

ВІДГУК

офіційного опонента доктора біологічних наук професора

Ляха Юрія Єремійовича

на дисертаційну роботу Шевченка Ярослава Олександровича
«Технологічні аспекти динамічної ідентифікації станів людини в задачах
мобільної медицини» на здобуття ступеня доктора філософії
у галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія»,
наукова спеціальність – «Біологічна та медична інформатика і кібернетика»,
подану до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді Національного
університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика,
створеної відповідно до наказу Національного університету охорони здоров'я
України імені П. Л. Шупика від 22.05.2023 р. № 2225

Науковий керівник – завідувач кафедри інформатики, інформаційних технологій і трансдисциплінарного навчання НУОЗ України імені П. Л. Шупика, заслужений діяч науки і техніки України, доктор медичних наук професор Озар Петрович Мінцер.

Ступінь актуальності обраної теми. Впровадження інформаційних технологій в охорону здоров'я супроводжується суттєвими змінами в медичній теорії та практиці, в тому числі пов'язаними з внесенням корективів до підготовки медичних працівників. Інформаційні технології (ІТ) радикально змінюють діагностику стану організму людини, накопичення й ефективне використання отриманої інформації і, що найважливіше є неоціненними в науковому пізнанні. Сьогодні знайшли широке впровадження телемедицина, симуляційна медицина, мобільна медицина, робототехніка, інтернет речей, працює «штучний інтелект».

Нові технології дозволили дослідити біологію та здоров'я людини у безпрецедентних масштабах та в багатьох вимірах. Проте жоден тип даних неспроможний охопити всю складність усіх чинників стосовно розуміння такого явища, як хвороба. Отже, інтегративні методи, що поєднують дані з

кількох технологій, стали критично важливими статистичними та обчислювальними підходами. Ключовим завданням розроблення таких підходів є визначення ефективних моделей, що забезпечують всеосяжне і актуальне системне представлення.

На цьому фоні визначення кількісних оцінок стану здоров'я має особливе значення як в напрямку обґрунтування магістральних шляхів підвищення об'єктивності кількісного та якісного оцінювання стану здоров'я, так і запровадження індивідуалізованого (персоналізованого) підходу.

Сучасний розвиток обчислювальної техніки надав можливості з інших позицій розглянути технологічні аспекти проведення динамічної ідентифікації показників життєдіяльності людини. Її основою має стати моніторинг показників організму людини, коли завдяки персоналізації та типізації оцінок динаміки з'явилася можливість допомогти лікарю-спеціалісту в прийнятті рішень про поточний стан організму людини в режимі реального часу. У такий спосіб можна забезпечити інформаційну підтримку в обробленні діагностичної інформації та надати прогностичні відомості, вкрай важливі для обґрунтування методів спрямованої терапії. Крім цього, можливо трансформувати багатовимірний простір клінічних ознак у двовимірний, що забезпечить необхідну для практичної охорони здоров'я візуалізацію прийняття рішень. Мобільні додатки для здоров'я відображають актуальну інформацію про здоров'я людини, а також надають пацієнтам більше можливостей для спілкування з лікарями, покращують короткочасні результати та підвищують задоволеність пацієнтів.

Отже, дисертація Шевченка Я. О. присвячена вирішенню актуального, своєчасного та важливого науково-практичного завдання – створення концептуальної основи динамічної ідентифікації станів організму людини для підвищення ефективності мобільної медицини.

Дисертаційна робота Шевченка Я. О. виконана в рамках науково-дослідної роботи кафедри інформатики, інформаційних технологій і трансдисциплінарного навчання Національного університету охорони здоров'я

(НУОЗ) України імені П. Л. Шупика «Теоретичне обґрунтування засад створення систем отримання, оброблення та передавання медичних знань за допомогою інформаційно-комунікативних та інформаційно-когнітивних технологій» (номер державної реєстрації 0117U007598) та самостійної науково-дослідної роботи «Технологічні аспекти динамічної ідентифікації станів людини в задачах мобільної медицини» (номер державної реєстрації 0116U008376).

Обґрунтованість наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації, оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Дисертантом системно проаналізовано сучасну ситуацію за темою дисертації, що дозволило аргументовано визначити мету, сформулювати завдання дослідження, узгодити об'єкт і предмет, обрати методи дослідження. Дисертаційну роботу відрізняє сучасний методологічний і методичний рівень, а всебічний аналіз отриманих даних забезпечив достовірність результатів дослідження.

Для створення концептуальних основ виявлення сталих станів організму людини проведено теоретичне дослідження з використанням 151 літературного джерела. Експериментальна частина дослідження забезпечена даними обстежень 510 відпочиваючих (пацієнтів) у санаторії «Квітка полонини» для визначення інформативності ознак у динамічних процесах оцінювання стану організму людини та ефективності їх застосування з метою покращення процесів диференціальної діагностики; більше 700 людино-досліджень для аналізу індивідуальних ознак динамічної ідентифікації спортсменів-біатлоністів та їхні середньо-групові дані, а також дані ергоспірометрії та динаміки ЧСС у 7 чоловіків і 7 жінок, основного складу збірної команди України з біатлону, для визначення множин сталих станів функціонування організму спортсмена та кластеризації функціональних станів організму; 77 спостережень для визначення ефективності навчання лікарів принципам мобільної медицини.

У дисертаційній роботі використано різнобічні та сучасні методи статистичної обробки результатів, що підтверджують достовірність отриманих даних. Висновки дисертаційної роботи адекватні отриманим результатам і

відображають обсяг проведених досліджень.

Дослідження виконано на матеріалах ГО «Федерація біатлону України», на базах санаторію «Квітка полонини» ТОВ «Сузір'я» та кафедри інформатики, інформаційних технологій і трансдисциплінарного навчання НУОЗ України імені П. Л. Шупика протягом 2017-2022 рр.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовано в дисертації, є достовірними та обґрунтованими, узгоджуються з метою та завданнями роботи, що свідчить про їх вирішення, базуються на результатах експериментальних досліджень.

Наукова новизна представлених теоретичних і практичних результатів дослідження. Новизна полягає у тому, що вперше в Україні запропоновано систему персоналізованого прийняття рішень у мобільній медицині. Для визначення інформативності ознак при мобільному спостереженні за станом організму людини запропоновано користуватися показниками ризику прогнозованих станів як універсальним методом. Розглянута логіка використання конфаундерів для реалізації персоналізованої медицини.

Враховуючи, що інформативність ознак станів організму людини постійно змінюється, для онлайн-діагностики стану під час мобільного спостереження рекомендовано застосовувати функцію інформативності ознак, а також набір підходів для їх комплексного оцінювання. Запропоновано використовувати ймовірнісні алгоритми, що ґрунтуються на значеннях ризику, а також на формулах Кульбаха та Шеннона для визначення тенденцій стану організму людини.

Запропоновано нову аналітичну методіку динамічної ідентифікації станів організму людини, засновану на концепції тимчасової сталості, що дозволяє ідентифікувати та кількісно оцінити мережеві взаємодії між різними фізіологічними системами в завданнях моніторингу.

Запропоновано технологічну структуру сучасної мобільної медицини.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено принципи

індивідуалізації визначення станів організму людини для прийняття більш точного рішення стосовно подальших дій. Доведено, що використання стратегії постійного моніторингу факторів ризику та конфаундерів, урахування динаміки інформативності ознак знижують кількість діагностичних помилок щонайменше на $(11,3 \pm 1,6) \%$. Стратегію впроваджено в діяльність санаторно-курортного закладу.

Алгоритм динамічної ідентифікації станів організму людини впроваджено в практику спортивної медицини. А застосування парадигми сталих станів як комбінації незмінних фізіологічних показників дозволяє суттєво полегшити прогнозування результатів тренувального процесу у спортсменів.

Показано, що показники якості підготовки лікарів при мобільному навчанні мають тенденцію до зниження з $(88,8 \pm 5,3) \%$ до $(84,0 \pm 5,4) \%$ (статистично, проте не вірогідно, $p > 0,05$).

Отже, робота має наукову, теоретичну та практичну цінність. Результати дисертаційного дослідження впроваджено в діяльність ГО «Федерація біатлону України», санаторію «Квітка полонини» ТОВ «Сузір'я». Основні положення роботи також використано в освітньому процесі ряду кафедр закладів вищої медичної освіти.

Оцінювання наукового рівня дисертації за змістом. Назва роботи відповідає суті змісту; дисертація побудована та викладена відповідно до вимог, складається зі вступу, п'яти розділів із висвітленням результатів власних досліджень, висновків і практичних рекомендацій, списку використаних джерел, 4 додатків. Дисертаційна робота викладена українською мовою на 178 аркушах (основний текст подано на 136 аркушах), ілюстрована 4 таблицями та 16 рисунками, містить вступ і п'ять розділів власних досліджень, висновки із практичними рекомендаціями.

Стиль та мова викладання дисертації чітко висвітлюють одержані науково-практичні результати. Позитивним фактом є те, що автор у кожному розділі дисертації надає інформацію про вирішення конкретного завдання дослідження та обґрунтовує певне наукове положення.

За обсягом, об'єктом і методами дослідження дисертація відповідає профілю спеціальності 091 Біологія у галузі знань 09 Біологія та наукової спеціальності «Біологічна та медична інформатика і кібернетика».

Вступ містить обґрунтування вибору теми дисертаційного дослідження, зазначено зв'язок із науковою темою, сформульовано мету, завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і конкретизовано методи наукового дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, відомості про апробацію та публікації. Матеріал викладено чітко та зрозуміло, зміст вступу відповідає встановленим вимогам.

Перший розділ дисертаційного дослідження «Теоретичні підходи до ідентифікації станів організму людини» розкриває питання інформаційних технологій у практичній біомедицині; проблемні питання ідентифікації стану організму людини в мобільній медицині та поняття інформативності ознак, а також особливості технологій дистанційного управління інформацією в мобільній медицині. Зроблено обґрунтований висновок про те, що мобільна медицина сприяє ефективному розв'язанню програм диспансерного спостереження пацієнтів із хронічними захворюваннями, що потребують динамічного контролю стану здоров'я. Підкреслюється, що основною проблемою застосування мобільної медицини є визначення сталих станів функціонування організму та можливих траєкторій переходу між ними, оскільки на сьогоднішній день стандарти передавання інформації у мобільній медицині відсутні.

Дисертантом обґрунтовано, що наразі найскладнішим у завданнях мобільної медицини виявляється формалізація методів і прийомів ідентифікації станів організму людини та їх цифровізація в той час як питання впровадження в практику охорони здоров'я різноманітних технічних засобів вивчено достатньо.

У **другому** розділі «Дизайн дослідження» автором описано методику оцінювання сталості функціональних станів організму людини із використанням

сучасних технологій доказової медицини. Доведено, що аналіз матеріалів дослідження із застосуванням показників валідності, математичної й експертної обґрунтованості отриманих даних можуть забезпечити швидкий розвиток напрямку.

Детально представлено технологічні підходи та описано математичні та статистичні методи розв'язання завдань дисертаційного дослідження. Надано кількісну складову експериментальної частини дисертаційного дослідження.

Третій розділ присвячено оцінкам інформативності для зменшення розмірності простору ознак та ідентифікації станів. Проведено аналіз інформативності ознак для визначення функціонального стану організму людини. Досліджено можливість та ефективність застосування оцінок інформативності ознак для покращання процесів диференціальної діагностики. Розроблено оригінальний метод використання показників ризику прогнозованих станів як універсальний метод встановлення інформативності ознак під час мобільного спостереження за станом організму людини.

Детально висвітлено використання багатовимірних показників інформативності ознак. Оскільки інформативність ознак станів людини постійно змінюється, то для онлайн-діагностики стану організму людини під час мобільного спостереження запропоновано використовувати ймовірнісні алгоритми, що ґрунтуються на значеннях ризику змінення стану організму людини та на формулах Кульбаха і Шеннона. Обґрунтовано набір підходів для комплексного оцінювання інформативності ознак.

Сучасним висновком також є те, що наразі в задачах конструювання нових приладів з'являються завдання не тільки моніторингу, але й алгоритми прийняття рішень про подальші дії (профілактика, лікування тощо).

У **четвертому** розділі «Ідентифікація станів організму людини» дисертантом запропоновано нове визначення сталого стану організму людини в завданнях моніторингу та введено поняття стаціонарного сталого стану. Висловлено важливу думку, що експериментальна перевірка переходу з одного стаціонарного стану в інший полягає у вимірюванні величини відгуку

фізіологічно значущого показника на тестове навантаження під час наростання зовнішнього впливу на систему. Підкреслена важливість визначення сталого стану в форматі постійного моніторингу під час навантаження та після нього.

Належну увагу приділено проблемам конфаудінгу. Технологічно процедура обліку конфаундерів у статистичних моделях полягає в тому, що порівнюються значення коефіцієнтів при основному досліджуваному факторі для моделей з конфаундерами та без них.

Запропоновано нову аналітичну методику динамічної ідентифікації станів організму людини, засновану на концепції тимчасової сталості, що дозволяє ідентифікувати та кількісно оцінити мережеві взаємодії між різними фізіологічними системами в завданнях моніторингу. Для цього розроблено та впроваджено загальний алгоритм ідентифікації стану організму людини та алгоритм динамічної ідентифікації станів організму людини в мобільній медицині.

П'ятий розділ дослідження присвячено практичним питанням динамічної ідентифікації стану організму людини. Дисертантом проведено кластеризацію функціональних станів організму спортсменів під час підготовки до змагань, що дозволило підтвердити гіпотезу про існування кількох сталих станів, визначення та інтерпретація змінення яких заради отримання якомога вищого результату ймовірна в разі гарантування відповідної тривалості моніторингу, а також персоналізованого оцінювання курсу змін. Важливо, що більшість методів автоматичної кластеризації станів у спортсменів дають близькі результати. Окрім цього, розглянуто проблеми множинних сталих фізіологічних станів та ідентифікації переходів від одного стану до іншого. Виділено три типи бар'єрів, що перешкоджають досягненню сталого фізіологічного стану спортсменів або своєчасному його корегуванню. Доведено, що використання парадигми сталих станів дає змогу значно спростити вирішення завдання прогнозування результатів тренувального процесу у спортсменів. Крім того, визначення траєкторій переходу між стаціонарними станами за допомогою алгоритму прогнозування може бути обтяжливим для зайнятого клініциста.

Тому автором зауважено, що алгоритми прогнозування результатів можна найкраще налаштувати, застосовуючи локальні або регіональні бази даних.

Узагальненням досліджень стало представлення технологічної структури сучасної мобільної медицини.

Проте враховуючи системний підхід, реалізований у дослідженні, дисертантом було поставлено питання про обізнаність лікарів щодо інформаційних аспектів мобільної медицини. В результаті досліджено ефективність мобільного навчання лікарів. Показники якості підготовки при мобільному навчанні мали тенденцію до зниження з $(88,8 \pm 5,3) \%$ до $(84,0 \pm 5,4) \%$ (цифрові відмінності в даних статистично не вірогідні, $p > 0,05$).

Кожен розділ дисертації Шевченка Я. О. завершується висновками, що стисло висвітлюють основні положення.

Висновки дисертаційної роботи складаються з 12 пунктів, повністю відображають проведений комплекс досліджень, відповідають поставленій меті та завданням дослідження, сформульовані лаконічно та зрозуміло. Для повноти сприйняття дисертації у додатках наведено допоміжні матеріали.

Список використаних джерел включає 254 найменування, в тому числі 208 латиницею.

В цілому дисертація написана грамотно та доступно, ілюстрована достатньою кількістю рисунків і таблиць. Автор демонструє гарне знання питання та глибоко аналізує отримані результати.

Принципових зауважень до дисертації немає.

Оцінювання наукового рівня публікацій. Результати дисертаційних досліджень повністю представлені в опублікованих працях у фахових виданнях, що рекомендовані МОН України. Результати дисертаційної роботи апробовані на науково-практичних конференціях, з'їздах семінарах. За темою дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, серед яких: 7 статей у фахових виданнях, рекомендованих МОН України (у тому числі 2 – одноосібні), 1 стаття в закордонному періодичному науковому виданні, 6 тез

доповідей у матеріалах науково-практичних конференцій, 1 методичні рекомендації.

При розгляді дисертаційної роботи на здобуття ступеня доктора філософії Шевченка Я. О. не було виявлено порушень академічної доброчесності.

У ході ознайомлення з дисертаційною роботою виникли запитання для дискусії:

1. Дев'ятий висновок Вашої дисертації містить таку думку: «характеристики дисперсії показників вважати найбільш інформативними для предикції виходу організму з одного сталого стану та його переходу в інший». Чому Ви так вважаєте?

2. Поясніть, будь ласка, основний сенс такої Вашої тези: «характерною рисою теперішнього періоду розвитку технологій мобільної медицини є те, що в задачах конструювання нових приладів з'являються завдання не тільки моніторингу, але й алгоритми прийняття рішень про подальші дії (профілактика, лікування тощо)».

Висновок. Дисертаційна робота Шевченка Я. О. на тему: «Технологічні аспекти динамічної ідентифікації станів людини в задачах мобільної медицини» є завершеною самостійно виконаною науковою працею, що вирішує сучасне науково-прикладне завдання біологічної та медичної інформатики та кібернетики.

За своєю актуальністю, рівнем виконання поставленого наукового завдання, ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності, повнотою викладу в опублікованих працях, науковою новизною теоретичних результатів і практичною значимістю отриманих результатів, а також оволодінням здобувачем методологією наукової діяльності дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а також вимогам до оформлення дисертацій, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки

України від 12.01.2017 № 40 із змінами, її автор Шевченко Я. О. заслуговує на присудження ступеня доктора філософії галузі знань 09 Біологія за спеціальністю 091 Біологія (наукова спеціальність – Біологічна та медична інформатика і кібернетика).

Офіційний опонент:

Професор кафедри громадського здоров'я та фізичного виховання Національного університету «Острозька академія»
доктор біологічних наук професор



Ю. Є. Лях