

**С.В. Павлов**  
**О.Ж. Мамирбаєв**  
**П.Ф. Колісник**  
**Ш.П. Жумагулова**  
**О.С. Волосович**

## **ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Вінницький національний технічний університет,  
Інститут інформаційних та обчислювальних технологій КН МОН РК  
Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова  
Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі

***Анотація.** У роботі проаналізовано основні сфери застосування математичних методів у медичній діагностиці. Проаналізовано світовий досвід розвитку медичних інформаційних технологій. Показано перспективність розроблення моделей та алгоритмів медичної діагностики ґрунтуються на ідеях та принципах штучного інтелекту та інженерії знань, теорії планування експерименту, теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних.*

***Ключові слова:** інформаційні технології, оброблення біомедичної інформації, медичні інформаційні системи*

### **Вступ**

Впровадження інформаційних технологій в таку нетрадиційну і консервативну область, як медицина почалася в другій половині 60-х років з робіт Н. М. Амосова [9], який вперше в світі створив стандартизовану історію хвороби, орієнтовану на застосування в комп'ютері. На початку 70-х В. І. Бураковський ввів в дію першу в світі автоматизовану систему стеження за хворими і підтримки рішень лікаря за допомогою математичних моделей [1]. 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 "приліжковій" міні-ЕОМ алгоритм лікування гострої важкої серцевої недостатності [1].

Почалося створення інформаційних медичних систем. У зв'язку з бурхливим розвитком можливостей комп'ютерної техніки та інформаційних технологій, а також з прогресом в медичній техніці, біоелектроніці, молекулярній біофізиці, фізичній хімії, біохімії, генетиці, імунології, а також кібернетиці і інформатиці [2] відбувається розвиток теоретичних основ впровадження інформаційних технологій при створенні МІС. Сформувалися цілі галузі науки - медична кібернетика та медична інформатика [3], які дозволили на теоретичному рівні провести дослідження щодо застосування кібернетичних методів для підвищення якості всіх етапів лікувально-профілактичного процесу.

### **Формалізація медичних даних**

При цьому виникли завдання формалізації медичних даних шляхом створення формалізованих і стандартизованих амбулаторних карт (ФАК), історій хвороби (ФІБ), медичних баз знань [4], і це завдання, на жаль не вирішена повною мірою до теперішнього часу [5]. В кінці ХХ століття отримала розвиток телемедичних технологій [6,7], що прискорило збір і аналіз медичної інформації. Крім безпосередньої формалізації медичних даних виконувалися роботи з оцінки їх інформативності [8] і розробки математичних методів і моделей синтезу комп'ютерного діагнозу. В [9] виділено 7 рівнів розвитку МІС.

*Перший рівень* (автоматизовані медичні записи) – які відповідають формалізованим медичним записам на паперових носіях. Для реалізації зазначеного рівня розроблені різні стандартизовані форми подання медичної інформації.

*Другий рівень* (Computerized Medical Record System) – поєднання комп'ютеризованих записів, зроблених пацієнтом і медичним персоналом, та інформації, отриманої з медичних діагностичних

приладів різного призначення.

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

*Четвертий рівень* (Electronic Patient Record Systems) – розвиток МІС, коли вся інформація про пацієнта знаходиться в серверах комунікаційної мережі і можливий обмін медичною інформацією між різними серверами. При цьому активно використовуються можливості телемедицини.

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

*Шостий рівень* (СППРМ) – які включають синергетичні бази даних і бази знань, з урахуванням взаємодії природного і штучного інтелекту.

*Сьомий рівень* (Міжнародний Колективний Медичний Розум) – об'єднання в глобальну мережу через Інтернет МІС попередніх рівнів. При цьому будуть оцінюватися накопичені в базах МІС дані про різних класах і типах хворих з метою узагальнення і отримання нових знань, а також прийматися активну участь в лікувально-реабілітаційному процесі конкретних пацієнтів.

Наведена класифікація не вичерпує всього спектру МІС. Розрізняють МІС за спеціалізаціями та напрямків медицини (кардіологічні, психодіагностичні та ін.), По застосовуваних методів і приладів дослідження (томографічні, ультразвукові, фонографічні і т.д.), по режимам роботи (системи скринінгових обстежень, сигнальні системи в палатах інтенсивної терапії і ін.).

Як зазначається в [14], здоров'я людини складається з чотирьох складових: фізіологічне, духовне, психічне і соціальне. При цьому стан здоров'я конкретного пацієнта визначається процесами внутрішнього і зовнішнього взаємодії між речовиною, енергією та інформацією людини і зовнішнього середовища, з метою підтримки необхідного рівня інформаційно-енергетичного гомеостазу.

В [7] виділено 15 рівнів взаємодії організму і зовнішнього середовища:

- 0-й рівень генетичного генератора польового взаємодії речовини, енергії, інформації внутрішнього і зовнішнього середовища людини;
- 1-й рівень квантово-біофізичний і біохімічний системозадаючий;
- 2-й електромагнітний системоорганізуючий рівень електромагнітного поля 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 - біосистемної рівень;
- 9-й - організменний рівень;
- 10-й - рівень тонкого ефірного тіла;
- 11-й - рівень астрального (емоційного) тіла;
- 12-й - рівень ментального тіла;
- 13-й - рівень каузального тіла;
- 14 - зона контакту і інтерфейсу з природного і антропо-екологічним середовищем.

В даний час медицина може отримати неповні медичні дані, що відображають динаміку взаємодій рівнів 0-9. На жаль, все ще не відомі дані рівнів 10-13.

При порушенні взаємодії програм внутрішніх рівнів організму і зовнішнього середовища розвиваються функціональні або морфологічні зміни організму, які 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.

### **Особливості проектування медичних інформаційних систем**

Проектування МІС буде високоякісним лише у випадку, коли дослідження проводить досвідчений лікар-діагност. Таке дослідження може проектуватись групою кваліфікованих експертів у даній галузі діагностики.

Базова структура МІС, подана на рис. 1, демонструє наявність у інтерфейсу комп'ютерної програми з двома функціями: отримання знань у експерта та ведення діалогу з користувачем.

У роботі будується МІС система шляхом проектування та налаштування нечітких баз знань, які

являють собою сукупність 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.

При проведенні вимірів медичного характеру можна умовно виділити дві ситуації, відповідно до того, використовуються при вимірах фізичні моделі чи ні.

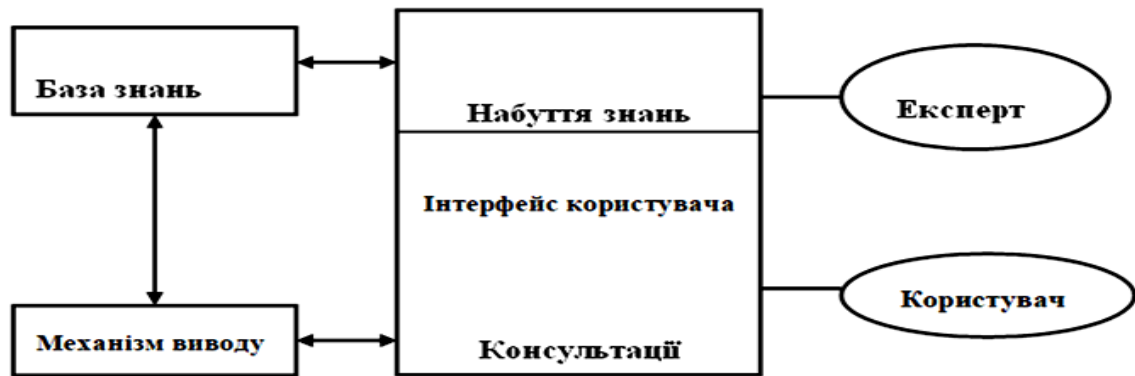


Рис. 1. Базова структура МІС

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

Кожний з цих об'єктів є джерелом похибок вимірів, оскільки від точності вимірів фізіологічних характеристик залежить, у кінцевому рахунку, достовірність діагностування.

#### Висновок

У роботі проаналізовано основні сфери застосування математичних методів у медичній діагностиці. Проаналізовано світовий досвід розвитку медичних інформаційних технологій.

Показано перспективність розроблення моделей та алгоритмів медичної діагностики ґрунтуються на ідеях та принципах штучного інтелекту та інженерії знань, теорії планування експерименту, теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Stehli J, Martin C, Brennan A, Dinh DT, Lefkovits J, Zaman S. Sex Differences Persist in Time to Presentation, Revascularization, and Mortality in Myocardial Infarction Treated With Percutaneous Coronary Intervention. *J Am Heart Assoc.* 2019 May 21;8(10):e012161. doi: 10.1161/JAHA.119.012161. PMID: 31092091; PMCID: PMC6585344.
2. Pavlov S.V. Multichannel system for recording myocardial electrical activity // O. Vlasenko, W. Wójcik, S.V. Pavlov, and etc. *Information Technology in Medical Diagnostics II.* CRC Press / Balkema book, 2019 Taylor & Francis Group, London, UK, pp. 307-314.
3. Serkova V., Pavlov S., Romanava V, and etc. 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 2017*, 1044530; doi: 10.1117/12.2280984.
4. *Coronary Atrery Diseases*, edited by Ilyia Chakovsky and nataliia Sydorova, Janeza Trdine 9, 51000, Rijeka, Croatia, 2012, pp. 332.
5. Rothstein A.P. Intelligent identification technologies: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks / A.P. Rothstein – Vinnytsia: Universum-Vynnytsia, pp. 1999-320.
6. Kirklin J.K. Algorithm of the treatment to sharp heavy warmhearted insufficiency / J.K. Kirklin, J.W. Kirkli // *Ann. Thorac. sms.* – 1981. – Vol. 32. pp. 311-319.
7. *The main tasks of medical cybernetics* / [N.M. Amosov, A.A. Popov, V.G. Melnikov, etc.] - K.: Nauchn. council on cybernetics, pp. 1969. - 98.
8. Vesnenko A.I. Topo-typology of the structure of a detailed clinical diagnosis in modern medical information systems and technologies / A.I. Vesnenko, A.A. Popov, M.I. Pronenko // *Cybernetics and system analysis.* 2002, 6, 143-154.
9. Amosov N.M. Automated medical data processing system / N.M. Amosov, N.G. Zaitsev, N.A. Popov - K.: Naukova dumka, 1969. - 128 c.
10. Prokopchuk V.A. Development of the structure of the knowledge base of a medical intellectual system based on formalism / V.A. Prokopchuk // *Artificial Intelligence*, 2006, 4, 469-474.
11. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II.* London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. pp. 336.
12. Pavlov S. V. *Information Technology in Medical Diagnostics* //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press. pp. 210.
13. Shkilniak L., Wójcik Waldemar, Pavlov S., Vlasenko O. Expert fuzzy systems for evaluation of intensity of reactive edema of soft tissues in patients with diabetes. *IAPGOS*, 2022, 3, 59-63. doi.org/10.35784/iapgos.3037.
14. Blondheim DS, Kleiner-Shochat M, Asif A, Kazatsker M, Frimerman A, Abu-Fanne R, Neiman E, Barel M, Levy Y, Amsalem N, Shotan A, Meisel SR. Characteristics, Management, and Outcome of Transient ST-elevation Versus Persistent ST-elevation and Non-ST-elevation Myocardial Infarction. *Am J Cardiol.* 2018 Jun 15;121(12):1449-1455.

15. Wójcik, W.; Mezhiievska, I.; Pavlov, S.V.; Lewandowski, T.; Vlasenko, O.V.; Maslovskiy, V.; Volosovych, O.; Kobylianska, I.; Moskovchuk, O.; Ovcharuk, V.; Lewandowska, A. Medical Fuzzy-Expert System for Assessment of the Degree of Anatomical Lesion of Coronary Arteries. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, 20, 979.
16. Медична інформаційна технологія для оцінювання ризику анатомічного ураження коронарних артерій / С. В. Павлов, І. Межієвська, В. Вуйцік, О. Власенко, О. Г. Аврунін, В. Масловський, О. Волосович / Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали II міжнародної науково-технічної конференції 17–19 травня 2023 р. / за заг. ред. І. В. Прокоповича, Н. В. Манічевої ; Нац. ун-т «Одеська політехніка». — Вінниця : ТОВ «Торговий дім «Альфа і Омега», 2023. — С.242-246

**Павлов Сергій Володимирович** — д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, 21021, Україна, e-mail: psv@vntu.edu.ua

**Мамірбаєв Оркен Жумажанович** - заступник генерального директора РДП «Інституту інформаційних та обчислювальних технологій» КН МОН РК, завідувач лабораторії, PhD, асоційований професор, e-mail: morkenj@mail.ru

**Колісник Петро Федорович** — д.м.н., професор, зав. кафедри фізичної та реабілітаційної медицини, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, м. Вінниця, вул. Пирогова, 56, 21018, e-mail: s.p.kolisnyk@gmail.com

**Жумагулова Шолпан Пернебайкизи** – аспірантка Казахського національного університету ім. Аль-Фарабі, кафедра іскусственного Интеллекта и Big Data, Алматы, Казахстан, e-mail: sh.zhumagulovakz@gmail.com

**Волосович Олександр Сергійович** — аспірант, кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, 21021, Україна, e-mail: sashka.v0@gmail.com

## PROSPECTIVES OF CREATING MEDICAL INFORMATION TECHNOLOGIES FOR THE ANALYSIS OF BIOMEDICAL INFORMATION

**Abstract.** The paper analyzes the main areas of application of mathematical methods in medical diagnostics. The world experience in the development of medical information technologies is analyzed. The perspective of developing models and algorithms of medical diagnostics based on the ideas and principles of artificial intelligence and knowledge engineering, the theory of experiment planning, the theory of fuzzy sets and linguistic variables is shown.

**Keywords:** information technologies, biomedical information processing, medical information systems

**Pavlov Sergii** — Doctor Tech. Sc., professor, Department of Biomedical Engineering and Optic-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Khmelnytske shose, 95, 21021, Vinnytsia, e-mail: psv@vntu.edu.ua

**Mamyrbayev Orken** - Ph.D., Deputy General Director in science and Head of the Laboratory of Computer Engineering of Intelligent Systems at the Institute of Information and Computational Technologies of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev and associate professor in 2019 at the Institute of Information and Computational Technologies, e-mail: morkenj@mail.ru

**Kolisnyk Petro** — Doctor Med. Sc., professor, head of of Physical and Rehabilitation Medicine Department, National Pirogov Memorial Medical University, Pirogov str. 56, 21018, Vinnytsya, Ukraine, e-mail: s.p.kolisnyk@gmail.com

**Zhumagulova Sholpan** - post-graduated student of Kazakh National University, Faculty of Information Technology of Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sh.zhumagulovakz@gmail.com

**Volosovych Oleksandr** — Master, postgraduated student, Department of Biomedical Engineering and Optic-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Khmelnytske shose, 95, 21021, Vinnytsia, e-mail: sashka.v0@gmail.com