

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-83-38>

УДК 616-085 (043.2)

СРЕМЕНКО Володимир

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0002-4330-7518>

e-mail: nau_307@ukr.net

МОНЧЕНКО Олена

Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0000-0002-8248-5704>

e-mail: monchenko_olena@ukr.net

КУЧЕРЕНКО Валентина

Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0000-0003-1009-8729>

e-mail: markiza2021@ukr.net

СИДНІВЕЦЬ Олександра

Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0009-0006-3159-9783>

e-mail: sasha.sydnivets@gmail.com

МОНЧЕНКО Тарас

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0009-0002-3294-7023>

e-mail: mtm082220-ames27@ill.kpi.ua

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

У статті представлено інформаційну технологію опрацювання медичних показників із використанням нечіткої логіки. Застосування такої технології до розподілу ендокринологічних параметрів дає змогу оцінити правильність прийняття рішень та ймовірність помилкових висновків. Із 29-ти ендокринологічних показників було визначено чотири ключові, що мають найбільший вплив на кінцевий результат: індекс маси тіла (ІМТ), загальний вітамін D3, загальний холестерин та рівень глюкози крові натщесерце. Для розрахунку ймовірностей застосовувалось правило увігнутої кривої, що дозволяє точніше оцінити ризики та достовірність висновків.

Показана практична реалізація застосування термів нечіткої логіки при порівнянні двох шляхів лікування артеріальної гіпертензії та ожиріння. Дослідження проведено на клінічних базах кафедри сімейної медицини та амбулаторно-поліклінічної допомоги НМАПО імені П. Л. Шупика. Пацієнтів з АГ та ожирінням було розподілено на дві групи, рандомізовані за віком, статтю та коморбідною патологією, яким надавалось два типи лікування: основна група (М2) отримувала лікування 1, дослідна група (М3) отримувала лікування 2. В роботі досліджено оптимізацію комплексної терапії та діагностики пацієнтів з артеріальною гіпертензією та ожирінням у первинній лікарській практиці та встановлення взаємозв'язків між різними методиками лікування та підтвердження ефективності лікування з використанням термів нечіткої логіки.

Проведене дослідження підтвердило значущість урахування індивідуальних фізіологічних особливостей людини. Результати свідчать про те, що ендокринологічні показники є суто індивідуальними: значення, які вважаються нормальними для однієї людини, можуть бути критичними для іншої. Це підкреслює важливість персоналізованого підходу в діагностиці та лікуванні ендокринних порушень. Подальші дослідження у цій сфері сприятимуть покращенню якості діагностики та ефективності медичних рішень.

Ключові слова: нечітка логіка, інформаційна технологія, медичні показники, функція приналежності, терм-множини, прогнозування вибору методу лікування.

YEREMENKO Volodymyr, MONCHENKO Taras

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

MONCHENKO Olena, KUCHERENKO Valentyna, SYDNIVETS Oleksandra

State University «Kyiv Aviation Institute»

APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN PROCESSING THE RESULTS OF MEDICAL RESEARCH

The thesis presents information technology for processing medical indicators using fuzzy logic. The application of such technology to the distribution of endocrinological parameters makes it possible to assess the correctness of decision-making and the probability of false conclusions. Of the 29 endocrinological indicators, four key ones that have the greatest impact on the final result were identified: body mass index (BMI), total vitamin D3, total cholesterol, and fasting blood glucose. The concave curve rule was used to calculate probabilities, which allows for a more accurate assessment of risks and the reliability of conclusions.

The practical implementation of the use of terms of fuzzy logic when comparing two ways of treating hypertension and obesity is shown. The research was carried out at the clinical bases of the Department of Family Medicine and Outpatient Polyclinic Care of P. L. Shupyka. Patients with hypertension and obesity were divided into two groups, randomized by age, sex, and comorbid pathology, who were given two types of treatment: the main group (M2) received treatment 1, the experimental group (M3) received treatment 2. The thesis investigates the optimization of complex therapy and diagnosis of patients with arterial hypertension and obesity in primary medical practice and the establishment of interrelationships between different treatment methods and confirmation

of the effectiveness of treatment using terms of fuzzy logic. The study confirmed the importance of accounting for individual physiological characteristics. Results indicate that endocrinological indicators are highly individual: values considered normal for one person may be critical for another. This underscores the necessity of a personalized approach in diagnosing and treating endocrine disorders. The influence of measurement errors on analysis accuracy was also noted, necessitating further methodological improvements. Future research in this field will enhance diagnostic quality and the effectiveness of medical decisions.

Keywords: fuzzy logic, information technology, medical indicators, membership function, predicting the choice of treatment method

Стаття надійшла до редакції / Received 11.07.2025

Прийнята до друку / Accepted 14.08.2025

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Аналіз існуючих алгоритмів подання та опрацювання медичної інформації показує, що вони не повною мірою задовольняють вимоги до розв'язання задач, що вимагають складних логічних висновків з урахуванням неповноти та суперечливості вхідних даних. Для вирішення вказаної проблеми необхідно шукати нові технології опрацювання медичних даних. Для постановки правильного діагнозу та призначенні ефективного лікування лікарям доводиться знімати велику кількість різних показників: антропометричних, по крові, і т.д.

На підставі цього, необхідно розробити інформаційну технологію, яка б допомагала практикуючим лікарям підвищити якість прийнятих рішень щодо вибору схеми лікування з урахуванням індивідуальних особливостей хворого. Ефективна інформаційна стратегія запобігає появі небажаних наслідків лікування (а саме алергічної реакції на фармакологічні засоби) та сприяє зменшенню собівартості послуг, та покращує їхню ефективність, завдяки чому лікувальні установи можуть значно покращити рівень своєї роботи.

У сучасній медицині існує потреба в ефективній обробці результатів медичних досліджень для прийняття обґрунтованих рішень щодо вибору методу лікування. Класичні алгоритми часто не враховують невизначеність, нечіткість та індивідуальні особливості пацієнтів. Використання нечіткої логіки та методів прогнозування дозволяє створити інтелектуальну систему підтримки рішень для оптимізації лікувального процесу.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

В статті [1] запропоновано інформаційну технологію, що полягає у статистичній обробці великої кількості різнопланових даних, що ґрунтується на використанні відстані Махаланобіса. Такий підхід дав загальний результат і підтвердив ефективність нових методів лікування артеріальної гіпертензії (АГ) та надлишкової ваги.

В статті [2] розроблено інформаційну технологію обробки медичних показників шляхом застосування гістограмного аналізу. Проведено аналіз гістограмних досліджень при обробці потоків даних. Використана інформаційна технологія застосування гістограмних чисел для обрахунку медичних показників і визначення частки пацієнтів, для яких лікування виявилось ефективним. Окреслені основні етапи розробки, що дають змогу здійснювати гістограмний аналіз і приймати рішення щодо подальших досліджень.

Нечітка логіка [3, 4] використовується в обробці показників для діагностики, моніторингу стану об'єктів і підтримки прийняття рішень. Вона дозволяє працювати з неточними або неоднозначними даними, що особливо актуально в медицині, де більшість показників не мають чітких меж або можуть варіюватися залежно від індивідуальних особливостей пацієнта. В медичних дослідженнях інформаційна технологія, що ґрунтується на застосуванні нечіткої логіки в обробці медичних показників, вже використовується, але за рахунок різноплановості та багатозадачності медичних даних таку технологію варто розвинути.

В роботі пропонується інформаційна технологія використання нечіткої логіки для обробки ендокринологічних показників при лікуванні артеріальної гіпертензії та надлишкової ваги.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

У джерелах підкреслюється потреба в нових інформаційних технологіях, які забезпечать адаптивність, точність та інтерпретованість при виборі методів лікування, що обґрунтовує доцільність і новизну розробки у зазначеній темі. Метою роботи полягає у розробленні інформаційної технології прийняття рішення щодо аналізу ймовірності зміни значень медичних показників в процесі обраного методу лікування із застосуванням нечіткої логіки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Сучасні інтелектуальні вимірювальні системи використовуються разом з системами прийняття рішень при виконанні різних виробничих задач. В такому випадку за традиційних операцій, що входять до складу процедури вимірювання, додається операція класифікації, функціонування якої забезпечує шкала

класифікації. Тому вважають, що особливістю інтелектуальних вимірювальних систем є поліморфізм, який полягає в відображенні вимірювальної величини декількома шкалами.

Найчастіше використовується шкала метричної класифікації з впорядкованими класами еквівалентності, що є шкалою квазіпорядку. В загальному випадку, це шкала з нечіткою лінгвістичною змінною (ЛЗ), яка забезпечує можливість отримання даних, що використовуються в обчисленнях на основі нечіткої логіки [5,6].

При встановленні шкали з нечіткою ЛЗ використовується семантичне правило, яке ставить у відповідність кожному елементу терм-множини $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ нечітку підмножину з області визначення значення показника.

В вимірювальних системах на основі результату вимірювання ознаки x_i класифікатор обчислює ступінь її приналежності терм-множинам $T_1, T_2, \dots, T_n$. Найбільше значення ступеня приналежності (що може приймати значення в інтервалі від 0 до 1) вказує, до якої терм-множини належить ознака об'єкта, тобто яким чином його потрібно класифікувати.

Якщо результат класифікації є чітким, тобто обрано один клас еквівалентності або один з термів множини, то характеристикою якості є ймовірність правильної класифікації. Якщо результат класифікації подається як нечітка підмножина, тобто враховується розсіювання ступенів приналежності за класами еквівалентності, то подання результату класифікації набуває вигляду:

$$T_1 | \mu_i(T_1); T_2 | \mu_i(T_2); \dots T_n | \mu_i(T_n)$$

Отримані таким чином класифіковані дані можуть бути використані далі при нечітких обчисленнях і виведеннях з метою прийняття певних рішень.

Якщо для побудови шкали лінгвістичної змінної визначена кількість термів множини [5,6], то виникає питання про вибір форми функції приналежності (ФП).

Другим етапом формування шкали класифікації є встановлення форми ФП окремих градацій шкали класифікації або визначених раніше класів еквівалентності. Дослідження проведено для шкали однієї ознаки, тобто ФП класів еквівалентності створюють шкалу нечіткої класифікації, а індекс нечіткості окремих класів як нечітких множин залежить від невизначеності вимірювання. Дослідження зв'язку індексу нечіткості класу еквівалентності і похибки вимірювання було проведено для трапецієподібної форми ФП, і для прикладу було обрано клас еквівалентності «критичний», тобто початковий терм множини класів еквівалентності з аналітичним поданням ФП:

$$\mu_{T1}(x) = \begin{cases} 1, & a_1 < x < a_2; \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 < x < a_3; \\ 0 & \text{в інших випадках;} \end{cases} \quad (1)$$

де a_1, a_2, a_3 – межі термів.

Дослідження показали, що використання нелінійних форм ФП мало впливає на значення індексу нечіткості, але при цьому порушується правило розділення одиниці, що справедливо при лінійних ФП. А це, в свою чергу, впливає на рішення, які приймаються при нечіткій класифікації. Наведемо ФП двох класів еквівалентності $\mu_{T1}(x)$ («критичний») і $\mu_{T2}(x)$ («дуже критичний») з використанням трапецієподібної і степеневої форми (увігнутої $\mu_{T1}'(x)$ та випуклої $\mu_{T1}''(x)$):

Функції приналежності $\mu_{T1}'(x)$ і $\mu_{T1}''(x)$ становлять:

$$\mu_{T1}'(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } 0 \leq x \leq a_1; \\ 1 - \left(\frac{x - a_1}{a_2 - a_1} \right)^{\frac{1}{2}}, & a_1 \leq x \leq a_2; \\ 0, & \text{якщо } a_2 < x. \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{T1}''(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } 0 \leq x \leq a_1; \\ 1 - \left(\frac{x - a_1}{a_2 - a_1} \right)^2, & a_1 \leq x \leq a_2; \\ 0, & \text{якщо } a_2 < x. \end{cases}$$

В роботі розглянуто 29 ендокринологічних показників, які отримуються шляхом взяття аналізів крові та сечі. Медичне завдання: лікування артеріальної гіпертензії та ожиріння. За рекомендаціями лікарів-ендокринологів кафедри сімейної медицини та амбулаторно-поліклінічної допомоги НМАПО імені П. Л. Шупика встановлено межі розподілу кожного показника, до прикладу: норма-незначне перевищення – значне

перевищення показника, що дало основу для побудови термів нечіткої логіки $\mu_{T1}(x)$. Далі проведено розрахункові межі для кожного терма за формулою (1). Також обрано показники, які мають найбільший вплив на кінцевий результат – покращення здоров'я та якості і тривалості життя. Такими показниками обрано індекс маси тіла (ІМТ), вітамін Д3 загальний, холестерин загальний та глюкоза крові натще. В таких показниках для обрахунку інтервалів обрано увігнуту форму ФП, як таку, яка дає вищі значення ймовірності. Обрахунок для цих показників проводився за формулою (2). Здається очевидним обрати показники тиску систолічний артеріальний тиск (САТ) та діастолічний артеріальний тиск (ДАТ) та пульс, але на ці показники мають вплив і інші супутні захворювання, серцеві захворювання та ін., тому орієнтуватись на них при прийнятті рішень при АГ та надлишковій вазі не варто.

Інструментальним засобом виконання завдань було обране програмне середовище MatLab (разом із пакетом Fuzzy Logic Toolbox).

До прикладу розглянемо перший показник – глікований гемоглобін.

Він має 3 терми: норма; переддіабет; діабет:

- 3,5-5,8 (%(відсотки гемоглобіну крові, незворотно поєднаного з молекулами глюкози));

- 5,8-6,8 (%);

- 6,8-8,01 (%).

Виходячи з отриманих рекомендацій і використовуючи нечітку логіку побудовано розподіл по термах (рис.1):

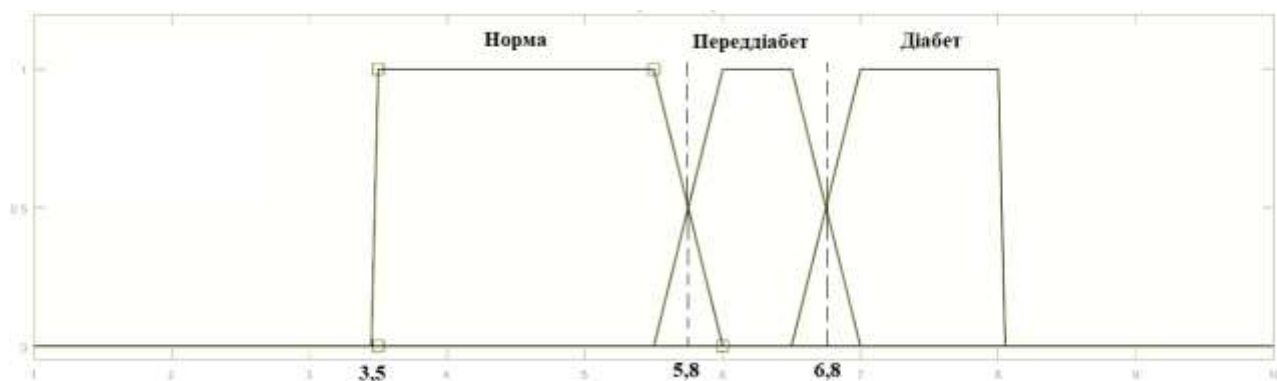


Рис. 1. Розподіл термів для глікованого гемоглобіну

Розраховано терми за формулою (1):

$$\mu_{T1}(x) = \begin{cases} 1, & 3,5 \leq x \leq 5,5; \\ \frac{6-x}{6-5,5} = (6-x)/0,5, & 5,5 \leq x \leq 6; \\ 0 & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

$$\mu_{T2}(x) = \begin{cases} \frac{x-5,5}{6-5,5} = (x-5,5)/0,5, & 5,5 \leq x \leq 6; \\ 1, & 6 < x < 6,5; \\ \frac{7-x}{7-6,5} = \frac{7-x}{0,5}, & 6,5 \leq x \leq 7; \\ 0 & \text{в інших випадках.} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{T3}(x) = \begin{cases} \frac{x-6,5}{7-6,5} = \frac{x-6,5}{0,5}, & 6,5 \leq x \leq 7; \\ 1, & 7 < x < 8,01 \\ 0 & \text{в інших випадках} \end{cases}$$

Враховуючи переріз функцій приналежності сусідніх термів побудовано матрицю відповідності встановленої шкали, де в комірках наведені значення, що є ймовірностями віднесення до певних класів еквівалентності P_{ij} . Наприклад, для першого класу еквівалентності $P = \frac{\int_{x_{\text{поч}}}^{x_{\text{кр}}} \mu_{T1}(x) dx}{\int_{x_{\text{поч}}}^{x_{\text{max}}} \mu_{T1}(x) dx}$, де $x_{\text{кр}}$ – критична функція приналежності, під якою розуміють точку зі ступенем приналежності 0,5 [14], $x_{\text{поч}}$ – початок терма. Результати обрахунку подані в таблиці 1.

За таким зразком обраховано показники: талія (чоловіки (ч), жінки (ж)), шия (ч, ж), САТ, ДАТ, пульс, мікроальбумінурія, креатинін сечі (ч, ж), білірубін загальний, білірубін прямий, аланінамінотрансфераза (АЛТ) (ч, ж), аспаратамінотрансфераза (АСТ) (ч,ж), тригліцериди, холестерин ліпопротеїдів високої щільності (ч,ж), холестерин ліпопротеїдів низької щільності, холестерин ліпопротеїдів дуже низької щільності, коефіцієнт атерогенності, кальцій іонізований, лептин сироватки.

Таблиця 1

Матриця відповідності шкали класифікації Глікований гемоглобін

Границі значень вимірюваного показника (%)	T ₁	T ₂	T ₃
3,5-5,8	0,98	0,02	0
5,8-6,8	0,02	0,87	0,11
6,8-8,01	0	0,11	0,89

Проведені розрахунки значення ймовірності ендокринологічних показників у групі контрольній групі пацієнтів М1, що нараховувала 21 особу. Також ймовірності в групах основній 64 особи М2 та дослідній 64 особи М3, які приймали різні типи лікування, до та після лікування. Пацієнти мають артеріальну гіпертензію та ожиріння. Дослідження проведено на клінічних базах кафедри сімейної медицини та амбулаторно-поліклінічної допомоги НМАПО імені П. Л. Шупика. Пацієнтів з АГ та ожирінням було розподілено на дві групи, рандомізовані за віком, статтю та коморбідною патологією, яким надавалось два типи лікування: основна група (М2) отримувала лікування 1, дослідна група (М3) отримувала лікування 2 [1, 2]. Метою дослідження є оптимізація комплексної терапії та діагностика пацієнтів з АГ та ожирінням у первинній лікарській практиці та встановлення взаємозв'язків між різними методиками лікування та підтвердження ефективності лікування з використанням термів нечіткої логіки (1).

Дослідження проводились за такою послідовністю:

- 1) обрахунок ймовірності за певним показником в контрольній групі М1;
- 2) обрахунок ймовірності за певним показником в основній групі М2 до лікування;
- 3) обрахунок ймовірності за певним показником в дослідній групі М3 до лікування;
- 4) обрахунок ймовірності за певним показником в основній групі М2 після лікування;
- 5) обрахунок ймовірності за певним показником в дослідній групі М3 після лікування;
- 6) порівняння отриманих значень ймовірностей контрольної групи та основної і дослідної до та після лікування;
- 7) висновки за отриманими результатами.

До прикладу розглянемо глікований гемоглобін. Це не критичний показник, тому використовуємо розподіл по термах (3). Розподіл термів наведений на рис. 1.

Тоді кінцевий результат процедури вимірювання/класифікації має вигляд: (T₁|1).

Результати вимірювань і класифікації глікованого гемоглобіну в дослідній групі М2 до лікування: (T₁|0,94), (T₂|0,28), (T₃|1)

Результати вимірювань і класифікації глікованого гемоглобіну в дослідній групі М3 до лікування:

(T₁|0,99), (T₂|0,5), (T₃|0,87)

Результати вимірювань і класифікації глікованого гемоглобіну в основній групі М2 після лікування:

(T₁|0,80), (T₂|0,41), (T₃|1)

Результати вимірювань і класифікації глікованого гемоглобіну в дослідній групі М3 після лікування:

(T₁|0,71), (T₂|0,46), (T₃|0,54)

Результати обрахунку ймовірностей по ендокринологічних показниках зібрані в таблиці 2. Дуже критичні показники позначені (*). Їх обрахунок проводився за формулою (2).

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

В статті представлена інформаційна технологія опрацювання медичних показників з використанням нечіткої логіки. Розподіл параметрів ендокринологічних показників із застосуванням такої технології дає можливість оцінити правильність прийняття рішення та ймовірність прийняття хибного рішення. Серед 29-ти ендокринологічних показників було обрано чотири, які найбільшим чином впливають на кінцевий результат. Ці чотири показники є ІМТ, вітамін Д3 загальний, холестерин загальний та глюкоза крові натщесерце. Для обрахунку ймовірностей таких показників застосовувалось правило увігнутої кривої, яка дає можливість точніше оцінити ймовірність. Результатом роботи є отримані показники ймовірності для 29-ти ендокринологічних показників.

В практичному застосуванні щодо розрахунку значень ймовірності ендокринологічних показників у групі контрольній групі пацієнтів М1, що нараховувала та основній М2 та дослідній М3 групах пацієнтів, які приймали різні типи лікування 1 і 2, до та після лікування, досліджено наступне. Показник САТ покращився після лікування за методикою 1, оскільки зник терм μ_{T_5} . Порівнюємо з контрольною групою М1, де є лише μ_{T_1} . А от САТ за методикою лікування 2 не покращився. ДАТ покращився за методикою лікування 2. ІМТ суттєво покращився за методикою лікування 1. Пульс покращився за обома методиками. Незначне покращення в лікування за обома методиками показали глікований гемоглобін, кальцій іонізований та глюкоза крові натще. Практично не покращився холестерин.

Таблиця 2

Результати обрахунку ймовірностей по ендокринологічних показниках до та після лікування

M1	До лікування		Після лікування	
	M2	M3	M2	M3
ІМТ (*)				
(T ₁ 0,84), (T ₂ 0,44)	(T ₁ 0), (T ₂ 0,41), (T ₃ 0,47), (T ₄ 0,46), (T ₅ 1)	(T ₁ 0), (T ₂ 0,43), (T ₃ 0,44), (T ₄ 0,59), (T ₅ 0,58)	(T ₁ 0,52), (T ₂ 0,53), (T ₃ 0,51), (T ₄ 0,53), (T ₅ 0,41)	(T ₁ 0), (T ₂ 0,47), (T ₃ 0,47), (T ₄ 0,61), (T ₅ 0,83)
Пульс				
(T ₂ 1), (T ₃ 0,5)	(T ₁ 1), (T ₂ 0,96), (T ₃ 0,90)	(T ₁ 1), (T ₂ 0,98), (T ₃ 0,8)	(T ₁ 1), (T ₂ 1), (T ₃ 1)	(T ₁ 1), (T ₂ 0,98), (T ₃ 0,5)
САТ				
(T ₁ 0,41), (T ₂ 0,58), (T ₃ 0,8)	(T ₁ 0,7), (T ₂ 0,14), (T ₃ 0,54), (T ₄ 0,78), (T ₅ 0,7)	(T ₁ 0,68), (T ₂ 0,26), (T ₃ 0,5), (T ₄ 0,88)	(T ₁ 0,42), (T ₂ 0,55), (T ₃ 0,79)	(T ₁ 0,44), (T ₂ 0,62), (T ₃ 0,76), (T ₄ 0,125)
ДАТ				
(T ₁ 1)	(T ₁ 1), (T ₂ 0,03), (T ₃ 0,34), (T ₄ 0,95)	(T ₁ 1), (T ₂ 1), (T ₃ 0,27), (T ₄ 1)	(T ₁ 1), (T ₂ 0), (T ₃ 1)	(T ₁ 1), (T ₂ 0), (T ₃ 1)
Глікований гемоглобін				
(T ₁ 1)	(T ₁ 0,94), (T ₂ 0,28), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,99), (T ₂ 0,5), (T ₃ 0,87)	(T ₁ 0,80), (T ₂ 0,41), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,71), (T ₂ 0,46), (T ₃ 0,54)
Холестерин (*)				
(T ₁ 0,65), (T ₂ 0,45), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,44), (T ₂ 0,60), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,42), (T ₂ 0,54), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,48), (T ₂ 0,54), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,78), (T ₂ 0,77), (T ₃ 0,89)
Кальцій іонізований				
(T ₂ 1), (T ₃ 0,95)	(T ₁ 0,95), (T ₂ 1), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,93), (T ₂ 0,84), (T ₃ 0,97)	(T ₁ 0,87), (T ₂ 0,97), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,93), (T ₂ 0,96), (T ₃ 0,92)
Глюкоза крові натще				
(T ₁ 0,68), (T ₂ 0,30)	(T ₁ 0,76), (T ₂ 0,66), (T ₃ 0,7)	(T ₁ 0,78), (T ₂ 0,73), (T ₃ 0,64)	(T ₁ 0,84), (T ₂ 0,76), (T ₃ 1)	(T ₁ 0,91), (T ₂ 0,80), (T ₃ 0,82)

Проведене дослідження ендокринологічних показників підтвердило значущість врахування індивідуальної фізіології людини. Результати дослідження підтверджують, що ендокринологічні показники є суто індивідуальними: те, що для однієї людини є нормою, для іншої може бути критичним. Це підкреслює важливість персоналізованого підходу в діагностиці та лікуванні ендокринних розладів. Також необхідно враховувати певну недосконалість методик вимірювання показників, що впливає на точність.

Використання нечіткої логіки та методів прогнозування у медичній діагностиці й виборі лікування відкриває перспективи для створення більш точних і персоналізованих рішень. Подальші дослідження в цій сфері допоможуть удосконалити підходи до збереження здоров'я та покращення якості життя людини.

Література

1. В. Єременко, О.Монченко, С.Корчева, Л.Чубко. Метод статистичного оцінювання результатів клінічних досліджень при лікуванні артеріальної гіпертензії та ожиріння. Технічні науки та технології: науковий журнал / Національний університет «Чернігівська політехніка», 2023., №2 (32). С. 164
2. В. Єременко, О. Монченко, Т. Монченко, В. Кучеренко Інформаційна технологія опрацювання медичних показників. Технічні науки та технології № 1 (35) (2024), ст. 121-127.
3. Zadeh L.A. Fuzzy sets. // Information and Control. 1965. 8 (3). P. 338.
4. Saaty T. L. Decision making with dependence and feedback. The Analytic Net-work Process. Trans. from engl., M.: Book House "LIBROCOM", 2011. - 360p.
5. Piegat, Andrzej: Fuzzy modeling and control: with 96 tables / Andrzej Piegat.– Heidelberg; New York: Physica.Verl.2001 22
6. Ярмчук Н.А., Семенюк Р.С. Способи урахування невизначеності при побудові лінгвістичних шкал. Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2020): зб. доповідей XII міжнародної науково-технічної конференції 6-8 жовтня 2020р. Х.: НВЦ Інститут метрології, 2020., с.77-81.

References

1. V. Eremenko, O. Monchenko, S. Korcheva, L. Chubko. Method of statistical evaluation of clinical research results in the treatment of arterial hypertension and obesity Technical Sciences and Technologies: scientific journal / National University "Chernihiv Polytechnic", 2023., No. 2 (32). P. 164
2. V. Eremenko, O. Monchenko, T. Monchenko, V. Kucherenko Information technology for processing medical indicators Technical Sciences and Technologies No. 1 (35) (2024), pp. 121-127.
3. Zadeh L.A. Fuzzy sets. // Information and Control. 1965. 8 (3). P. 338.
4. Saaty T. L. Decision making with dependence and feedback. The Analytic Net-work Process. Trans. from engl.,M.: Book House "LIBROCOM", 2011., 360p.
5. Piegat, Andrzej: Fuzzy modeling and control: with 96 tables / Andrzej Piegat.–Heidelberg; New York: Physica.Verl.2001 22
6. Yaremchuk N.A., Semenyuk R.S. Methods of taking into account uncertainty when constructing linguistic scales. Metrology and measuring technology (Metrology - 2020): collection of reports of the XII international scientific and technical conference October 6-8, 2020. Kh.: Scientific and Technological Center Institute of Metrology, 2020., p.77-81.