

УДК 378.091.214:[004+61]:378.22:378.4(73)

Євген Рудницький

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка
ORCID ID 0009-0003-3222-5060

Ярослав Певнєв

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка
ORCID ID 0009-0007-9745-7486

Алла Куліченко

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка
ORCID ID 0000-0003-1469-3816

Сергій Чугін

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет
ORCID ID 0000-0001-9278-3230

DOI 10.24139/2312-5993/2025.03/199-214

МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ МАГІСТЕРСЬКІ ПРОГРАМИ УНІВЕРСИТЕТІВ США З КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК І МЕДИЦИНИ

У статті розглянуто сучасні тенденції розвитку магістерських програм з комп'ютерних наук та медицини у міждисциплінарному контексті. Увагу зосереджено на трансформації освітніх підходів до викликів XXI ст., зокрема потреби в інтеграції знань з різних галузей. Показано, як міждисциплінарність сприяє підготовці фахівців нового покоління, здатних працювати в мультидисциплінарних командах і виконувати інноваційні проекти. Проаналізовано успішні приклади реалізації міждисциплінарних магістерських програм університетів США з комп'ютерних наук та медицини. Підкреслено важливість інклюзивності, гнучкості освітніх траєкторій і дотримання академічних стандартів.

Ключові слова: науковий дискурс, університети США, магістерські програми, комп'ютерні науки, медицина, міждисциплінарність, гнучкість, інклюзивність, командна робота.

Постановка проблеми. Сучасний науковий дискурс формує три ключові тенденції: розвиток класичних наук, стрімка трансформація й поглиблення методологічної складності комп'ютерних наук та поява нових наукових напрямів на межі дисциплін – міждисциплінарних й трансдисциплінарних. Застосування міждисциплінарного та трансдисциплінарного підходів впливає з логіки сучасного наукового пошуку стосовно складності об'єктів дослідження, що дедалі частіше виходять за межі традиційного дисциплінарного аналізу. Це актуалізує нагальну потребу в застосуванні інтегративних методологій, спроможних об'єднувати знання з кількох галузей науки. Крім того, на перетині дисциплін, зокрема, біології, хімії, медицини, біофізики та інших суміжних галузей, відбуваються визначні наукові відкриття, що є результатом синтезу теоретичних концепцій й прикладної діяльності (Dabu, 2017).

Зазначимо, що з початком XXI ст. міждисциплінарність стрімко почалася розвиватися у магістерських студіях у всьому світі. Це – відповідь на масштабні проблеми людства, що стали частіше і частіше привертати до себе увагу суспільства та потребувати поєднання знань з різних галузей науки, техніки, медицини, гуманітаристики тощо. Заклади вищої освіти почали створювати освітні програми, що поєднували, наприклад, комп'ютерні науки з охороною здоров'я, бізнесом, правом чи психологією.

Це свідчить про інновації, котрі зараз є системоутворювальним чинником у медичній освіті. Вони охоплюють усі рівні – від структури навчальних програм до методів викладання та оцінювання результатів навчання (Куліченко, 2021).

Сьогодні, у першій чверті XXI ст. міждисциплінарний і трансдисциплінарний характер комп'ютерних наук чітко простежено у багатьох магістерських й докторських програмах, а також у спеціальних освітніх дисциплінах, що пропонують провідні світові університети. Такі освітні програми спрямовано на інтеграцію комп'ютерних наук до інших наукових галузей, що створює сприятливі умови для проведення інноваційних досліджень і розробок на перетині кількох дисциплін, як-от: комп'ютерна біологія, комп'ютерна біохімія, комп'ютерна біоінженерія, комп'ютерна геометрія, комп'ютерна лінгвістика, комп'ютерна фізика, комп'ютерна екологія, комп'ютерна економіка тощо (Dabu, 2017).

Міждисциплінарність магістерських програм дозволила виховати та виховує фахівців нового покоління, які мають гнучке мислення, здатні працювати у мультидисциплінарних командах та ефективно створювати комплексні різнопланові проекти на межі наук. Зокрема, розвиток медичної інформатики, медичної психології, педагогіки, біоінженерії, цифрової гуманітаристики, кіберправа та ін. є безпосереднім результатом міждисциплінарного підходу, що отримав підтримку у міжнародних освітніх стандартах, грантових програмах та на ринку праці.

Так, наприклад, у 2014 р. М. Герцигоня-Секереш (M. Hercigonja-Szekeres) зі співавторами представили нову міждисциплінарну післядипломну освітню програму з медичної інформатики, впроваджену в Хорватії за фінансової та методологічної підтримки Європейського Союзу. Дослідники детально схарактеризували процес розроблення кваліфікаційного стандарту та навчального плану підготовки фахівців у галузі медичної інформатики, що був адаптований до вимог Хорватської кваліфікаційної рамки. Програма орієнтована на широкий спектр

професійних груп, зокрема медичних працівників (сестринська справа, стоматологія, фармація, громадське здоров'я), фахівців з інформаційних технологій, які працюють у системі охорони здоров'я, науковців і викладачів медичної інформатики, а також представників суміжних дисциплін (математика, біологія чи фізика), які забезпечують інформаційний супровід медичних установ. Особливу увагу в програмі приділено таким аспектам, як впровадження інформаційних систем у галузі охорони здоров'я, управління даними та формулювання вимог до ІКТ-рішень. Важливим елементом було також визнання результатів попереднього формального, неформального й інформального навчання та набутого професійного досвіду (Hercigonja-Szekeres et al., 2014).

Аналогічні підходи до формування міждисциплінарних програм спостерігаються і в університетах США, де на перетині комп'ютерних наук та медицини активно створюються та розвиваються магістерські програми, орієнтовані на підготовку фахівців з біомедичної інформатики, цифрового здоров'я, обчислювальної медицини тощо.

Аналіз актуальних досліджень. Аналіз науково-педагогічних джерел із зазначеного питання свідчить про динамічний розвиток міждисциплінарної освіти у галузі комп'ютерних та медичних наук, що спрямовано на підготовку інноваційних, адаптивних фахівців для сучасних викликів економіки та охорони здоров'я. Так, К.-М. Дабу (С.-М. Dabu) акцентує на важливості міждисциплінарності в освіті комп'ютерних наук, а Л. Гаппе (L. Harpe) та К. Марквардт (K. Marquardt) досліджують автентичні онлайн-курси, що відкривають альтернативні шляхи підготовки фахівців. Й. Гільшер (J. Hielscher) з колегами висвітлює виклики та можливості міждисциплінарних програм з акцентом на безпеку та людинорієнтовані дослідження. Д. Клайн (D. Kline), Р. Веттер (R. Vetter), К. Барнхілл (K. Barnhill) підкреслюють необхідність побудови ефективних міждисциплінарних професійних магістерських програм.

А. Берзтісс (A. Berztiss) розглянув особливості магістерської програми з комп'ютерних наук, що заклала основу для міждисциплінарних освітніх підходів у США. М. Герцигоня-Секереш (M. Hercigonja-Szekeres) та співавтори представили міждисциплінарну магістерську програму з медичної інформатики, яка поєднує медичні та інженерні знання. В. Абельманн (W. Abelman) описав історію Гарвардської та МТІ програми з охорони здоров'я та технологій як важливий етап розвитку інтеграції медичних і технічних дисциплін.

Тож вивчення міждисциплінарних програм університетів США має важливе значення для розробки українських освітніх стратегій, спрямованих на модернізацію підготовки фахівців у галузі медицини та комп'ютерних наук.

Мета статті є висвітлення змісту, структури та основних характеристик міждисциплінарних магістерських програм, що реалізуються в університетах США й пов'язані з комп'ютерними науками та медициною.

Виклад основного матеріалу. Передусім зосередимо увагу на характерних рисах звичайних магістерських програм з комп'ютерних наук в американській освіті.

У 1979 р. дослідник Університету Піттсбурга (Піттсбург, штат Пенсильванія) А. Берзтісс (A. Berztiss) у статті «Магістерська програма з комп'ютерних наук» (The M. S. Program in Computer Science) окреслив ключові засади організації здобуття ступеня магістра у цій галузі. Зокрема, науковець наголосив на важливості магістерських програм з комп'ютерних наук для промисловості, так і для академічного середовища й підготовки викладачів. Метою таких програм має бути формування у здобувачів вищої освіти компетентностей у галузі розробки алгоритмів і програмного забезпечення системного аналізу, управління програмними командами, а також викладання комп'ютерних наук. Важлива риса магістерських програм – гнучкість та здатність адаптуватися до потреб студентів і ринку праці. Як правило, магістерська програма має бути пов'язаною з кількома освітніми траєкторіями, наприклад, інформатикою, програмною інженерією, системним програмуванням або підготовкою до аспірантури – з дотриманням єдиних академічних стандартів. Крім того, дослідник вказав на важливість ґрунтовної підготовки вступників з математики та комп'ютерних наук. До обов'язкових належали такі дисципліни як математична статистика, логіка, знання мов програмування високого рівня, а також розуміння структур даних та принципів інформатики (Berztiss, 1979).

Заслуговує на увагу те, що А. Берзтісс наголошував на важливості формування комунікативних навичок і здатності до ефективної роботи в команді, що, по суті, відображає міждисциплінарний підхід у підготовці фахівців у галузі комп'ютерних наук. Однак, вкажемо, що дослідник не оминув прямої згадки про необхідність міждисциплінарної взаємодії, зокрема залучення окремих курсів із суміжних галузей (бізнес, інженерія, інформаційні системи), за умови збереження головного акценту на ком-

п'ютерних науках. Водночас він виступав за створення чітких акредитаційних вимог до магістерських програм, що дозволило б забезпечити якість й запобігти спрощенню змісту навчання (Berztiss, 1979).

Л. Гаппе (L. Harpe) та К. Марквардт (K. Marquardt) зазначають, що важливо забезпечити жінкам рівний доступ і можливості для залучення до комп'ютерних наук. Низький рівень жінок у цій галузі не лише поглиблює гендерні стереотипи та упередження, а й зменшує потенціал для інновацій і креативності. В умовах технологізованого суспільства та стрімких економічних змін критичним є забезпечення різноманіття в ІТ-секторі та надання всім потенційним здобувачам вищої освіти рівного доступу до комп'ютерних наук. Створюючи міждисциплінарні, автентичні та інклюзивні освітні середовища, можна заохотити жінок до вивчення комп'ютерних наук і побудови кар'єри. Це сприятиме зростанню різноманіття в галузі, руйнуванню усталених стереотипів і упереджень, а також залученню ширшого кола талантів та ідей, що зрештою підвищить рівень інноваційності й динамічності ІТ-індустрії (Harpe & Marquardt, 2025).

К.-М. Дабу зазначає, що розвиток комп'ютерних наук завжди надавав іншим науковим галузям потужні дослідницькі інструменти, зокрема високопродуктивні обчислювальні системи, здатні опрацювати розлогі бази даних; складні та ефективні алгоритми добування та аналізу даних; спеціалізоване програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання та симуляцій. Паралельно з цим відбувається розробка досконаліших вимірювальних приладів, в основі яких високоспеціалізовані сенсори та біосенсори, що оснащені програмним забезпеченням для автоматизованої обробки зібраних даних. До таких пристроїв належать апарати для дослідження космосу, системи моніторингу біологічних параметрів у медицині, біотехнологіях, а також пристрої, що застосовують у фізиці, хімії та в інших науках (Dabu, 2017).

Й. Гільшер (J. Hielscher) з колегами вказує на таке: «Водночас, термін «міждисциплінарність» став надмірно вживаним та часто використовується як модне гасло – адже сама лише робота в міждисциплінарній команді ще не гарантує справжнього міждисциплінарного підходу. Наприклад, ситуація, коли фахівець з комп'ютерних наук створює застосунок, а психолог згодом тестує його з користувачами, не є прикладом повноцінного міждисциплінарного дослідження» (Hielscher et al., 2023).

Перед нами критичне застереження щодо формального використання міждисциплінарного підходу коли команди з різних галузей працюють паралельно, а не інтегровано. На нашу думку, приклад, який наводять автори, демонструє відсутність методологічної взаємодії. У цьому випадку фахівці виконують свої функції по чергово, особливо не впливаючи на концептуальний або методичний рівень роботи один одного. Вважаємо, що це не створює нової якості знання, а лише поєднує певні елементи.

За Й. Гільшером, справжня міждисциплінарність вимагає активного концептуального обміну, взаємовпливу дисциплін на етапах постановки проблеми, вибору методів та інтерпретації результатів. Це складний процес, потребує не лише спільної злагодженої роботи, а й глибокого взаєморозуміння між представниками різних галузей (Hielscher et al., 2023).

Восени 2005 р. Університет Північної Кароліни прийняв перших студентів на програму здобуття ступеня магістра з комп'ютерних наук та інформаційних систем. Ця програма була унікальною з кількох причин: *міждисциплінарна* (курсив наш. – Є. Р., Я. П., А. К., С. Ч.); магістратура з прикладних наук; орієнтована на потреби індустрії. Д. Клайн (D. Kline) з колегами зазначають, що «програма виявилася успішною: було досягнуто запланованих показників набору студентів, забезпечено майже стовідсоткове працевлаштування випускників, підготовлено низку наукових публікацій, а також отримано суттєві непрямі вигоди як для університету, так і для професійної спільноти». Дослідники неодноразово наголошують, що «програма є справді міждисциплінарною, що й створило чимало викликів, й мало багато переваг та здобутків» (Kline et al., 2013).

Зазначимо, що автори наголошують на справжній міждисциплінарності програми як ключовому чиннику її успіху, хоча водночас це й породжувало низку викликів. Зазначений приклад засвідчує ефективність інтеграції кількох наукових і практичних сфер у межах однієї освітньої траєкторії та підтверджує необхідність оновлення змісту магістерських програм відповідно до динаміки сучасного ринку праці й тенденцій цифрової трансформації.

Наприклад, Університет Талси (University of Tulsa) (штат Оклахома) окреслює свою освітню політику щодо міждисциплінарної магістерської програми з комп'ютерних наук так: «Міждисциплінарна траєкторія в межах програми здобуття ступеня магістра з комп'ютерних наук націлена

на інтелектуально здібних та мотивованих студентів, які захоплюються міждисциплінарними дослідженнями, що охоплюють розробку, впровадження та застосування інформаційних технологій. Як правило, програма орієнтована на здобувачів вищої освіти різних галузей, зокрема права, бізнесу, інженерії, політології, психології, філософії, соціології, філології, мистецтва, музики, медицини тощо, які здійснюватимуть індивідуалізоване навчання під керівництвом професорсько-викладацького складу для досягнення своїх конкретних кар'єрних цілей.

Студенти, які обирають як варіант з написанням магістерської роботи, так і без неї, мають можливість долучитися до міждисциплінарної траєкторії в межах магістерської програми з комп'ютерних наук» (Study Abroad & International..., n. d.).

Зазначимо, що загальними вступними вимогами є те, що вступники повинні мати диплом бакалавра, здобутий у визнаному акредитованому закладі вищої освіти США або іншої країни, середній бал якого – не нижче 3.0 за чотирибальною шкалою; високий результат Стандартизованого тесту для вступу до магістратури (Graduate Record Examination). Якщо вступає іноземний громадянин, то треба надати документ про складання Міжнародного іспиту з англійської мови (TOEFL – не менше 80 балів або IELTS – не менше 6,0 б.) (Study Abroad & International..., n. d.).

Зазначимо, що в американській освіті магістерські програми з комп'ютерних наук є гнучкими, як правило, інтердисциплінарними та відповідають сучасним потребам як освітнього середовища, так і суспільства. Вони мають забезпечувати ґрунтовну підготовку з інформатики, математики, програмування та командної роботи. Особливу увагу сфокусовано на інклюзивності, міждисциплінарній взаємодії та адаптації до цифрових викликів. Приклади успішних програм вказують на важливість інтеграції знань з різних галузей та практичної діяльності.

Розглянемо різнопланові міждисциплінарні магістерські програми, що реалізуються в університетах США й безпосередньо пов'язані з комп'ютерними науками та медициною.

Кінець 1960-х і початок 1970-х рр. ознаменувалися глибокими соціальними потрясіннями й конфліктами, що охопили не лише американські університетські кампуси, але й академічні спільноти в усьому світі. Проблеми, пов'язані з війною у В'єтнамі, боротьбою за громадянські права, гендерною нерівністю та міжпоколіннім

відчуженням, спричинили серйозні розколи в суспільстві, що знайшло відображення і в структурах вищої освіти. Університети стали не лише учасниками, але й осередками цих дискусій, що призводило до конфліктів між студентами, викладачами, адміністрацією та випускниками (Abelmann, 2004).

Попри те, як вже було зазначено, що міждисциплінарність отримала широке розповсюдження на початку ХХІ ст., слід звернути увагу на першу післядипломну програму, що була присвячена питанням міждисциплінарного підходу й започаткована ще у другій половині ХХ ст.

У відповідь на суспільні виклики, в Массачусетському технологічному інституті та Гарвардському університеті було впроваджено новаторські освітні моделі, які поєднували різні академічні дисципліни й сприяли розвиткові нових форм міжінституційної співпраці. Зразковим прикладом такої ініціативи стала Гарвардська та МТІ програма з охорони здоров'я та технологій (Harvard – MIT Program in Health Sciences and Technology), започаткована наприкінці 1960-х рр. Вона відіграла провідну роль у трансформації медичної освіти та дослідницької практики, заклавши підґрунтя для майбутніх міждисциплінарних підходів у науці й вищій освіті (Abelmann, 2004).

У документі про міждисциплінарну магістерсько-докторську програму, що знаходиться у каталозі Массачусетського технологічного інституту (<https://catalog.mit.edu/>) зазначено, що програму з охорони здоров'я та технологій, засновану у 1970 р., вважають однією з найдавніших у світі міждисциплінарних освітніх ініціатив, що спеціалізується на трансляційних дослідженнях у галузі медицини та біомедичної інженерії. Ця програма спрямована на формування високих академічних стандартів, розвиток наукової доброчесності та удосконалення клінічної підготовки фахівців (MIT Course Catalog, n.d.).

Програма пропонує здобуття ступенів за такими міждисциплінарними напрямками підготовки: магістерська програма з медичних наук; докторська програма з медичної інженерії та медичної фізики (MIT Course Catalog, n.d.).

Магістерську програму з медичних наук створено для амбітних та допитливих студентів, які прагнуть поєднати клінічну практику з науковими дослідженнями та комп'ютерними технологіями. Вступники можуть мати різний академічний та життєвий досвід. Зазвичай базова освіта представлена біологічними та природничими науками з

орієнтацією у математиці, біохімії, молекулярній біології та обчислювальних методах. На відміну від традиційних магістерських програм, зазначена програма поєднує фундаментальні знання з медицини та природничих наук з ґрунтовною дослідницькою підготовкою. Як правило, студенти опановують клінічні навички, працюють в лабораторіях МТІ та Гарварду, місцевих клініках, проходять стажування в медичних закладах. Програма готує фахівців, здатних поєднувати лікувальну практику з трансляційною наукою та інноваціями галузі охорони здоров'я й розрахована на 4 роки, проте передбачає можливість продовження до 5 років – для виконання науково-дослідної роботи і визначається після другого року навчання. Випускники цієї програми є авторами численних проривних інновацій, зокрема розробки схеми медикаментозного лікування, яка перетворила ВІЛ/СНІД на контрольоване захворювання, а також першої неінвазивної технології для спостереження за активністю мозку (MIT Course Catalog, n.d.).

Докторська програма з медичної інженерії та медичної фізики пропонує унікальну можливість для інженерів та дослідників, які мають на меті розробити інноваційні розробки для запобігання, діагностики та лікування хвороб. Кожен здобувач освіти обирає одну з 11 технічних спеціалізацій (інженерну або фізичну) для опанування їх основ та складає індивідуальний навчальний план, що охоплює вивчення медичних наук (біомедичні науки з акцентом на патологію і патофізіологію) разом із студентами-медиками, проходження клінічної практики, що формує розуміння процесів медичного догляду та ролі технологій у медицині, та формування компетентностей, пов'язаних з розумінням мови й культури медицини. Навчання відбувається не менше 6 років. Результатом навчання є захист дисертації на здобуття ступеня доктора філософії, присвячена розв'язанню актуальної проблеми на перетині науки, технологій та медицини, та надалі розробка інноваційних проєктів, що перетворюють наукові досягнення на медичні технології майбутнього (MIT Course Catalog, n.d.).

Проаналізувавши навчальний план магістерсько-докторської програми, ми виокремили три групи дисциплін:

- *базові медико-біологічні дисципліни* (функціональна анатомія людини; MATLAB у медицині; патофізіологія опорно-рухового апарату; патологія людини; механізми мікробного патогенезу; ендокринологія; репродуктивна біологія людини; гематологія; патофізіологія серцево-судинної системи; патофізіологія дихальної системи; патофізіологія

нирок; гастроентерологія; нейронаука; біохімія та обмін речовин; основи фармакології; генетика в сучасній медицині; молекулярна діагностика та біоінформатика; основи біомедичної візуалізації; клітинна та молекулярна імунологія; вступ до біостатистики; аналіз медичних рішень та ймовірнісні висновки; клінічна епідеміологія);

- *клінічні дисципліни* (вступ до клінічної медицини; клінічна медицина та медична інженерія I / II / комбінована; основи догляду за пацієнтами; трансляційна медицина);

- *інженерні, фізико-біологічні та міждисциплінарні дисципліни* (принципи та практика допоміжних технологій; інфекції та нерівність: глобальне здоров'я; віруси, пандемії та імунітет; біологічна фізика; статистична фізика в біології; статистика для нейронаукових досліджень; обробка біомедичних сигналів і зображень; рубежі біомедичної інженерії та фізики; обчислювальна молекулярна біологія; обчислювальна системна біологія; розширена обчислювальна біологія; еволюційна та кількісна геноміка; біомедицина та життєзабезпечення в аерокосмосі; інженерія людино-машинних систем; біоматеріали: взаємодія з тканинами; механіка клітин та матриксу; проектування медичних пристроїв та імплантів; мікросередовище пухлин та імуноонкологія; майбутнє медицини: доставлення ліків та діагностика; медична фізика протонної терапії; медична візуалізація в променевій терапії; тканинна інженерія та регенерація органів; рідини та захворювання; геноміка та еволюція інфекційних хвороб; новітні міждисциплінарні підходи у медицині; фізіологія людини; клітинна нейрофізіологія та обчислення; кількісна та клінічна фізіологія; проектування медичних пристроїв; радіаційна біофізика; новітні технології в біології та медицині; біофізика зображень і клінічні застосування; наука про медичні зображення; обробка нейронних сигналів; Збір даних та реконструкція зображень у МРТ; функціональна МРТ: збір і аналіз даних; аналітичні, біохімічні та візуалізаційні МР-техніки; семінар з біомедичної інженерії; дослідження в галузі медичних наук і технологій (MIT Course Catalog, n.d.).

Тож соціальні потрясіння 1960–1970-х рр. стали каталізатором для створення нових освітніх програм, зокрема у Гарварді та Массачусетському технологічному інституті. Ця ініціатива вперше реалізувала міждисциплінарний підхід у медичній освіті, що вперше реалізувала міждисциплінарний підхід у медичній освіті. Ця ініціатива

започаткувала інтеграцію медицини, інженерії та комп'ютерних наук, що сьогодні є стандартом підготовки інноваційних фахівців.

У Стенфордському університеті (Стенфорд, штат Каліфорнія) у магістратурі з комп'ютерних наук здобувачі мають обрати одну з дев'яти спеціалізацій, зокрема і комп'ютерну біологію. Ця міждисциплінарна спеціалізація зосереджена на питаннях з обчислення та рішеннях у галузях біологічної та медичної інформатики. Курси охоплюють сучасні алгоритми, бази даних, комп'ютерні мережі, моделювання й симуляцію, а також біообчислення, біоінженерію та медичну інформатику. Прикладами є такі курси як «Обчислювальна подорож людським геномом» та «Комп'ютерна біологія: структура й організація біомолекул і клітин» (Master Specializations. Available Specializations. Computer Science, n.d.).

Розглянувши інформацію про курс «Комп'ютерна біологія: структура й організація біомолекул і клітин», ми з'ясували, що його зосереджено на обчислювальних методах, котрі використовують для вивчення структури та динаміки біомолекул, клітин та всього, що відбувається між ними. Обчислення можуть сприяти розв'язанню таких питань щонайменше двома способами: для отримання корисної інформації з експериментальних вимірювань потрібен обчислювальний аналіз; можна застосовувати обчислювальні методи для передбачення структур, динаміки та важливих біохімічних властивостей. Крім того, курс охоплює методи моделювання молекул на атомарному рівні для білків та інших біомолекул, зокрема передбачення структури, симуляцію молекулярної динаміки, докінг та дизайн білків; обчислювальні методи, залучені у визначення молекулярних структур за допомогою рентгенівської кристалографії та криоелектронної мікроскопії; обчислювальні методи для дослідження просторової організації клітин, включно з обробкою зображень та відео з оптичної мікроскопії, а також симуляціями на клітинному рівні. Курс поєднує як класичні базові концепції, так і інноваційні дослідження в кожній з цих галузей, зокрема останні досягнення машинного навчання у структурній біології (*CS 279. Computational Biology...*, 2024).

Студенти мають виконати три завдання, кожне з яких поєднує теоретичні запитання та практичну (комп'ютерну) частину. Крім того, важливим є виконання проекту, що вимагає такої ж кількості зусиль, як і звичайне завдання, проте відкритіше за форматом і дозволить

студентам глибше дослідити обрану ними тему. По завершенню курсу на студентів очікуватиме іспит (*CS 279. Computational Biology...*, 2024).

Фахівці-магістри з комп'ютерних наук зі спеціалізацією «Комп'ютерна біологія» можуть реалізувати себе, зокрема у таких установах, як Центр дослідження алергії та астми імені Шона Н. Паркера при Стенфордському університеті. У Центрі збирають як клінічні, так і екологічні дані, використовуючи високопродуктивні експериментальні технології, що формують великі обсяги інформації. Для належного аналізу та ефективного використання таких даних у 2015 р. було створено спеціалізований біоінформатичний відділ. Напрямок досліджень охоплює широкий спектр – від аналізу первинних даних клінічних випробовувань до інноваційних мультиомікових досліджень (Stanford Medicine. Sean N. Parker..., n.d.).

В Університеті Піттсбурга (Піттсбург, штат Пенсільванія) є міждисциплінарна магістерська програма з біомедичної інформатики.

У магістерській програмі зазначено, що усі обов'язкові курси має бути складено на основі оцінювання у вигляді літерної шкали, за винятком журнального клубу, колоквиума з біомедичної інформатики (щотижневі одногодні виступи дослідників та запрошених спікерів. Мінімум 75% відвідуваності), а також окремих індивідуальних або дослідницьких занять. Мінімальна оцінка для зарахування курсів – В. Студент повинен дотримуватися правил Університету Піттсбурга та регламенту, встановленого кафедрою біомедичної інформатики. У середньому навчання відбувається впродовж двох років. Магістерська програма з біомедичної інформатики складається мінімум як з 36 кредитів, зокрема:

- базові курси (Foundations): 15 обов'язкових кредитів. Курси: «Основи біомедичної інформатики 1», «Основи біомедичної інформатики 2», «Статистичні основи біомедичної інформатики», «Реалізація алгоритмів», «Основи штучного інтелекту»;

- навички досліджень (Research Skills): 4 обов'язкові кредити. Журнальний клуб з біомедичної інформатики та публікації й презентації у біомедичній інформатиці;

- дослідження (Research): 3 кредити. Магістерський проект;

- вибіркові дисципліни (Electives): 14 або більше кредитів з додаткових курсів, самостійного вивчення тощо. Курси: «Основи трансляційної біоінформатики», «Вступ до програмування мовою R для наукових досліджень», «Людино-комп'ютерна взаємодія та її

оцінювання», «Проектування та аналіз досліджень біомаркерів», «Прикладна клінічна інформатика», «Основи глобальної медичної інформатики», «Інформатика та індустрія», стажування з глобальної медичної інформатики», індивідуальне дослідження для магістрів.

Обов'язкова участь у заходах кафедри: відвідування гостьових лекцій, симпозиумів, конференцій тощо (University of Pittsburgh. Department of..., n.d.)

Ще одним прикладом інноваційності є подвійна п'ятирічна магістерська програма (доктор медицини/магістр прикладного штучного інтелекту), запроваджена у 2023 р. Медичною школою Лонга та Університетом Техасу в Сан-Антоніо (Сан-Антоніо, штат Техас) (Stringer, 2023; UT Health San Antonio..., n.d.).

Ця програма створена для підготовки студентів до майбутніх проривів у галузі охорони здоров'я шляхом ґрунтовного навчання з прикладного штучного інтелекту. Завдяки такій підготовці випускники стануть майбутніми лідерами в дослідженнях, освіті, промисловості та медичному управлінні, формуючи майбутнє охорони здоров'я для усіх (UT Health San Antonio..., n.d.).

Упродовж перших трьох з половиною років студенти зосереджуються на медичній підготовці, включаючи успішне складання іспитів Крок 1 (Step 1) та Крок 2 (Step 2). Наступні півтора року присвячені вивченню комп'ютерних наук, із особливим акцентом на штучний інтелект та його застосування в охороні здоров'я. При цьому медичне навчання не переривається повністю – воно поновлюється у передостанньому семестрі п'ятого року, забезпечуючи безперервність професійної підготовки. П'ятий рік завершується проектом, який базується на аналізі клінічних даних і здійснюється під подвійним менторством з обох напрямів (UTSA. Amissions, n.d.).

Студенти поєднують вивчення медичний напрям (доклінічний етап (навчальні курси «Молекулярні основи медицини», «Механізми ураження та захисту», «Мова медицини», «Модуль поступового формування клінічних навичок», «Гематологія», «Здоров'я дихальної системи», «Ниркова система та чоловіча репродукція», «Кровообіг», «Свідомість, мозок і поведінка», «Ендокринна система та жіноча репродукція», «Травлення та харчування», «Форма і функція») та клінічний етап (вибіркові цикли «Внутрішня медицина», «Хірургія», «Сімейна медицина», «Акушерство та гінекологія», «Педіатрія», «Психіатрія», «Невідкладна медицина», «Неврологія») з аналітикою

даних, комп'ютерними науками та інтелектуальними й автономними системами. Щодо елективних курсів, то це – «Стандарти швидкої інтероперабельності в охороні здоров'я для студентів-медиків», «Підсумковий проєкт I», «Підсумковий проєкт II», «Розширене застосування генеративного ШІ» (UT Health San Antonio..., n.d.; UTSA. Amissions, n.d.).

М. Штрінгер (M. Stringer) зазначає, що запровадження такої освітньої програми має потенціал перетворити Сан-Антоніо на один із провідних центрів інноваційної медицини, адже штучний інтелект дедалі більше демонструє здатність підвищувати ефективність лікування. Авторка зазначає, що згідно з даними Всесвітнього економічного форуму, штучний інтелект здатен аналізувати медичну документацію, лабораторні показники та інші джерела інформації для формування персоналізованих терапевтичних рекомендацій; прогнозувати виникнення нових пандемій та розробляти стратегії їхнього запобігання; прискорювати відкриття й оптимізувати розробку нових фармацевтичних препаратів (Stringer, 2023).

Висновки. Отже, аналіз міждисциплінарних магістерських програм провідних університетів США засвідчив трансформацію традиційної системи вищої освіти під впливом суспільних викликів, науково-технічного прогресу та необхідності інтеграції медицини, комп'ютерних наук та інженерії. Впровадження першої в США міждисциплінарної програми з медицини та комп'ютерних наук у 1970-х рр. стало визначальним кроком до формування освітнього та дослідницького ландшафту. Ця програма заклала підвалини для розвитку інноваційних підходів до медичної освіти та трансляційної науки, передбачивши тісну співпрацю між клінічною практикою, інженерними рішеннями та комп'ютерними науками. Міждисциплінарні програми XXI ст. демонструють гнучкість, динамізм і спрямованість на підготовку фахівців, здатних працювати на межі кількох високотехнологічних галузей. Зокрема, вони поєднують класичні наукові знання з практичними навичками використання штучного інтелекту, клінічного аналізу великих обсягів даних.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо в оцінці впливу міждисциплінарних магістерських програм на розвиток інновацій у медичній галузі, а також висвітленні ролі штучного інтелекту, біоінформатики та інженерії в трансформації медичної освіти.

ЛІТЕРАТУРА

- Куліченко, А. К. (2021). *Теоретичні та методичні засади інноваційної діяльності медичних коледжів університетів США* (дис....д-ра пед. наук : 13.00.01). Суми. (Kulichenko, A. K. (2021). *Theoretical and methodological foundations of innovation activity of medical colleges at U. S. Universities*. (DSc thesis). Sumy.).
- Abelmann, W. H. (Ed.) (2004). *The Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology: The First 25 Years, 1970-1995*. Cambridge: Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology.
- Bertziss, A. T. (1979). The M. S. program in computer science. In *Proceedings of the 10th SIGCSE technical symposium on Computer science education (SIGCSE'79)*. Association for Computing Machinery (pp. 61–69). New York, NY, USA, <https://doi.org/10.1145/800126.809554>.
- CS 279. Computational Biology: Structure and Organization of Biomolecules and Cells (cross-listed as BIOE 279, BIOMEDIN 279, BIOPHYS 279, and CME 279). Fall 2024. (2024). Retrieved from: <https://web.stanford.edu/class/cs279/>
- Dabu, C.-M. (2017). Computer Science Education and Interdisciplinarity. In A. Vanderlei Dos Santos, J. C. Krause (Eds). *Science Education-Research and New Technologies, IntechOpen* (pp. 137–151). doi: 10.5772/intechopen.68580.
- Happe, L., & Marquardt, K. (2025). Authentic interdisciplinary online courses for alternative pathways into computer science. *Journal of Systems and Software*, 219, 112240. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112240>.
- Hercigonja-Szekeres, M., Simić, D., Božikov, J., Vondra, P. (2014). New study program: Interdisciplinary Postgraduate Specialist Study in Medical Informatics. *Studies in health technology and informatics*, 197, 115–119.
- Hielscher, J., Menges, U., Lassak, L., Püschel, H., Skrebec, O., Utz, Ch. (2023) Interdisciplinary Human-Centered Security Research: Learning From Opportunities and Challenges of a German Graduate Program. *SOUPS 2023*. Retrieved from: https://www.usenix.org/system/files/soups2023-poster42_hielscher_final.pdf
- MIT Course Catalog. (n.d.). *Harvard-MIT Health Sciences and Technology Program*. Retrieved from: <https://catalog.mit.edu/schools/engineering/harvard-mit-health-sciences-technology/harvard-mit-health-sciences-technology.pdf>
- Kline, D. M., Vetter, R., Barnhill, K. (2013). Building an Effective Interdisciplinary Professional Master's Degree. *Information Systems Education Journal*, 11(6), 40–49.
- Study Abroad & International Education Experts. IDP Education. (n.d.). *Master of Science in Computer Science (Interdisciplinary Track)*. Retrieved from: <https://www.idp.com/universities-and-colleges/university-of-tulsa/master-of-science-in-computer-science-interdisciplinary-track/PRG-US-00284574>
- Stanford Engineering. Computer Science. (n.d.). *Master Specializations. Available Specializations. Computer Science*. Retrieved from: <https://www.cs.stanford.edu/masters-specializations>
- Stanford Medicine. Sean N. Parker Center for Allergy and Asthma Research (n. d.). *Computational Biology. Computational Biology Team*. Retrieved from: https://med.stanford.edu/allergyandasthma/research/ComputationalBiology.html#our_team
- Stringer, M. (2023). *Nation's first degree combining medicine, AI comes to San Antonio*. Retrieved from: <https://www.axios.com/local/san-antonio/2023/09/19/first-artificial-intelligence-medicine-degree-texas>

University of Pittsburgh. Department of Biomedical Informatics. (n.d.). *Master's Degree Curriculum*. Retrieved from: <https://www.dbmi.pitt.edu/curriculum-masters-program/>

UTSA. Amissions. (n.d.). *Artificial Intelligence. Master's Program*. Retrieved from: <https://future.utsa.edu/programs/master/artificial-intelligence/>

UT Health San Antonio. Joe R. & Teresa Lozano Long School of Medicine. (n.d.). *MD/MSAI Program. Doctor of Medicine and Master of Science in Artificial Intelligence*. Retrieved from: <https://uthscsa.edu/medicine/education/ume/mdmsai>

SUMMARY

Rudnytskyi Yevhen, Pievniev Yaroslav, Kulichenko Alla, Chugin Serhii. Interdisciplinary Master's Programs in Computer Science and Medicine at Universities in the United States of America.

The article examines current trends in the development of Master's programs in computer sciences and medicine within an interdisciplinary context. It focuses on the transformation of educational approaches in response to the challenges of the 21st century, particularly the need for integrating knowledge across various fields. The study highlights how interdisciplinarity contributes to the training of a new generation of professionals capable of working in multidisciplinary teams and carrying out innovative projects. The article emphasizes the importance of inclusivity, flexibility in educational pathways, and adherence to academic standards.

The analysis of interdisciplinary Master's programs at leading universities in the United States demonstrates a significant transformation of the traditional higher education system under the influence of societal challenges, scientific and technological progress, and the urgent need to integrate medicine, computer science, and engineering.

The launch of the first interdisciplinary program in medicine and computer sciences in the U.S. during the 1970s marked a crucial step in shaping the modern educational and research landscape. This program laid the foundation for the development of innovative approaches in medical education and translational science. It emphasized close collaboration among clinical practice, engineering solutions, and computer science.

Modern interdisciplinary programs in the 21st century are characterized by their flexibility, dynamism, and focus on training specialists capable of working at the intersection of several high-tech fields. These programs successfully combine classical scientific knowledge with practical skills in artificial intelligence, clinical data analysis, and the management of large-scale datasets.

A key feature of such programs is the emphasis on real-world problem solving, collaborative research, and technological innovation, preparing graduates for leadership roles in rapidly evolving biomedical environments.

The perspectives for future research lie in assessing the impact of interdisciplinary Master's programs on the development of innovations in the medical field. Further attention should also be given to the role of artificial intelligence, bioinformatics, and engineering in transforming medical education, optimizing patient care, and advancing healthcare technologies.

Key words: *scientific discourse, U. S. universities, Master's programs, computer sciences, medicine, interdisciplinary approach, flexibility, inclusiveness, teamwork.*