubovska O, Hazdiuk K, Škoda M. A Managerial Approach towards Modeling the Different Strains of the COVID-19 Virus Based on the Spatial GeoCity Model. *Viruses*. 2023 Nov 23;15(12):2299. doi:10.3390/v15122299.
 28. Vyklyuk Ya, Nevinskyi D, Boyko N. Geocity-a new dynamic-spatial model of urban ecosystem. *J Geogr Inst*. 2023;73(2):187-203. doi: 10.2298/IJGI2302187V.
 29. Wartman SA, Combs CD. Medical Education Must Move From the Information Age to the Age of Artificial Intelligence. *Acad Med*. 2018 Aug;93(8):1107-1109. doi: 10.1097/ACM.0000000000002044. PMID: 29095704.

L.D. Todoriko¹, I.O. Semianiv¹, V.I. Petrenko², Ya.I. Vyklyuk³, V.I. Stepanenko²

¹Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

²Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

³Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Artificial Intelligence in Medical Education: Modelling Tuberculosis Transmission as a Teaching Tool in Phthisiology

Modern medical education is undergoing a stage of transformation through the integration of artificial intelligence (AI) technologies. They enable personalisation of the learning process, creation of virtual clinical scenarios and simulations, and the development of critical thinking in future physicians. In teaching the discipline *Phthisiology*, the application of AI – particularly modelling the spread of tuberculosis—is highly relevant, as it ensures a practice-oriented approach, integration of clinical and epidemiological knowledge, and the development of interdisciplinary skills.

Objective – to substantiate the feasibility and effectiveness of using AI technologies in teaching *Phthisiology*, with an emphasis on the application of tuberculosis transmission models as an educational tool.

Materials and methods. This article is based on an analysis of contemporary scientific publications (Scopus, PubMed, Web of Science, 2018–2025) and considers the practical possibilities of applying multi-agent simulations, SEIR models, and generative AI models in the educational process. The methodological approaches include integration into lecture courses, use of virtual patients in practical classes, student involvement in independent work with simulation platforms, as well as formative and summative assessment of results.

Results and discussion. A structured model for the methodological implementation of AI in teaching phthisiology is proposed, including lecture, practical, independent and assessment components. Practical case examples have been developed: simulation of tuberculosis outbreaks under migration conditions, working with virtual patients, analysis of epidemiological data and modelling the consequences of declining BCG vaccination coverage. These approaches contribute to the development of clinical reasoning, data analysis skills, digital literacy and motivation for scientific research among students.

Conclusions. The use of AI in teaching *Phthisiology* represents a promising direction for the development of medical education. The integration of tuberculosis transmission models into the learning process promotes deeper comprehension of material, interdisciplinary integration and preparation of students for work in the context of modern evidence-based medicine. Future prospects include the creation of specialised educational platforms, the application of multimodal AI models and the development of ethical standards for their use.

Keyword: artificial intelligence, phthisiology, modelling, clinical scenarios, virtual patient.

Контактна інформація / Corresponding author

Тодоріко Лілія Дмитрівна, д. мед. н., професор
<https://orcid.org/0000-0002-0117-6513>
E-mail: pulmonology@bsmu.edu.ua

Стаття надійшла до редакції / *Received* 11.08.2025.
Стаття рекомендована до опублікування / *Accepted* 08.09.2025.
Стаття опублікована / *Published* 30.10.2025.

ДЛЯ ЦИТУВАННЯ

- Тодоріко ЛД, Сем'янів ІО, Петренко ВІ, Вуклюк ЯІ, Степаненко ВІ. Штучний інтелект у медичній освіті: застосування методів моделювання поширення туберкульозу при викладанні фізіатрії. Туберкульоз, легеневі хвороби, ВІЛ-інфекція. 2025;4:120-126. doi: 10.30978/TB2025-4-120.
- Todoriko LD, Semianiv IO, Petrenko VI, Vyklyuk YaI, Stepanenko VI. [Artificial Intelligence in Medical Education: Modelling Tuberculosis Transmission as a Teaching Tool in Phthisiology]. Tuberculosis, Lung Diseases, HIV Infection (Ukraine). 2025;4:120-126. <http://doi.org/10.30978/TB2025-4-120>. Ukrainian.