

С. В. ПАВЛОВ, д-р техн. наук, проф.
І. А. МЕЖІЄВСЬКА, канд. мед. наук, доц.
В. ВУЙЦІК, д-р техн. наук, проф.
О. В. ВЛАСЕНКО, д-р мед. наук, проф.
О. Г. АВРУНІН, д-р техн. наук, проф.
В. Ю. МАСЛОВСЬКИЙ, д-р мед. наук, доц.
О. С. ВОЛОСОВИЧ, магістр

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ АНАТОМІЧНОГО УРАЖЕННЯ КОРОНАРНИХ АРТЕРІЙ

Резюме. У статті проаналізовано світовий досвід розвитку медичних інформаційних технологій. Розроблено методіку використання нечітких множин для реалізації інформаційної експертної системи для вирішення завдань медичної діагностики, зокрема під час оцінювання ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ішемічної хвороби серця. Практична цінність роботи полягає в можливості використання автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на основі нечіткої логіки при оцінюванні ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ішемічної хвороби серця.

Ключові слова: медичні інформаційні технології, медичні інформаційні системи, коронарні канали, ішемічна хвороба серця.

ВСТУП

Ішемічна хвороба серця (ІХС) залишається однією з провідних причин тимчасової та стійкої втрати працездатності, інвалідизації та смертності населення в економічно розвинених країнах і є однією з найактуальніших проблем кардіології [1; 2]. Нині серцево-судинні захворювання викликають 47 % усіх випадків смерті серед населення Європи, що становить 4 млн випадків щороку [3]. В Україні ІХС становить 65 % у структурі смертності від захворювань системи кровообігу працездатного населення та є головною причиною інвалідизації [4; 5].

Попри те, що в Європі рівень смертності, асоційованої з ІХС за останні десятиріччя, знизився, ця патологія залишається однією з провідних причин смерті. Відносні показники рівня STEMI знижуються, тоді як NSTEMI, відповідно, підвищуються. Незважаючи на зниження рівня смертності, асоційованої з STEMI, що супроводжується розширенням практики проведення реперфузійної терапії, смертність залишається значною. Госпітальна смертність у таких пацієнтів, згідно з європейськими реєстрами, коливається на рівні 4–12 % [6–8; 15].

Інфаркт міокарда є найчастішим проявом ішемічної хвороби серця та однією з головних

причин інвалідності і смертності працездатного населення. Летальність при інфаркті міокарда становить 18,5–40 %, значна кількість хворих вмирає від початку нападу й здебільшого до госпіталізації. Упродовж останніх 10 років значно підвищилася частота виникнення NSTEMI (інфаркт міокарда без підйому сегмента ST). Важливим моментом введення хворих із NSTEMI є розробка стратифікації та прогнозування перебігу, використовуючи різноманітні клініко-інструментальні параметри.

Систематизовані дані про характер ураження коронарних артерій у пацієнтів із NSTEMI демонструють, що 10–20 % пацієнтів мають інтактні коронарні артерії, у 30–35 % випадків наявне ураження однієї, у 25–30 % — 2 артерій і в 5–10 % — ураження стовбура лівої коронарної артерії різного ступеня [1–4]. Низка досліджень демонструють менш значущі анатомічні зміни в коронарних артеріях у жінок у порівнянні з чоловіками в усіх вікових групах [5–7].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В Україні частота реєстрації інфаркту міокарда (ІМ) є однією з найвищих у Європі та становить близько 50 тис. випадків щорічно, що дає підстави вважати цю патологію однією

з пріоритетних медико-соціальних проблем нашого суспільства. Згідно з четвертим універсальним визначенням термін “інфаркт міокарда”, використовується в разі наявності доведеного некрозу міокарда внаслідок гострої тривалої ішемії міокарда [21]. Саме з некрозом і наступним фіброзом міокарда пов’язана активація структурно-геометричної перебудови камер серця, яка зумовлює цілу низку проблем у післяінфарктному періоді. У віддаленні терміни ІМ прогноз виживання хворих визначається, переважно, розвитком і прогресуванням серцевої недостатності (СН), основу якої становить дисфункція лівого шлуночка (ЛШ) [16; 18].

Згідно з оцінками науковців, до 2030 р. 44 % населення матиме той чи інший тип серцево-судинних захворювань (ССЗ) [20]. Пацієнти з ССЗ відчувають численні суб’єктивні симптоми, з-поміж яких втома, задишка або біль у грудях, що впливає на їх фізичний, емоційний та соціальний стани зі суттєвим погіршенням якості життя [17; 19].

Метою статті є розробка стратифікації та прогнозування перебігу захворювання, що надасть можливість проводити профілактику і запобігати дестабілізації перебігу захворювання та розвитку різних ускладнень хворих з NSTEMI.

СВІТОВИЙ ДОСВІД РОЗВИТКУ МІС

Впровадження інформаційних технологій у таку нетрадиційну і консервативну сферу, як медицина, почалася в другій половині 1960-х років. Так, Н. М. Амосов [9] вперше у світі створив стандартизовану історію хвороби, орієнтовану на застосування в комп’ютері. На початку 1970-х рр. В. І. Бураковський ввів у дію першу у світі автоматизовану систему стеження за хворими і підтримки рішень лікаря за допомогою математичних моделей [10]. У ці ж роки Л. Осборн використовує в Сан-Франциско міні-ЕОМ для лікування тяжкохворих, а Дж. Кірклін разом з Л. Шепард створює в Алабамі і реалізує на “при ліжковій” міні-ЕОМ алгоритм лікування гострої важкої серцевої недостатності [11].

Почалося створення інформаційних медичних систем. У зв’язку з бурхливим розвитком можливостей комп’ютерної техніки та інформаційних технологій, а також з прогресом у медичній техніці, біоелектроніці, молекулярній біофізиці, фізичній хімії, біохімії, генетиці, імунології, а також кібернетиці та інформатиці [12] відбувається розвиток теоретичних основ впровадження інформаційних технологій під час створення МІС. Сформувалися цілі галузі науки — медична кібернетика та медична інформатика [13], які дозволили на теоретичному рівні провести дослідження щодо застосування

кібернетичних методів для підвищення якості всіх етапів лікувально-профілактичного процесу.

Виникли завдання формалізації медичних даних шляхом створення формалізованих і стандартизованих амбулаторних карт (ФАК), історій хвороби (ФІБ), медичних баз знань [14]. Це завдання, на жаль не вирішене повною мірою до теперішнього часу [15]. Наприкінці ХХ ст. отримала розвиток телемедична технологія [16; 17], що прискорило збір і аналіз медичної інформації. Окрім безпосередньої формалізації медичних даних виконувалися роботи з оцінки їхньої інформативності [18] та розробки математичних методів і моделей синтезу комп’ютерного діагнозу. У [19] виділено сім рівнів розвитку МІС.

Перший рівень — автоматизовані медичні записи, які відповідають формалізованим медичним записам на паперових носіях. Для реалізації зазначеного рівня розроблено різні стандартизовані форми подання медичної інформації.

Другий рівень (англ. Computerized Medical Record System) — поєднання комп’ютеризованих записів, зроблених пацієнтом і медичним персоналом, та інформації, отриманої з медичних діагностичних приладів різного призначення.

Третій рівень (англ. Electronic Medical Records) — інтеграція електронних записів з експертними системами в процесі діагностики, вибору стратегії лікування, пошуку необхідних ліків, контролю за проведенням лікуванням.

Четвертий рівень (англ. Electronic Patient Record Systems) — розвиток МІС, коли вся інформація про пацієнта знаходиться в серверах комунікаційної мережі та можливий обмін медичною інформацією між різними серверами. На цьому рівні активно використовуються можливості телемедицини.

П’ятий рівень (англ. Electronic Health Record) — розвиток МІС, що відрізняється від четвертого рівня необмеженим джерелом інформації про здоров’я пацієнта і відображає топологію і типологію фізіологічних або патологічних процесів у людини.

Шостий рівень (СППРМ) передбачає використання синергетичних баз даних і баз знань, з урахуванням взаємодії природного і штучного інтелекту.

Сьомий рівень (Міжнародний Колективний Медичний Розум) — об’єднання в глобальну мережу через Інтернет МІС попередніх рівнів. На цьому рівні оцінюються накопичені в базах МІС дані про різні класи і типи хворих з метою узагальнення і отримання нових знань. Також передбачається активна участь в лікувально-реабілітаційному процесі конкретних пацієнтів.

Наведена класифікація не вичерпує всього спектру МІС. Розрізняють МІС за: спеціалізаціями

та напрямами медицини (кардіологічні, психо-діагностичні тощо), застосовуваними методами і приладами дослідження (томографічні, ультразвукові, фонографічні тощо), режимами роботи (системи скринінгових обстежень, сигнальні системи в палатах інтенсивної терапії тощо).

Було розроблено та використовуються упродовж декількох десятиліть такі MIC: PUFF — діагностика легеневих захворювань, VM — контроль стану пацієнтів у палатах інтенсивної терапії, AI/COAG — діагностика захворювань крові, AI/RHEUM — діагностика ревматичних захворювань, MUCIN — діагностика інфекційних захворювань, ONCOCIN — моніторинг пацієнтів, які проходять курс хіміотерапії [10], “Гарвей” — контроль стану серцево-судинної системи для реанімаційних відділень, операційних, палат інтенсивної терапії, кабінетів функціональної діагностики тощо, “Айболіт” — оцінка за індивідуалізованої моделі пацієнтів відділенні інтенсивної терапії [8], АСПОН — автоматизована система профілактично оглядів населення [11], INTERNIST [12], MDX 2 [13] — інтегровані медичні системи тощо.

Однак, як зазначено в [8], попри значні успіхи в інформатизації медицини, як концепції, так і цілі інформатизації в медицині відстають від можливостей сучасної техніки. Найчастіше всередині госпіталів рентгенівські плівки все ще переносять в руках, а для реєстрації біосигналів (ЕКГ, ЕЕГ, РГ тощо) використовуються самописці з ручною розшифровкою зазначених сигналів.

Недостатні темпи інформатизації медицини пояснюються (окрім фінансових, адміністративних і правових аспектів) складністю об’єкта дослідження (організм людини і його взаємодія з навколишнім середовищем), а також тим, що величезний досвід становлення і розвитку кібернетики та інформатики в другій половині ХХ ст., включаючи помилки та невдачі, не враховується, забутий або ігнорується.

У [14] зазначається, що здоров’я людини охоплює чотири складові: фізіологічне, духовне, психічне і соціальне. Причому стан здоров’я конкретного пацієнта визначається процесами внутрішньої і зовнішньої взаємодії між речовиною, енергією та інформацією людини і зовнішнім середовищем з метою підтримки необхідного рівня інформаційно-енергетичного гомеостазу.

У [7] виділено 15 рівнів взаємодії організму та зовнішнього середовища:

- 0-й — соматичний рівень (для взаємодії людини з середовищем);
- 1-й — квантово-біофізичний і біохімічний рівень;

- 2-й — системоорганізаційний рівень серцево-судинної та інших систем;
- 3-й — біоатомарний рівень;
- 4-й — біомолекулярний рівень;
- 5-й — клітинний рівень;
- 6-й — тканинний рівень;
- 7-й — органний рівень;
- 8-й — біосистемний рівень;
- 9-й — організмний рівень;
- 10-й — рівень тонкого ефірного тіла;
- 11-й — рівень астрального (емоційного) тіла;
- 12-й — рівень ментального тіла;
- 13-й — рівень каузального тіла;
- 14-й — інформаційно-енергетичний рівень.

Нині медицина може отримати неповні медичні дані, що відображають динаміку взаємодій рівнів 0–9. На жаль, досі є невідомими дані рівнів 10–13.

У разі порушення взаємодії програм внутрішніх рівнів організму та зовнішнього середовища розвиваються функціональні або морфологічні зміни організму, що пов’язані з реакцією регуляторних систем і компенсацією змін параметрів гомеостазу за рахунок включення резервних механізмів регуляції. У разі вираженого відхилення від належного гомеостазу, спрацьовують сигнальні системи організму і з’являються відчуття дискомфорту — суб’єктивні симптоми наявності патологій.

Складність побудови діагнозу хворої або здорової людини пояснюється ще й тим, що людина навіть в допологовому періоді на основі генетичного контролю успадковує не лише програми розвитку взаємодії на різних часових і структурних рівнях організму, що розвивається, а й програми можливої патології. У [14] передбачається, що вони проявляють себе на рівнях взаємодії системотворчих і системоорганізаційних програм, вбудованих у геном організму, що розвивається під впливом несприятливих факторів зовнішнього середовища. У [16] визначено такі проблеми інформатизації лікувально-діагностичного процесу, які по суті є проблемами побудови СППРМ.

1) Створення комп’ютерних баз фундаментальних знань за умови їх об’єднання з можливостями телекомунікацій. Змістовною частиною зазначених баз знань є системи законів, закономірностей, евристики, практично і статистично перевірений досвід, норми та ефективні загальноновизнані методи досліджень пацієнтів.

2) Розробка та впровадження методів і приладів отримання і введення медичної інформації (датчики фізіологічних і фізичних параметрів, лабораторні прилади, контрольно-вимірювальні і моніторно-комп’ютерні комплекси). Однак, переважання зарубіжних фірм у сфері постачання

медичних інформаційно-вимірювальних систем обумовлює непомірно високу вартість сучасної медичної контрольно-вимірювальної апаратури (десятки і сотні тисяч доларів США). Нині в діагностиці широко використовуються ехографічні, томокомп'ютерні, ангиографічні, ендоскопічні та інші види зображень. Проте досі невирішеними залишаються питання достовірності отриманої із зазначених зображень інформації та їх правильна інтерпретація.

3) Розробка та обґрунтування застосування математичних методів збору і аналізу медичних даних. Будь-яка МІС, починаючи з третього рівня, формує комп'ютерний діагноз на основі аналізу медичних даних із використанням різних математичних методів і моделей. Під час статистичної обробки медичних даних часто не враховується достатність і необхідність набору діагностичних ознак, їх комбінаторний, а також динамічний характер зміни.

4) Розробка форм представлення і візуалізація медичних даних і знань. Причому розробка дружнього інтерфейсу має вирішальне значення для забезпечення їх конкурентоспроможності [15]. У сучасних МІС спілкування лікаря з ПК стало природним на рівні не лише цифр, а й за допомогою тексту і образів (реальних медичних зображень: рентгенограм, ехограм, томограм тощо, а також віртуальних — синтезованих комп'ютером за результатами вимірювань). З огляду на зазначене вище, при розробці СППРМ актуальною стає проблема оптимального співвідношення кількісного й образного представлення інформації, найбільш адекватного психосенсорним здібностям користувачів-лікарів [23—26].

5) Організація зберігання медичних даних, зокрема системи архівування та документування зображень із забезпеченням введення і збереження протоколів обстежень, заключних діагнозів та іншої супровідної інформації. Однак проблеми змістовної частини, істинності та конструктивності медичних знань, прийнятний рівень формалізації, однозначна інтерпретація даних є актуальними і вимагають негайних рішень.

Завдання, які вони вирішують:

Інформаційна система — організаційно впроваджена сукупність документів та інформаційних технологій, зокрема з використанням засобів обчислювальної техніки і зв'язку, що реалізують інформаційні процеси [1].

Оброблення інформації в інформаційній системі може здійснюватися ручним, механізованим, автоматизованим і автоматичним способами.

У межах кожного рівня інформаційні системи зазвичай діляться за функціональним прин-

ципом, тобто за цілями і завданнями, які вони вирішують.

МЕТОДОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЯ МІТ

У медичних інформаційних системах обробка даних і знань зводиться до трьох основних етапів [13—16]:

1) елементи інформації розміщуються в певних рубриках, які мають вигляд параметрів і діагнозів;

2) бази зібраних даних і теоретичних знань упорядковуються — формується їхня структура, визначається порядок розміщення інформації та характер взаємозв'язку між елементами інформації;

3) здійснюється вибір найбільш необхідної інформації, приймається рішення, редагується база знань і база даних.

По суті, прийняття рішення зводяться до ідентифікації нелінійних об'єктів з одним виходом та багатьма входами [13].

У МІТ для обробки інформації використовуються два підходи до організації медичних даних [15]:

- фрагментування;
- комплексування.

Під час фрагментування задача обробки даних підрозділяється на окремі частини з метою більш ефективного її розв'язання.

Під час комплексування для вирішення окремих задач параметри об'єднуються в більш великі розділи.

На практиці в МІТ знаходять застосування обидва підходи, оскільки дані різних досліджень тісно взаємопов'язані. Результати обробки використовуються для верифікації діагнозу, вибору методів лікування, прогностичних висновків тощо.

У процесі розробки медичних діагностично-інформаційних систем важливе значення має аналіз параметрів, які використовує сучасна медицина.

Під час розробки медичної інформаційної системи МІС необхідно розв'язати низку завдань, а саме [13—16]:

- вибір і визначення призначення системи;
- вибір структурної схеми системи;
- формування та аналіз переліку нозологічних форм, які будуть вивчатися, збір статистично достовірної інформації про наявність симптоматики, а також про функціональний стан організму;
- вибір методу оброблення біомедичної інформації;
- побудова алгоритму для розв'язання задач оцінювання біомедичної інформації та формування діагностичного і прогностичного висновків.

Проектування МІС буде високоякісним лише тоді, коли дослідження проводить досвідчений лікар-діагност. Таке дослідження може проектуватися групою кваліфікованих експертів у цій галузі діагностики.

Базова структура МІС, що подана на **рис. 1**, демонструє наявність в інтерфейсі комп'ютерної програми двох функцій: отримання знань у експерта та ведення діалогу з користувачем.

У роботі будується МІС система шляхом проектування та налаштування нечітких баз знань, які є сукупністю лінгвістичних висловлювань типу: якщо <входи>, то <виходи>.

Захворювання проявляється у вигляді тих чи інших ознак. За наявності, ступенем прояву та за сукупністю ознак приймається рішення про рівень ураження коронарних артерій серця.

Під час проведення вимірів медичного характеру можна умовно виділити дві ситуації, відповідно до того, чи використовуються при вимірах фізичні моделі, чи — ні.

У медичних вимірах, проведених із застосуванням фізичних вимірювальних приладів, беруть участь чотири об'єкти: вимірювальний прилад; пацієнт; лікар; умови, за яких проводяться виміри.

Кожен із цих об'єктів є джерелом похибок вимірів, оскільки від точності вимірів фізіологічних характеристик насамкінець залежить достовірність діагностування.

Таким чином, у статті розглянуто базову структуру МІС та висунуто основні рекомендації щодо її проектування, а саме: вибір та призначення системи; вибір структурної схеми системи; формування та аналіз переліку нозологічних форм, збір статистично достовірної інформації про вираженість симптоматики; вибір методу оброблення біомедичної інформації; побудова алгоритму для розв'язання задач оцінювання біомедичної інформації та формування діагностичного і прогностичного висновків.

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі проведених досліджень комплексного обстеження 165 пацієнтів на базі Вінниць-

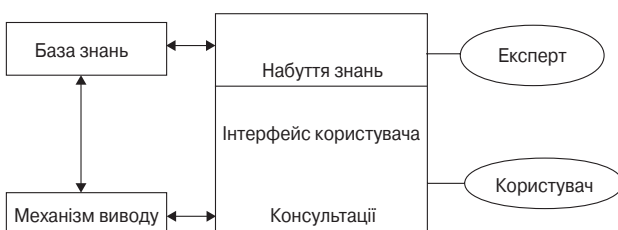


Рис. 1. Географічна структура зовнішньої торгівлі товарами у 2017 р.

кого національного медичного університету ім. М. Пирогова з різними формами ішемічної хвороби серця (ІХС) з і без гіпертонічної хвороби (ГХ) віком від 35 до 79 років (в середньому $60,7 \pm 0,8$, медіана — 61, інтерквартильний розмах — 54 і 69) експертами проаналізовано особливості анатомічного ураження коронарного русла в пацієнтів із різними формами ІХС (**табл. 1**).

Серед обстежених 114 (69,1 %) пацієнтів були чоловічої і 51 (30,9 %) — жіночої. Співвідношення чоловіків до жінок становило 2,2 до 1,0 ($\chi^2 = 48,1$; $p < 0,0001$), що свідчило про суттєве переважання в дослідженні пацієнтів чоловічої статі.

У ролі критеріїв включення пацієнтів у дослідження розглядали:

1) стабільні та гострі форми ІХС (стабільна стенокардія напруги II—III ФК, нестабільна стенокардія і гострий інфаркт міокарда з елевацією і без елевації сегмента ST);

2) гострий інфаркт міокарда лівого шлуночка (ЛШ), що виник вперше (за відсутності в анамнезі перенесеного ІМ);

3) вік пацієнтів від 30 до 80 років.

Аналіз основних клінічних характеристик пацієнтів ІМбелST (**табл. 2**) показав, що 85,5 % обстежених мали ГХ тривалістю від 7 до 25 (в середньому $15,5 \pm 0,41$) років. У 43,0 % пацієнтів до гострого інциденту ІМ спостерігалась інструментально доведена (згідно з медичними документами) стабільна стенокардія напруги I-III ФК з анамнезом від 1 до 15 (в середньому $7,0 \pm 0,44$) років. У 11,5 % обстежених реєструвалася постійна форма фібриляції передсердь, анамнез перманентної аритмії коливався від 1 до 7 (в середньому $4,4 \pm 0,39$) років. У 12,5 % пацієнтів ІМбелST в анамнезі визначався ЦД II типу і в 42,0 % — такий чинник ризику, як куріння. Причому більшість (80,0 %) цих пацієнтів курила на час виникнення ІМ і лише 20,0 % — були курцями в минулому (термін від позбавлення звички не перевищував 2-х років). Загальний стаж куріння коливався від 14 до 40 (в середньому $29,5 \pm 0,84$) років.

Індекс маси тіла (ІМТ) обстежених варіював від 19,3 до 47,6 і в середньому склав $28,6 \pm 0,36$ кг/м². У 36,5 % пацієнтів визначалось аліментарне ожиріння (ІМТ > 30 кг/м²). Ожиріння I ступеня (ІМТ — 30—35 кг/м²) було діагностовано у 25,5 %, II (ІМТ — 35—40 кг/м²) — в 9,0 % і III ступеня (ІМТ > 40 кг/м²) — лише у 2,0 % випадків.

Водночас порівняльний аналіз основних характеристик пацієнтів залежно від статі (**табл. 2**) продемонстрував, що в чоловіків (у порівнянні з жінками) спостерігали суттєве збільшення випадків куріння (52,1 % проти 17,2 %, $p < 0,0001$)

Таблиця 1

**Особливості анатомічного ураження коронарного русла
в пацієнтів із різними формами ІХС**

Особливості анатомічного ураження коронарного русла	Клінічні форми ІХС			
	1. ІМбелST	2. НС	3. ІМелST	4. СтН
Кількість хворих	90	25	25	25
Наявність а/б у басейні стовбуру ЛКА	9 (10,0 %)	1 (4,0 %)	4 (16,0 %)	2 (8,0 %)
Наявність ГЗС у стовбурі ЛКА	–	–	–	–
Наявність а/б у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА	62 (68,9 %)	8 (32,0 %)	21 (84,0 %)	8 (32,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2=0,001; p1-4=0,001; p2-3<0,0001; p3-4<0,0001			
Наявність ГЗС у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА	56 (62,2 %)	8 (32,0 %)	15 (60,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2=0,007; p1-4=0,001; p2-3=0,047; p3-4=0,01			
Тяжкість стенозу в балах	2,57±0,07	2,15±0,13	2,64±0,12	2,00±0,17
<i>One-way ANOVA & LSD test</i>	p1-2=0,006; p1-4=0,003; p2-3=0,008; p3-4=0,003			
Наявність ГЗС у басейні ОГ ЛКА	32 (35,6 %)	2 (8,0 %)	12 (48,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2=0,0006; p2-3=0,002			
Наявність ГЗС у басейні ОГ ЛКА	32 (35,6 %)	2 (8,0 %)	7 (28,0 %)	5 (20,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2=0,008			
Тяжкість стенозу в балах	2,42±0,18	2,50±0,50	2,08±0,23	2,00±0,26
Наявність а/б у басейні ПКА	29 (32,2 %)	2 (8,0 %)	18 (72,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2=0,02; p1-3<0,0001; p2-3<0,0001; p3-4=0,001			
Наявність ГЗС у басейні ПКА	22 (24,4 %)	0 (0)	16 (64,0 %)	5 (20,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2=0,006; p1-3<0,0001; p2-3<0,0001; p2-4=0,02; p3-4=0,002			
Тяжкість стенозу в балах	2,23±0,12	1,00±0	2,11±0,14	2,00±0,26
<i>One-way ANOVA & LSD test</i>	p1-2<0,0001; p2-3<0,0001; p2-4=0,0003			
Відсутність ГЗС КА	13 (14,4 %)	16 (64,0 %)	0 (0)	15 (60,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2<0,0001; p1-3=0,04; p1-4<0,0001; p2-3<0,0001; p3-4<0,0001			
ГЗ односудинне ураження	55 (61,1 %)	8 (32,0 %)	14 (56,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-2=0,01; p1-4=0,001; p3-4=0,02			
ГЗ двосудинне ураження	16 (17,8 %)	1 (4,0 %)	9 (36,0 %)	2 (8,0 %)
<i>P</i> за критерієм χ^2	p1-3=0,05; p2-3=0,005; p3-4=0,02			
ГЗ трисудинне ураження	9 (10,0 %)	0 (0)	2 (8,0 %)	2 (8,0 %)
Тяжкість ураження КА, сумарний бал	3,66±0,20	2,50±0,43	4,32±0,35	3,64±0,43
<i>P</i> за <i>one-way ANOVA & LSD test</i>	p1-2=0,02; p2-3=0,002			

Примітка. Тут і в наступних таблицях: а/б — атеросклеротичні бляшки, ІМбелST — інфаркт міокарда без елевації сегмента ST, НС — нестабільна стенокардія, ІМелST — інфаркт міокарда з елевацією сегмента ST, СтН — стабільна стенокардія напруги, КА — коронарні артерії, ГЗС — гемодинамічно значимий стеноз (> 50 %), ЛКА — ліва коронарна артерія, ДГ — діагональна і ПМШГ — передня міжшлуночкова гілка лівої коронарної артерії, ПКА права коронарна артерія, ОГ ЛКА — огиначаюча гілка лівої коронарної артерії.

і, відповідно, його стажу (29,6 проти 25,0 років, $p = 0,002$). Натомість у жінок у порівнянні з чоловіками визначали суттєве збільшення випадків передінфарктної стенокардії (55,2 % проти 38,0 %, $p = 0,03$) і постійної форми фібриляції

передсердь (22,4 % проти 7,0 %, $p = 0,002$). Останній факт не мав підтвердження в сучасній літературі, хоча ми вважаємо, що його можливо пояснити суттєво більшим віком жінок у порівнянні з чоловіками. Причому відомо про тісну

Основні клінічні характеристики пацієнтів ІМбелST загалом у групі і залежно від статі

Клінічні характеристики (n = 200)	Чоловіки (n = 142)	Жінки (n = 58)	P
ГХ, к-ть (%) n = 171 (85,5 %)	120 (84,5 %)	51 (87,9 %)	0,53
Тривалість ГХ, роки [7–25] 15,5 ± 0,41	15,3 ± 0,50	15,8 ± 0,71	0,63
Стенокардії напруги I–III ФК до ІМ, к-ть (%) n = 86 (43,0 %)	54 (38,0 %)	32 (55,2 %)	0,03
Тривалість стенокардії, роки [1–15] 7,0 ± 0,44	6,8 ± 0,60	7,3 ± 0,63	0,67
Постійна форма ФП, к-ть (%) n = 23 (11,5 %)	10 (7,0 %)	13 (22,4 %)	0,002
Тривалість постійної ФП, роки [1–7] 4,4 ± 0,39	4,4 ± 0,66	4,3 ± 0,50	0,98
ЦД II, к-ть (%) n = 25 (12,5 %)	16 (11,3 %)	9 (15,5 %)	0,40
Куріння, к-ть (%) n = 84 (42,0 %)	74 (52,1 %)	10 (17,2 %)	<0,0001
Стаж активного куріння, роки [14–40] 29,5 ± 0,84	29,6 ± 0,75	25,0 ± 1,01	0,002
Аліментарне ожиріння, к-ть (%) n = 73 (36,5 %)	51 (35,9 %)	22 (37,9 %)	0,78
I ступеня (ІМТ — 30–35 кг/м ²) n = 51 (25,5 %)	37 (26,1 %)	14 (24,1 %)	0,77
II ступеня (ІМТ — 35–40 кг/м ²) n = 18 (9,0 %)	12 (8,5 %)	6 (10,3 %)	0,67
III ступеня (ІМТ > 40 кг/м ²) n = 4 (2,0 %)	2 (1,4 %)	2 (3,4 %)	0,34
ІМТ, кг/м ² [19,3–47,6] 28,6 ± 0,36	28,4 ± 0,41	29,0 ± 0,74	0,42

Примітки:

- ГХ — гіпертонічна хвороба, ІМ — інфаркт міокарда, ФП — фібриляція передсердь, ЦД — цукровий діабет II типу, ІМТ — індекс маси
- У квадратних скобках наведені мінімальне — максимальне значення показника — [min—max];
- Достовірність різниці відсотків між чоловіками і жінками розрахована за критерієм χ^2 і між середніми значеннями показників — за T-test for independent samples by groups

асоціацію розвитку фібриляції передсердь із віком пацієнтів.

Таким чином, варто констатувати, що в чоловіків ІМбелST частіше реєструється такий чинник ризику, як куріння, тоді як у жінок — передінфарктна стенокардія та постійна форма ФП.

У квадратних скобках наведені мінімальне — максимальне значення показника — [min—max];

Достовірність різниці відсотків між чоловіками і жінками розрахована за критерієм χ^2 і між середніми значеннями показників — за T-test for independent samples by groups.

**РЕАЛІЗАЦІЯ МЕДИЧНОЇ
ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ МНОЖИН**

На основі **табл. 2** сформована **табл. 3** із визначенням мінімальних і максимальних значень факторів X1—X4. У нашому випадку X1 (наявність а/б у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА), X2 (наявність а/б у басейні ОГ ЛКА), X3 (наявність ГЗС в басейні

ПКА), X4 (відсутність ГЗС КА). Визначено основні клінічні форми ІХС (ІМбелST інфаркт міокарда без елевації сегмента ST $\mu^I(x_1x_2x_3x_4)$, НС — нестабільна стенокардія, $\mu^{II}(x_1x_2x_3x_4)$,

Формування мінімальних і максимальних значень факторів X1—X4

Клінічні форми ІХС	Особливості анатомічного ураження коронарного русла			
	Наявність а/б у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА X1	Наявність а/б у басейні ОГ ЛКА X2	Наявність ГЗС у басейні ПКА X3	Відсутність ГЗС КА X4
ІМбелST інфаркт міокарда без елевації сегмента ST $\mu^I(x_1x_2x_3x_4)$	2,57 ± 0,07	2,42 ± 0,18	2,23 ± 0,12	3,66 ± 0,20
НС — нестабільна стенокардія $\mu^{II}(x_1x_2x_3x_4)$	2,15 ± 0,13	2,50 ± 0,50	1,00 ± 0	2,50 ± 0,43
ІМелST — інфаркт міокарда з елевацією сегмента ST $\mu^{III}(x_1x_2x_3x_4)$	2,64 ± 0,12	2,08 ± 0,23	2,11 ± 0,14	4,32 ± 0,35
СТН — стабільна стенокардія напруги $\mu^{IV}(x_1x_2x_3x_4)$	2,00 ± 0,17	2,00 ± 0,26	2,00 ± 0,26	3,64 ± 0,43
	min/max 1,83 ÷ 2,76	min/max 1,74 ÷ 3,0	min/max 1,0 ÷ 2,35	min/max 2,07 ÷ ,67

ІМелST — інфаркт міокарда з елевацією сегмента ST $\mu^{III}(x_1x_2x_3x_4)$, СТН — стабільна стенокардія напруги $\mu^{IV}(x_1x_2x_3x_4)$

З урахуванням діапазонів факторів X1—X4 сформовано базу знань експертів на основі баз знань експертів.

На основі теорії нечітких множин сформовано рівняння для визначення рівня ураження коронарного русла.

$$\begin{aligned} \mu^{d1}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{HA}(X_4); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d2}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cup \\ & \cup \mu^A(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4) \cup \\ & \cup \mu^A(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4); \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d3}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cup \\ & \cup \mu^L(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^H(X_4); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d4}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^L(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^A(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^A(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^L(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4). \end{aligned} \quad (4)$$

Розроблено інтерфейс користувача МІС для оцінювання біомедичної інформації (рис. 2).

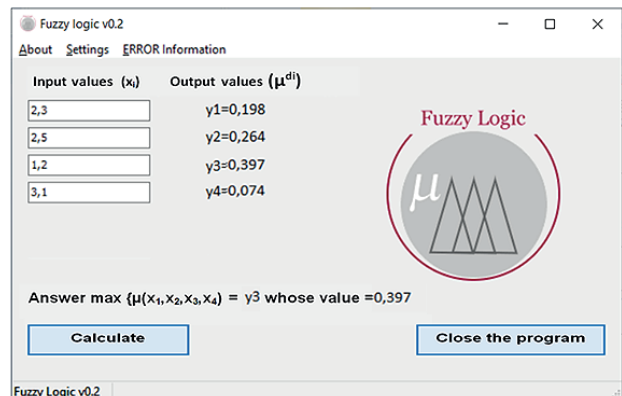
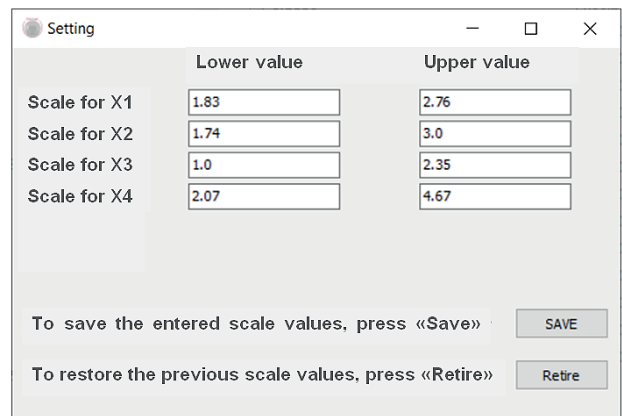


Рис. 2. Інтерфейс користувача МІС для оцінювання ступеня анатомічного ураження коронарних каналів

ВИСНОВКИ

У статті проаналізовано основні сфери застосування математичних методів у медичній

діагностиці, сформульовано принципи діагностики на основі нечіткої логіки.

Проаналізовано світовий досвід розвитку медичних інформаційних технологій.

Розроблено методику використання нечітких множин для реалізації інформаційної експертної системи для вирішення завдань медичної діагностики, зокрема при оцінюванні ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ІХС.

Основні наукові результати: розроблено математичні моделі й алгоритми, що формалізують процес прийняття діагностичних рішень на основі нечіткої логіки з кількісними та якісними параметрами стану пацієнта; розроблено математичні моделі функцій приналежності, що формалізують представлення кількісних і якісних параметрів стану пацієнта у вигляді нечітких множин, які використовуються в моделях і алгоритмах оцінки ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ІХС.

Розроблені моделі та алгоритми медичної діагностики ґрунтуються на ідеях і принципах штучного інтелекту та інженерії знань, теорії планування експерименту, теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних. Експертна система перевірена на реальних даних.

Практична цінність роботи полягає в можливості використання автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на основі нечіткої логіки при оцінюванні ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів з різними формами ІХС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Wójcik W.* Medical Fuzzy-Expert System for Assessment of the Degree of Anatomical Lesion of Coronary Arteries / *W. Wójcik, I. Mezhiievska, S. V. Pavlov, etc.* // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* — 2023. — No. 20. — P. 979. <https://doi.org/10.3390/ijerph20020979>.
2. *Maslovskiy V.* Features of the coronary arteries anatomical lesions in nstemi patients depending on the association with the initial clinical characteristics / *V. Maslovskiy, I. Mezhiievska* // *Georgian Med News.* — 2021. — No. 320. — P. 85–89.
3. *Choi Y.* Change in T/QRS ratio can be a supplementary diagnostic tool in predicting coronary artery disease in patients with NSTEMI / *Y. Choi, J. H. Lee, J. I. Seo* // *Am J Emerg Med.* — 2021. — Jan., No. 39. — P. 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.01.013>.
4. *Shafiq A.* Predicting Likelihood for Coronary Artery Bypass Grafting After Non-ST-Elevation Myocardial Infarction: Finding the Best Prediction Model / *A. Shafiq, J. S. Jang, F. Kureshi and etc.* // *Ann Thorac Surg.* — 2016. — Oct.; No. 102(4). — P. 1304–1311. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.03.090>.
5. *Blondheim D. S.* Characteristics, Management, and Outcome of Transient ST-elevation Versus Persistent ST-elevation and Non-ST-elevation Myocardial Infarction / *D. S. Blondheim, M. Kleiner-Shochat, A. Asif and etc.* // *Am J Cardiol.* — 2018. — No. 121 (12). — P. 1449–1455. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2018.02.029>.
6. *Maslovskiy V. I.* The level of growth stimulating factor expressed by gene 2 and troponin i in the blood plasma of nstemi patients depending on different clinical characteristics / *V. I. Maslovskiy, I. A. Mezhiievska* // *Wiad Lek.* — 2022. — No. 75 (1 pt 2). — P. 289–292.
7. *Lopez-de-Andres A.* Are there sex differences in the effect of type 2 diabetes in the incidence and outcomes of myocardial infarction? A matched-pair analysis using hospital discharge data / *A. Lopez-de-Andres, R. Jimenez-Garcia, V. Hernandez-Barrera and etc.* // *Cardiovasc Diabetol.* — 2021. — No. 20 (1). — P. 81. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01273-y>.
8. *Stehli J.* Differences Persist in Time to Presentation, Revascularization, and Mortality in Myocardial Infarction Treated With Percutaneous Coronary Intervention / *J. Stehli, C. Martin, A. Brennan and etc.* // *J Am Heart Assoc.* — 2019. — No. 8 (10). — P. 012161. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.012161>.
9. *Амосов Н. М.* Автоматизированная система обработки медицинских данных / *Н. М. Амосов, Н. Г. Зайцев, Н. А. Попов.* — Київ : Наукова думка, 1969. — 128 с.
10. *Kirklin J. K.* Algorithm of the treatment to sharp heavy warmhearted insufficiency / *J. K. Kirklin, J. W. Kirklin* // *Ann. Thorac. sms.* — 1981. — Vol. 32. — P. 311–319.
11. *Amosov N. M.* Basic tasks of medical cybernetics / *N. M. Amosov, A. A. Popov, V. G. Melnikov, etc.* — Kyiv : Scientific council on cybernetics, 1969. — 98 p.
12. *Pavlov S. V.* Multichannel system for recording myocardial electrical activity Information Technology in Medical Diagnostics II / *O. Vlasenko, W. Wójcik, S. V. Pavlov, etc.* — London : CRC Press, Balkema book, Taylor & Francis Group, 2019. — P. 307–314.
13. *Serkova V.* Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules / *V. Serkova, S. Pavlov, V. Romanava and etc.* // *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments, Wilga, Poland.* — 2017, 104453O. <https://doi.org/10.1117/12.2280984>.
14. *Coronary Atrery Diseases* / Edited by *Ilya Chakovsky and Nataliia Sydorova, Janeza Trdine 9, 51000.* — Rijeka, Croatia, 2012. — P. 332.
15. *Ротштейн А. П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / *А. П. Ротштейн.* — Винница : Универсум-Винница, 1999. — 320 с.
16. *Основи реєстрації та аналізу біосигналів: навч. посіб.* / *О. Г. Аврунін, В. В. Семенець, В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Зленко, А. В. Кіпенський, С. В. Павлов.* — Харків : ХНУРЕ, 2019. — 400 с.
17. *Амосов Н. М.* Основные задачи медицинской кибернетики / *Н. М. Амосов, А. А. Попов, В. Г. Мельников, и др.* — Киев : Науч. совет по кибернетике, 1969. — 98 с.
18. *Воробьев Е. И.* Введение в медицинскую кибернетику / *Е. И. Воробьев, А. И. Китов.* — М. : Медицина, 1977. — 286 с.
19. *Весненко А. И.* Топо-типология структуры розвернутого клинического диагноза в современных медицинских информационных системах и технологиях / *А. И. Весненко, А. А. Попов, М. И. Проненко* //

- Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 6. — С. 143–154.
20. Прокопчук В. А. Разработка структуры базы знаний медицинской интеллектуальной системы на основе формализма / В. А. Прокопчук // Искусственный интеллект. — 2006. — № 4. — С. 469–474.
 21. Лищук В. А. Об инфраструктуре информационной поддержки клинической медицины / В. А. Лищук, А. В. Гаврилов, Г. В. Шевченко и др. // Медицинская техника. — 2003. — № 4. — С. 36–42.
 22. Файнзильберг Л. С. Математические методы оценки полезности диагностических признаков / Л. С. Файнзильберг. — Киев : Освіта України, 2010. — 152 с.
 23. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики: монографія / О. Г. Аврунін, Є. В. Бодяньський, М. В. Калашник, В. В. Семенець, В. О. Філатов. — Харків : ХНУРЕ, 2018. — 248 с.
 24. Wójcik W. Information Technology in Medical Diagnostics II. / W. Wójcik, S. Pavlov, M. Kalimoldayev. — London : Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2019. — P. 336.
 25. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics / S. Pavlov, W. Wójcik, A. Smolarz // CRC Press. — 2017. — July 11. — P. 210.
 26. Shkilniak L. Expert fuzzy systems for evaluation of intensity of reactive edema of soft tissues in patients with diabetes / L. Shkilniak, W. Wójcik, S. Pavlov, O. Vlasenko // IAPGOS. — 2022. — No. 3. — 59–63. <https://doi.org/10.35784/iapgos.3037>.
- ## REFERENCES
1. Wójcik, W., Mezhiivska, I., Pavlov, S. V., Lewandowski, T., Vlasenko, O. V., Maslovskiy, V., Volosovych, O., Kobylanska, I., Moskovchuk, O., Ovcharuk, V., & Lewandowska, A. (2023). Medical Fuzzy-Expert System for Assessment of the Degree of Anatomical Lesion of Coronary Arteries. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20, 979 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph20020979>.
 2. Maslovskiy, V., & Mezhiivska, I. (2021). Features of the coronary arteries anatomical lesions in nstemi patients depending on the association with the initial clinical characteristics. *Georgian Med News*, 320, 85–89.
 3. Choi, Y., Lee, J. H., & Seo, J. I. (2020). Change in T/ QRS ratio can be a supplementary diagnostic tool in predicting coronary artery disease in patients with NSTEMI. *Am J Emerg Med*, 39, 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.01.013>.
 4. Shafiq, A., Jang, J. S., Kureshi, F., Fendler, T. J., Gosch, K., Jones, P. G., Cohen, D. J., Bach, R., & Spertus, J. A. (2016). Predicting Likelihood for Coronary Artery Bypass Grafting After Non-ST-Elevation Myocardial Infarction: Finding the Best Prediction Model. *Ann Thorac Surg*, 102 (4), 1304–1311. <https://doi.org/10.1016/j.athorac-surg.2016.03.090>.
 5. Blondheim, D. S., Kleiner-Shochat, M., Asif, A., Katzatker, M., Frimerman, A., Abu-Fanne, R., Neiman, E., Barel, M., Levy, Y., Amsalem, N., Shotan, A., & Meisel, S. R. (2018). Characteristics, Management, and Outcome of Transient ST-elevation Versus Persistent ST-elevation and Non-ST-elevation Myocardial Infarction. *Am J Cardiol*, 15, 121(12), 1449–1455. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2018.02.029>.
 6. Maslovskiy, V. I., & Mezhiivska, I. A. (2022). The level of growth stimulating factor expressed by gene 2 and troponin i in the blood plasma of nstemi patients depending on different clinical characteristics. *Wiad Lek*, 75 (1 pt 2), 289–292.
 7. Lopez-de-Andres, A., Jimenez-Garcia, R., Hernández-Barrera, V., de Miguel-Yanes, J. M., Albaladejo-Vicente, R., Villanueva-Orbaiz, R., Carabantes-Alarcon, D., Zamorano-Leon, J. J., Lopez-Herranz, M., & de Miguel-Diez, J. (2021 Apr 22). Are there sex differences in the effect of type 2 diabetes in the incidence and outcomes of myocardial infarction? A matched-pair analysis using hospital discharge data. *Cardiovasc Diabetol* 20(1), 81. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01273-y>.
 8. Stehli, J., Martin, C., Brennan, A., Dinh, D. T., Lefkovits, J., & Zaman, S. (2019). Sex Differences Persist in Time to Presentation, Revascularization, and Mortality in Myocardial Infarction Treated With Percutaneous Coronary Intervention. *J Am Heart Assoc*, 8(10), e012161. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.012161>.
 9. Amosov, N. M., Zaitsev, N. G., & Popov, N. A. (1969). Avtomatizirovannaya sistema obrabotki medicinskih dannyh [Automated medical data processing system]. Kyiv, 128 p. [in Russ.]
 10. Kirklin, J. K., & Kirkli, J. W. (1981). Algorithm of the treatment to sharp heavy warmhearted insufficiency. *Ann. Thorac. Surg*, 32, 311–319.
 11. Amosov, N. M., Popov, A. A., & Melnikov, V. G., etc. (1969). *Basic tasks of medical cybernetics*. Kyiv, 98 p.
 12. Vlasenko, O., Wójcik, W., & Pavlov, S. V. etc. (2019). *Multichannel system for recording myocardial electrical activity*. Information Technology in Medical Diagnostics II. CRC Press, Balkema book, Taylor & Francis Group, London, UK, P. 307–314.
 13. Serkova, V., Pavlov, S., & Romanava, V. etc. (2017). Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules // Proc. SPIE 10445, *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*, 104453O. <https://doi.org/10.1117/12.2280984>.
 14. Chakovsky, I., & Sydorova, N. (Eds.). (2012). *Coronary Atrery Diseases*, Janeza Trdine 9, 51000, Rijeka, Croatia, 332 p.
 15. Rothstein, A. P. (1999). Intellektual'nye tekhnologii identifikacii: nechetskaya logika, geneticheskie algoritmy, nejronnye seti [Intelligent identification technologies: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks]. Vinnytsia, 320 p. [in Russ.].
 16. Avrunin, O. H., Semenets, V. V., Abakumov, V. H., Hotra, Z. Iu., Zlepko, S. M., Kipenskiy, A. V., & Pavlov, S. V. (2019). Osnovy reiestratsii ta analizu biosyhnaliv [Basics of registration and analysis of biosignals]. Kharkiv, 400 p. [in Ukr.].
 17. Amosov, N. M., Popov, A. A., & Melnikov, V. G. etc. (1969). Osnovnye zadachi medicinskoj kibernetiki [The main tasks of medical cybernetics]. Kyiv, 98 p. [in Russ.].
 18. Vorobyov, E. I., & Kitov, A. I. (1977). Vvedenie v medicinskuyu kibernetiku [Introduction to medical cybernetics]. Moscow, 286 p. [in Russ.].
 19. Vesnenko, A. I., Popov, A. A., & Pronenko, M. I. (2002). Topo-tipologiya struktury rozvernutoho klinicheskogo diagnoza v sovremennyh medicinskih informacionnyh sistemah i tekhnologiyah [Topo-topology of the structure of a detailed clinical diagnosis in modern medical information systems and technologies]. *Cybernetics and system analysis*, 6, 143–154. [in Russ.].

20. Prokopchuk, V. A. (2006). Razrabotka struktury bazy znanij medicinskoj intellektual'noj sistemy na osnove formalizma [Development of the structure of the knowledge base of a medical intellectual system based on formalism]. *Artificial Intelligence*, 4, 469–474. [in Russ.].
21. Lishchuk, V. A., Gavrilov, A. V., & Shevchenko, G. V., ets. (2003). Ob infrastrukture informacionnoj podderzhki klinicheskoy mediciny [On the infrastructure of information support for clinical medicine]. *Medical technology*. 4, 36–42. [in Russ.].
22. Fainzilberg, L. S. (2010). Matematicheskie metody ocenki poleznosti diagnosticheskikh priznakov [Mathematical methods for assessing the usefulness of diagnostic features]. Kyiv, 152 p. [in Russ.].
23. Avrunin, O. G., Bodyanskyi, E. V., Kalashnyk, M. V., Semenets, V. V., & Filatov, V. O. (2018). Suchasni intelektualni tekhnologii funktsionalnoi medychnoi diahnozyky [Modern intellectual technologies of functional medical diagnostics]. Kharkiv, 236 p. [in Ukr.].
24. Wójcik, W., Pavlov, S., & Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balke-ma book. 336 p.
25. Pavlov, S. V., Wójcik, W., & Smolarz, A. (2017). *Information Technology in Medical Diagnostics by CRC Press*. 210 p.
26. Shkilniak, L., Wójcik, W., Pavlov, S., & Vlasenko, O. (2022). Expert fuzzy systems for evaluation of intensity of reactive edema of soft tissues in patients with diabetes. *IAPGOS*, 3, 59–63. <https://doi.org/10.35784/iapgos.3037>.

S. V. PAVLOV, D. Sc. in Engineering, Professor

I. A. MEZHIIIEVSKA, PhD of Medical Sciences, Associated Professor

W. WÓJCİK, D. Sc. in Engineering, Professor

O. V. VLASENKO, D. Sc. of Medical Sciences, Professor

O. H. AVRUNIN, D. Sc. in Engineering, Professor

V. Yu. MASLOVSKYI, D. Sc. of Medical Sciences, Associated Professor

O. S. VOLOSOVYCH, Master Student

PERSPECTIVES OF THE APPLICATION OF MEDICAL INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ASSESSING THE RISK OF ANATOMICAL LESION OF THE CORONARY ARTERIES

Abstract. *The work analyzes the world experience in the development of medical information technologies. The method of using fuzzy sets for the implementation of an information expert system for solving the problems of medical diagnostics, in particular, during assessing the degree of anatomical damage of the coronary bed in patients with various forms of coronary artery disease, has been developed. The practical value of the work lies in the possibility of using an automated expert system to solve the problems of medical diagnosis based on fuzzy logic when assessing the degree of anatomical damage of the coronary bed in patients with various forms of coronary artery disease.*

Keywords: *medical information technologies, medical information systems, coronary channels, coronary artery disease.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Павлов Сергій Володимирович — д-р техн. наук, проф. кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021; +38 (097) 239-43-06; psv@vntu.edu.ua; ORCID: 0000-0002-0051-5560

Межівська Ірина Анатоліївна — канд. мед. наук, доц. кафедри внутрішньої медицини No. 3, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018; +38 (096) 962-67-06; irinamezhiiievska@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0676-379X

Вуйцік Вальдемар — д-р техн. наук, проф., Люблінський технологічний університет, Nadbystrzycka 38d, Lublin, Poland, 20-618; +48 (601) 362-405; waldemar.wojcik@pollub.pl; ORCID: 0000-0002-0843-8053

Власенко Олег Володимирович — д-р мед. наук, проф., проректор з наукової роботи, НДЛ експериментальної нейрофізіології, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, м. Вінниця, вул. Пирогова, 56, 21018; +38 (067) 760-00-62; vlasenko@vnm.edu.ua; ORCID: 0000-0001-8759-630X

Аврунін Олег Григорович — д-р техн. наук, проф., зав. кафедри біомедичної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, прос. Науки, 14, Харків, Україна, 61166; +38 (050) 598-00-86; oleh.avrunin@nure.ua; ORCID: 0000-0002-6312-687X

Масловський Валентин Юрійович — д-р мед. наук, доц. кафедри внутрішньої медицини No. 3, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018; +38 (068) 293-18-81; vmaslovskyi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5184-1799

Волосович Олександр Сергійович — магістр, аспірант, кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021; +38 (063) 702-99-60; sashka.v0@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5497-6805

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pavlov S. V. — D. Sc. in Engineering, Professor, Department of Biomedical Engineering and Optic-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, 95, Khmelniysky highway, Vinnytsia, Ukraine, 21021; +38 (097) 239-43-06; psv@vntu.edu.ua; ORCID: 0000-0002-0051-5560

Mezhiivska I. A. — PhD of Medical Sciences, Associated Professor, Department of Internal Medicine No. 3, National Pirogov Memorial Medical University, 56, Pirogov Str., Vinnytsya, Ukraine, 21018; +38 (096) 962-67-06; irina-mezhiivska@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0676-379X

Wójcik W. — D. Sc. in Engineering, Professor, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 38d, Lublin, Poland, 20-618; +48 (601) 362-405; waldemar.wojcik@pollub.pl; ORCID: 0000-0002-0843-8053

Vlasenko O. V. — D. Sc. of Medical Sciences, Professor, Vice-rector, Laboratory of Experimental Neurophysiology, National Pirogov Memorial Medical University, 56, Pirogov Str., Vinnytsya, Ukraine, 21018; +38 (067) 760-00-62; vlasenko@vnmu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-8759-630X

Avrunin O. H. — D. Sc. in Engineering, Professor, Head of Biomedical Engineering Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 14, Nauky Ave, Kharkiv, Ukraine, 61166; +38 (050) 598-00-86; oleg.avrunin@nure.ua; ORCID: 0000-0002-6312-687X

Maslovskiy V. Yu. — D. Sc. of Medical Sciences, Associated Professor, Department of Internal Medicine No. 3, National Pirogov Memorial Medical University, 56, Pirogov Str, Vinnytsya, Ukraine, 21018; +38 (068) 293-18-81; vmaslovskiy@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5184-1799

Volosovych O. S. — Master Student, Department of Biomedical Engineering and Optic-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, 95, Khmelnytsky highway, Vinnytsia, Ukraine, 21021; +38 (063) 702-99-60; sashka.v0@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5497-6805



ШАНОВНІ ВІНАХІДНИКИ, РОЗРОБНИКИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ІНВЕТОРИ!

Міжрегіональний офіс трансферу знань і технологій, створений на базі ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», пропонує співробітництво у сфері технологічного трансферу.

Наша мета – забезпечення ефективної організації процесу трансферу технологій, сприяння комерціалізації і просуванню розробок на вітчизняні та зарубіжні технологічні ринки, підвищення рівня реалізації державної інноваційної програми.

На нашій сторінці в інтернет www.uinte.kiev.ua/transfer/store/index.html Ви можете ознайомитися з постійно поповнюваною базою нових технологій і розробок, розмістити інформацію про свої розробки, запропонувати своє партнерство або знайти собі партнера у Вашій області діяльності, одержати додаткову інформацію на розробку, що зацікавила Вас, запропонувати себе як експерта або знайти собі експерта за Вашою спеціалізацією, одержати консалтингові і маркетингові послуги, представити свій інвестиційний проект, а також отримати допомогу в пошуку джерел фінансування проекту.

З пропозиціями щодо співробітництва звертатися:

Михальченкова Олена,

тел.: (098) 419-91-86,

e-mail: alenasimchuk5566@gmail.com