

РОЗДІЛ II. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.25140/2411-5363-2023-2(32)-164-174

УДК 616-085(043.2)

Володимир Єременко¹, Олена Монченко², Софія Корчева³, Лариса Чубко⁴

¹доктор технічних наук, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)

E-mail: nau_307@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4330-7518>. Scopus Author ID: [56736964700](https://orcid.org/0000-0002-4330-7518)

²кандидат технічних наук, доцент кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини
Національний авіаційний університет (Київ, Україна)

E-mail: monchenko_olena@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8248-5704>

ResearcherID: [AAN-1910-2020](https://orcid.org/0000-0002-8248-5704). ID Scopus: [56422110000](https://orcid.org/0000-0002-8248-5704)

³здобувач вищої освіти кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини
Національний авіаційний університет (Київ, Україна)

E-mail: sofiakorcheva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2571-6131>

⁴кандидат ф.-м. наук, доцент кафедри біотехнології

Національний авіаційний університет (Київ, Україна)

E-mail: chubko_l@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4647-3156>

ResearcherID: [HLW-2771-2023](https://orcid.org/0000-0003-4647-3156). Scopus Author ID: [25626246400](https://orcid.org/0000-0003-4647-3156)

МЕТОД СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛІНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ЛІКУВАННІ АРТЕРІАЛЬНОЇ ГІПЕРТЕНЗІЇ ТА ОЖИРІННЯ

На даний час обробка великої кількості даних, які мають різну фізичну або біологічну природу, залишається важливою задачею, оскільки всі параметри мають свої закони розподілу, які в загальному випадку відрізняються від гаусівського. Такий набір даних не дає можливості застосувати стандартні методи статистичної обробки. Загального методу класифікування теж нема. Отже, у статті пропонується новий підхід статистичної обробки великої кількості різнопланових даних, що ґрунтується на використанні відстані Махаланобіса. Розглянуті шляхи прийняття рішення на основі вимірювання відстані Махаланобіса між вибіркою відносно здорових пацієнтів та двома вибірками хворих: основною – група пацієнтів приймала нове лікування, та дослідною – група пацієнтів, яка приймала стандартне лікування надлишкової ваги та артеріальної гіпертензії.

Ключові слова: відстань Махаланобіса, статистична обробка медичних даних, інформаційні технології при обробці медичних даних.

Табл.: 1. Рис.: 5. Бібл.: 18.

Актуальність теми дослідження. Нині обробка великої кількості даних, які мають різну фізичну або біологічну природу, залишається важливим завданням, оскільки всі параметри мають свої закони розподілу, які в загальному випадку відрізняються від гаусівського. Такий набір даних не дає можливості застосувати стандартні методи статистичної обробки. Загального методу класифікації теж нема. Отже, у статті запропоновано новий підхід статистичної обробки великої кількості різнопланових даних, що ґрунтується на використанні відстані Махаланобіса [1]. Розглянуті шляхи прийняття рішення на основі вимірювання відстані Махаланобіса між вибіркою відносно здорових пацієнтів та двома вибірками хворих: основною – група пацієнтів приймала нове лікування, та дослідною – група пацієнтів, яка приймала стандартне лікування надлишкової ваги та артеріальної гіпертензії.

Постановка проблеми. Артеріальна гіпертензія (АГ) та ожиріння є вагомими проблемами зі здоров'ям працездатного населення, які потребують вирішення системою охорони здоров'я. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) у популяції зайву вагу має 39 % дорослих у віці 18 років і старше (39 % чоловіків і 40 % жінок) і близько 13% дорослого населення світу (11 % чоловіків і 15 % жінок) мають ожиріння [2; 3]. У США майже 65 % дорослого населення має надмірну вагу, з яких майже половина страждає від ожиріння [4], а АГ серед пацієнтів з ожирінням становить 78 % у чоловіків та 64 % у жінок [5; 6].

Практика сімейної медицини потребує системного підходу до лікування цієї категорії хворих і має бути спеціально спрямована на корекцію основних причин ожиріння [7]. Первинна профілактика та лікування мають бути персоналізовані, спрямовані на розробку ефективних заходів лікування АГ та ожиріння, корекції способу життя, з урахуванням регіональних та культурних особливостей.

Поєднання ожиріння та АГ ускладнюється тим, що зростає стійкість до лікування артеріальної гіпертензії, зростає ризик серцево-судинних захворювань, ниркової недостатності та інсульту [8]. Це вимагає часу на підбір ефективної схеми фармакотерапії і боротьбу з супутніми ускладненнями.

Відкриття ендокринної функції жирової тканини та дисфункції при ожирінні стало причиною появи інтересу до вивчення її ролі в розвитку серцево-судинних та метаболічних захворювань. Відомо, що жирова тканина не тільки реагує на аферентні сигнали від гуморальної та центральної нервової систем, але також сама виділяє власний фактор з важливими ендокринними функціями – лептин. Лептин має анорексигенні ефекти, збільшує енергетичні витрати та контролює метаболізм вуглеводів та жирів [9]. Доведена також кореляція між рівнем лептину та показниками систолічного АГ та серцевої недостатності [10]. Не Маловивченим залишається питання взаємозв'язку гормону лептину та показників морфометрії, антропометрії, ліпідного, пуринового, кальцієвого профілю та інших біохімічних показників у пацієнтів з артеріальною гіпертензією (АГ) та ожирінням. Зважаючи на це, метою дослідження стало дослідження рівня сироваткового лептину у пацієнтів з АГ і ожирінням/зайвою вагою та встановлення кореляційних зв'язків між показниками морфометрії, антропометрії та біохімічними показниками у пацієнтів з ожирінням для визначення фактору ризику та прогнозу ефективності лікування АГ двома шляхами: класичним і новим із подальшим порівнянням ефективності цих двох шляхів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методам обробки результатів вимірювання медичних показників присвячено наукові праці [11-12]. Зокрема, у статті [11] описана проблема підвищення достовірності оцінювання функціонального стану організму людини на основі статистичних методів. Оскільки організм людини є варіабельною системою і не має еталону.

У статті [12] наведено статистичний підхід до оцінювання гомеостазу людини.

Автори [13] відзначають типові помилки і проблеми у статистичному аналізі, дизайні, інтерпретації та звітності при дослідженні ожиріння: неправильне тлумачення статистичної значущості; невідповідне тестування на основі базових значень; надмірне та нерозкрите багаторазове тестування та «злом значення р»; неправильне використання кластеризації в кластерних рандомізованих дослідженнях; неправильні уявлення про непараметричні тести; неправильна обробка відсутніх даних; неправильний розрахунок розмірів ефекту; ігнорування регресії до середнього; ігнорування зміщення підтвердження та недостатня статистична звітність.

У статті [14] розглянутий новий підхід до знаходження базових мас з використанням відстані Махаланобіса. Наведена формула, яка показує взаємозв'язок між відстанню Махаланобіса та базовими масами при класифікації гіперспектральних космічних зображень.

Враховуючи вищезазначене, завданням представлених у роботі досліджень було обрати релевантний статистичний підхід, який оптимально враховував би особливості ендокринологічних досліджень, які включають в себе антропологічні, біохімічні та інші показники. У роботі запропоновано підхід, заснований на класифікації образів із використанням функцій відстані.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що питання обробки великої кількості різнопланових показників залишається відкритим. А також те, що при обробці медичних даних нема еталона, з яким можна було б порівнювати. Отже, необхідно шукати інші шляхи обробки даних.

Дослідження проведено на клінічних базах кафедри сімейної медицини та амбулаторно-поліклінічної допомоги НМАПО імені П. Л. Шупика в період з 2017 по 2021 роки. Із загальної кількості обстежених осіб, яка становила 149, пацієнтів з артеріальною гіпертензією (АГ) та ожирінням було 128 осіб, а група здорових пацієнтів (контрольна група М1) складалась з 21 особи. Пацієнтів з АГ та ожирінням було поділено 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 [2; 3]. Метою дослідження є оптимізація комплексної терапії та діагностика пацієнтів з артеріальною гіпертензією та ожирінням у первинній лікарській практиці та встановлення взаємозв'язків між різними методиками лікування та підтвердження ефективності лікування розрахунком відстані Махаланобіса (рис. 1):

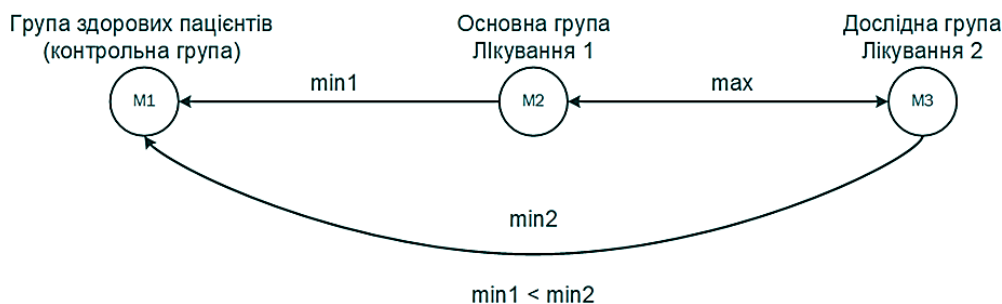


Рис. 1. Схема проведення обробки даних

Мета статті – провести порівняння методик лікування ожиріння та артеріальної гіпертензії методами статистичної обробки даних, а саме розрахунком відстані Махаланобіса між групами пацієнтів та довести ефективність нового запропонованого методу лікування.

Виклад основного матеріалу. У роботі було запропоновано використати класифікацію образів, а саме використання для класифікації образів функцій відстані. Інструментом класифікації є застосування міри схожості для векторів образів, а саме визначення їх близькості.

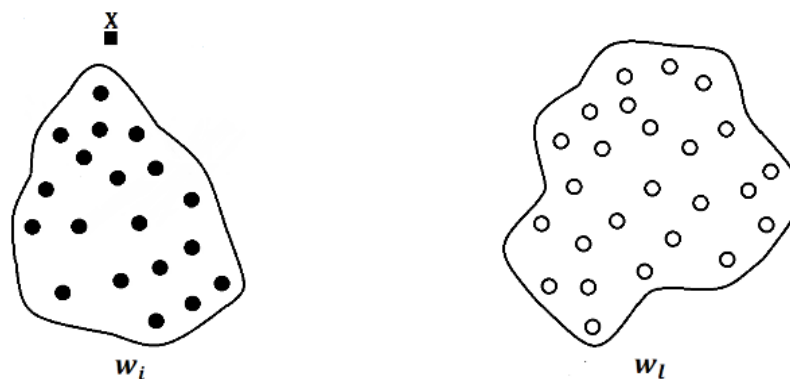


Рис. 2. Образи, які піддаються класифікації, за допомогою поняття близькості

На рис. 2 видно, що вектор X належить до класу ω_i тільки тому, що цей вектор знаходиться ближче до векторів образу ω_i . Очікувати на позитивні практичні результати при класифікації образів з використанням функцій відстані можна лише в тих випадках, коли класи образів проявляють кластеризаційні властивості. Цю особливість можна оцінити, порівнявши рис. 2 і рис. 3. Вивчення рис. 2 показує, що віднесення вектора X до класу ω_i не викликає сумнівів. На рис. 3 видно, що хоч класи ω_i не перетинаються, але доволі важко сказати, до якого класу належить вектор X .

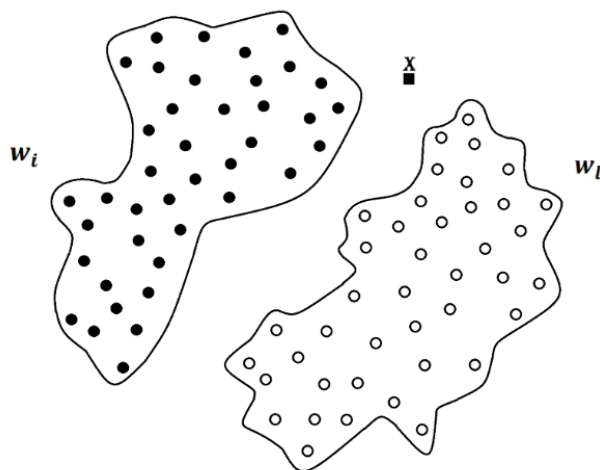


Рис. 3. Образи, класифікація яких із використанням поняття близькості викликає утруднення

Загальна оцінка таких ідей здійснюється на рівні відповідної математичної строгості. Як критерій класифікації образу буде використовуватись близькість образу, який класифікуватимемо, до образу певного класу – еталона. Цей підхід відомий як класифікація образів за критерієм мінімуму відстані [15].

Опорною точкою є вибір еталона або центра кластера, який має відігравати основну роль в побудові класифікатора образів з використанням принципу мінімуму відстані. У такому випадку таким центром кластера є вибірка здорових людей. Мірою схожості (подібності), яка буде використана для вимірювання відстані між образами, запропоновано використати відстань Махаланобіса [15].

Загалом цю задачу класифікації можна звести до задачі перевірки гіпотез [1; 15], яка зводиться до прийняття однієї з K взаємно несумісних гіпотез H_0, H_1, \dots, H_K щодо невідомих характеристик об'єкта досліджень за результатами оцінювання багатомірного вектора $C(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$ за реалізацією $x(t), 0 \leq t \leq T$ випадкового процесу $\zeta(t)$, який є моделлю досліджуваного явища. Кожна з компонент вектора $\lambda_i, i = \overline{0, m}$ являє собою відповідний інформативний параметр. Апріорним вектором та його реалізацією C_k для k -го класу буде матриця

$$C_k = \begin{pmatrix} D_{1,1}^{(k)}, \dots, D_{1,i}^{(k)}, \dots, D_{1,m}^{(k)} \\ \dots \\ D_{j,1}^{(k)}, \dots, D_{j,i}^{(k)}, \dots, D_{j,m}^{(k)} \\ \dots \\ D_{n,1}^{(k)}, \dots, D_{n,i}^{(k)}, \dots, D_{n,m}^{(k)} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Кожне рішення щодо класифікації стану об'єкта діагностування є результатом статистичних висновків на основі спостережень C . До прикладу, C можна описати багатовимірною щільністю нормального розподілу. Тоді щільність розподілу C_k у випадку з K класів (гіпотез)

$$P(X) = N(M_k, C_k) = \frac{1}{(2\pi)^{m/2} |C_k|^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} (X - M_k)^T C_k^{-1} (X - M_k) \right], \quad (2)$$

де $k = \overline{1, K}$.

Кожна щільність розподілу C_k повністю визначається вектором середніх значень M_k параметрів λ_k та коваріаційною матрицею C_k , що задані у вигляді

$$M_k = E_k\{C\} \text{ та}$$

$$C_k = E_k\{(X - M_k)(X - M_k)^T\},$$

де $E\{\cdot\}$ – це оператор математичного сподівання, що визначається на образі k -го класу;
 $|C_k|$ – визначник коваріаційної матриці C_k ;
 X – аргумент $P(X)$, який при дослідженні конкретних реалізацій приймає їх значення.

Особливістю задачі, яка представлена в цій роботі, є те, що не є можливим встановлення порогу прийняття рішення, оскільки на практиці врахувати всі показники (ендокринологічні) не є можливим. Отже, визначити значення порогів c для класифікації всіх можливих показників не є доцільним. Тому, для практичного застосування, ми пропонуємо використовувати альтернативний метод класифікації, що базується на визначенні відстані між вектором інформативних параметрів досліджуваного об'єкта та векторами, що характеризують задані класи. Перевагою зазначеного методу є також можливість подальшого розбиття існуючих класів на підкласи та проведення процедури класифікації без ускладнення розрахункового алгоритму. З цих міркувань вирішальним буде таке правило – за результатами контролю приймається така гіпотеза H_k , для якої

$$d_k = \min(d(X, \Xi_k)), \tag{3}$$

де $d(\cdot)$ – це прийнята міра відстані між двома багатовимірними розподілами;

$X = \|\lambda_{j,i}\|, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$ – це апостеріорна матриця конкретних реалізацій $\xi(t)$, для якої m – це кількість інформативних параметрів, n – це кількість повторних експериментів по їх визначенню.

Для прийнятої моделі (2) розглянемо міри відстані, які можуть бути для неї застосовані. У випадку коваріаційних матриць, що збігаються, $C_1 = C_2 = C$ мірою відстані між відповідними розподілами $f_1 = N(M_1, C)$ та $f_2 = N(M_2, C)$ може слугувати відстань Махаланобіса (1) [1]

$$d^2 = (M_2 - M_1)^T (C)^{-1} (M_2 - M_1), \tag{4}$$

де M_1 – матриця за контрольною вибіркою,

M_2 – матриця за першою вибіркою,

C – коваріаційна матриця.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводилося методом когортного проспективного дослідження. У процесі дослідження для вирішення поставлених завдань усім учасникам дослідження проводили комплекс лабораторних та інструментальних методів обстеження, а також статистичні методи для аналізу отриманих результатів. Вихідні дослідження і дослідження в динаміці проводилися згідно із розробленим дизайном. Рандомізація пацієнтів на клінічні групи. Призначення диференційованої лікувально профілактичної програми (див. табл.).

Таблиця – Загальна характеристика обстежених осіб

Показник	Групи обстежених осіб, n=149					
	Контрольна група (M1) n = 21		Основна група (M2) (лікування 1) n = 64		Дослідна група (M3) (лікування 2) n = 64	
Стать	Жінки n = 14, 66,7 %	Чоловіки n = 7, 33,3 %	Жінки n = 43, 67,2 %	Чоловіки n = 21, 31,3 %	Жінки n = 44, 68,8 %	Чоловіки n = 20, 31,2 %
Вік	48,5±1,3		49,0±1,4		46,7±2,3	
Вага	65,8±3,2		89,7±1,7		92,1±1,4	
Індекс маси тіла	22,7±0,8		32,2±0,5		32,4±0,4	
% жирової маси	28,1±0,9		40,9±0,9		36,3±0,9	

Методика опрацювання даних представлена на рис. 4 і містить у собі два етапи.

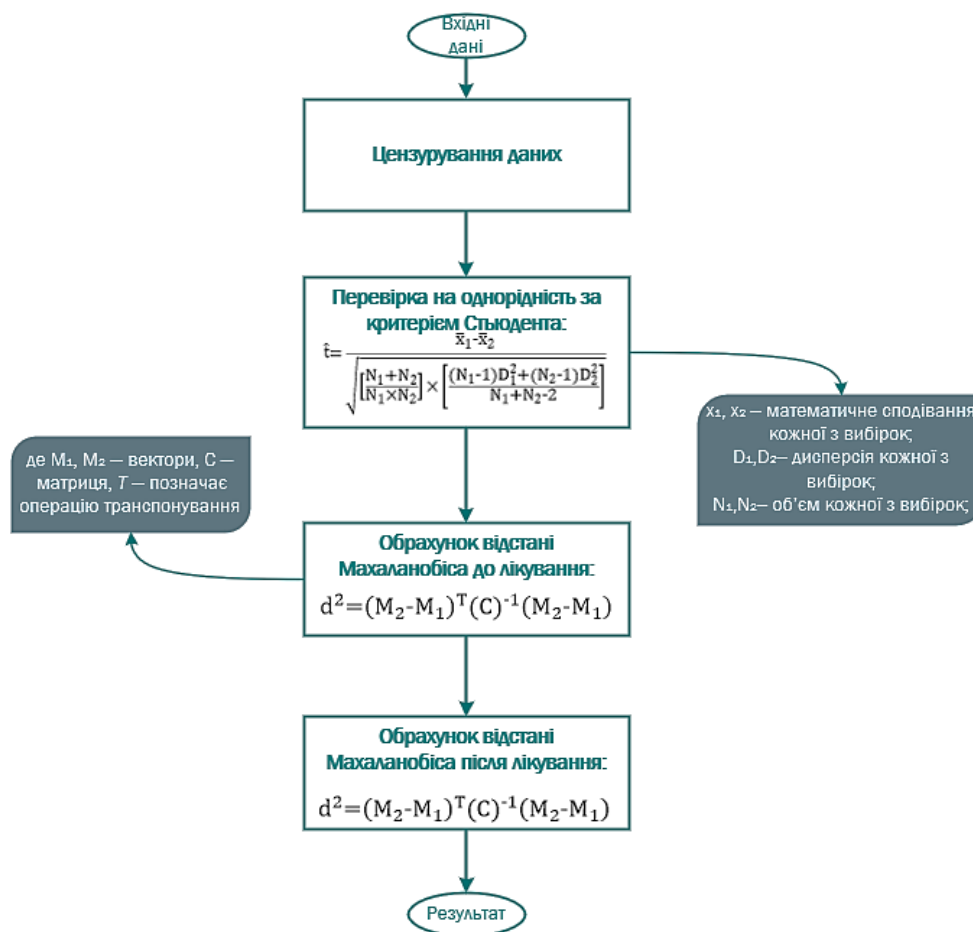


Рис. 4. Алгоритм обробки даних

I етап: опрацювання даних, отриманих ДО лікування:

- 1) цензурування вибірок за критерієм Романовського [16];
- 2) перевірка вибірок на однорідність за критерієм Ст'юдента [15; 16] з квантилями F-розподілу рівня $\alpha = 0,95$ для ступенів вільності f_1 :

$$\hat{t} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\left[\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right] \cdot \left[\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]}}$$

з $(n_1 + n_2 - 2)$ ступенями вільності;

\bar{x}_1, \bar{x}_2 – математичне сподівання кожної з вибірок;

s_1, s_2 – дисперсія кожної з вибірок;

n_1, n_2 – об'єм кожної з вибірок;

3) обрахунок відстані Махаланобіса між основною групою (M_2) та контрольною групою (M_1);

4) обрахунок відстані Махаланобіса між дослідною групою (M_3) та контрольною групою (M_1);

5) обрахунок відстані Махаланобіса між основною (M_2) та дослідною (M_3) групами.

II етап: опрацювання даних, отриманих ПІСЛЯ лікування:

6) обрахунок відстані Махаланобіса між основною групою (M₂) та контрольною групою (M₁);

7) обрахунок відстані Махаланобіса між дослідною групою (M₃) та контрольною групою (M₁);

8) обрахунок відстані Махаланобіса між основною (M₂) та дослідною (M₃) групами;

9) аналіз отриманих результатів.

Методика обрахунку даних за принципом мінімуму відстані відбувалась за таким алгоритмом (рис. 2):

1) розрахунок мат.сподівання по кожному показнику в кожній групі (основна, дослідна та контрольна група):

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i,$$

де N – кількість пацієнтів у відповідній групі,

X_i – поточні значення відповідного показника;

2) розрахунок дисперсії по кожному показнику в кожній групі:

$$D = 1 / N - 1 \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2.$$

Приклад розрахунку наведено на рис. 5, де D1, D2, D3 ... – це дисперсії відповідних показників;

Номер	вага1	D1	зріст	D2	стать (ч-0,ж-1)ім1	D3	% жир 1	D4	група	гліц1	D5	стегна1	D6	шия1	D7	
1	102,6	165,9	158	37,7	1	41,10	79,29	47,8	47,83	1	129	642,3	120	129,4	39	0,1
2	114,0	589,5	169	23,6	0	40,4	67,32	37,9	8,91	1	136	1046,1	115	40,6	48	86,1
3	79,3	108,6	164	0,0	1	29,5	7,26	43,8	8,50	1	109	28,6	107	2,6	38	0,5
4	78,0	137,4	176	140,6	1	25,2	48,93	26,3	212,70	1	94	93,2	103	31,6	40	1,6
5	95,9	38,2	168	14,9	1	34,00	3,26	44,7	14,56	1	117	178,1	122	178,9	38	0,5
6	83,5	38,7	170	34,3	0	28,9	10,86	27,6	176,47	1	97	44,3	101	58,1	42	10,8
7	81,7	64,3	160	17,1	1	31,9	0,09	45,3	19,50	1	117	178,1	111	5,6	38	0,5
8	128,7	1519,4	168	14,9	0	45,6	179,69	54	172,02	1	146	1793,0	123	206,6	46	53,0
9	132,1	1796,0	171	47,1	1	45,2	169,12	51	102,33	1	130	694,0	124	236,4	45	39,5
10	99,0	86,1	164	0,0	0	36,8	21,20	47,5	43,77	1	118	205,7	118	87,9	41	5,2
11	92,2	6,1	175	117,9	1	30,1	4,39	30	118,47	1	114	107,0	113	19,1	41	5,2
12	70,2	381,0	160	17,1	1	27,4	23,00	41,1	0,05	1	96	58,6	112	11,4	39	0,1
13	81,0	76,0	169	23,6	1	28,4	14,40	42,6	2,94	1	108	18,9	112	11,4	39	0,1
14	63,2	703,3	158	37,7	1	25,1	50,34	33,5	54,53	1	91	160,2	99	92,6	36	7,4
15	82,2	56,6	165	0,7	1	30,2	3,98	44,8	15,33	1	112	69,6	111	5,6	38	0,5
16	77,4	151,8	162	4,6	1	29,5	7,26	43,9	9,09	1	94	93,2	112	11,4	38	0,5
17	85,9	14,6	177	165,4	1	27,4	23,00	41,5	0,38	1	86	311,7	116	54,4	33	32,7
18	89,0	0,5	160	17,1	1	35,0	7,87	42,1	1,48	1	101	7,1	103	31,6	32	45,1
19	79,0	114,9	165	0,7	0	29,0	10,21	33,3	57,52	1	92	135,9	105	13,1	33	32,7
20	88,0	3,0	160	17,1	1	34,4	4,86	47,1	38,63	1	98	32,0	110	1,9	33	32,7
21	82,0	59,6	167	8,2	1	29,4	7,81	35,9	24,84	1	90	186,5	100	74,4	39	0,1
22	90,0	0,1	165	0,7	1	33,1	0,82	41,3	0,17	1	102	2,7	115	40,6	39	0,1
23	103,0	176,4	170	34,3	0	35,6	11,59	47,8	47,83	1	104	0,1	113	19,1	36	7,4
24	98,0	68,6	172	61,8	1	33,9	2,91	37,9	8,91	1	98	32,0	111	5,6	38	0,5
25	81,4	69,2	168	14,9	1	28,8	11,53	43,8	8,50	1	90	186,5	100	74,4	38	0,5
26	93,3	12,8	169	23,6	1	32,6	0,16	26,3	212,70	1	96	58,6	96	159,4	33	32,7
27	123,0	1107,5	174	97,2	0	40,6	70,64	44,7	14,56	1	129	642,3	110	1,9	32	45,1
28	98,0	68,6		26942,1	1	33,1	0,82	27,6	176,47	1	101	7,1	100	74,4	35	13,8
29	103,0	176,4	179	220,8	0	32,1	0,01	45,3	19,50	1	98	32,0	90	346,9	33	32,7

Рис. 5. Приклад розрахунку статистичних даних, зібраних із пацієнтів контрольної, основної та дослідної груп для лікування АГ і ожиріння

3) розрахунок різниці між середніми значеннями основної або дослідної групи з основним значенням здорової групи (M₂-M₁);

4) Побудова коваріаційної матриці для кожної групи окремо, при цьому C₁ = C₂ = C;

5) обрахунок відстані Махаланобіса за формулою (4).

Результати досліджень. Результати обрахунку виявились такі:

Відстань Махаланобіса між:	Відстань Махаланобіса ДО лікування:	Відстань Махаланобіса ПІСЛЯ лікування:
основною та здоровою групою	34,794	28,999
дослідною та здоровою групою	43,87	59,412
основною та дослідною групою	1,59	3,093

Висновки. Проаналізовано стан боротьби з ожирінням у світі та виявлено серйозну небезпеку цієї проблеми для здоров'я населення. Наслідками хронічного захворювання ожирінням, яке зростає у світі, можуть бути серцево-судинні захворювання, діабет 2 типу, захворювання суглобів та рак.

Наше дослідження використовує класифікацію образів з використанням функцій відстані, що дозволяє вимірювати подібність між векторами образів. Класифікація образів з використанням функцій відстані є ефективною, особливо у випадках, коли класи образів проявляють кластерні властивості. Обрання еталона має велике значення для створення класифікатора, що базується на мінімальній відстані. У цьому дослідженні використовується відстань Махаланобіса для вимірювання подібності між образами.

Результати розрахунків підтвердили однаковість вибірок згідно з критерієм Ст'юдента, і це є важливим показником для подальшого аналізу. Використання зазначеного методу Махаланобіса дало змогу встановити значення між різними групами: основна і здорова – 34,794, дослідна і здорова – 43,87, основна і дослідна – 1,59. Наведені дані свідчать про однорідність між основною і дослідною групами. Значення методу Махаланобіса змінилися після проведення лікування: між основною і здоровою – 28,999, між дослідною і здоровою – 59,412, між основною і дослідною – 3,093.

З отриманих результатів видно, що відстань між основною групою та групою здорових зменшилась. Отже, лікування, яке було надане основній групі (лікування 1), виявилось більш ефективним, ніж лікування, надане дослідній групі (лікування 2). Результати досліджень були представлені для обговорення на конференціях [17; 18].

Отримані результати дослідження підтверджують успішність класифікації образів з використанням функцій відстані за наявності виражених розмежувальних ознак у класах образів. Одержані результати мають велике значення для біомедичної інженерії, адже вони відкривають нові можливості та сприяють удосконаленню методів лікування ожиріння.

Враховуючи отримані результати, рекомендуємо практичне використання даного методу лікування в галузі медицини. Описаний підхід може бути використано для вдосконалення систем діагностики, а також для ефективнішого лікування ожиріння. Водночас важливо враховувати вибір еталона і відповідність класифікації потребам завдання.

Отже, в роботі вперше запропоновано використання відстані Махаланобіса як критерій оцінювання великої кількості різнопланових фізичних показників, знятих із біологічного об'єкта.

Список використаних джерел

1. Tou J. Pattern Recognition Principles Addison / J. Tou, R. Gonzalez. – London : Wesley Publishing Company, 1974. – 378 s.
2. Mills K. T. The global epidemiology of hypertension / K. T. Mills, A. Stefanescu, J. He // NatRevNephrol. – 2020. – № 16. – Pp. 223-237. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41581-019-0244-2>.
3. WHO Global Health Observatory. Prevalence of raised blood pressure: situation sandtrends [Electronic resource]. – Access mode: http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/blood_pressure_prevalence_text/en.

4. Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004 [Electronic resource] / C. L. Ogden, M. D. Carroll, L. R. Curtin, M. A. McDowell, C J. Tabak, K. M. Flegal // *JAMA*. – 2006. – Apr 5; 295(13). – Pp. 1549-55. – Access mode: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/202627>.
5. Cohen J. B. Hypertension in Obesity and the Impact of Weight Loss / J. B. Cohen // *Curr Cardiol Rep*. – 2017. – Aug 24; 19(10). – P. 98. DOI: 10.1007/s11886-017-0912-4. PMID: 28840500; PMCID: PMC5606235.
6. Association of Pharmacological Treatments for Obesity With Weight Loss and Adverse Events: A Systematic Review and Meta-analysis / R. Khera, M. H. Murad, A. K. Chandar, P. S. Dulai, Z. Wang, L. J. Prokop et al. // *JAMA*. – 2016. – № 315(22). – Pp. 24-34. DOI: 10.1001/jama.2016.7602.
7. Kotchen T. A. Obesity-related hypertension: epidemiology, pathophysiology, and clinical management / T. A. Kotchen. // *Am J Hypertens*. – 2010. – № 23. – Pp. 1170-1178.
8. DeMarco V. G. The pathophysiology of hypertension in patients with obesity / V. G. DeMarco, A. R. Aroor, J. R. Sowers // *NatRevEndocrinol*. – 2014. – Jun; 10(6) – Pp. 364-76.
9. Mark A. L. Selective leptin resistance revisited / Mark A. L. // *Am J PhysiolRegulIntegr Comp Physiol*. – 2013. – № 305(6). – Pp. 566-581.
10. Petrie J. R. Diabetes, hypertension, and cardiovascular disease: clinical insights and vascular mechanisms / J. R. Petrie, T. J. Guzik, R. M. Touyz // *Canadian Journal of Cardiology*. – 2018. – № 34(5). – Pp. 575-584.
11. Єременко В. С. Метод обробки результатів вимірювання медичних показників / В. С. Єременко, О. Б. Іванець, М. Ю. Буриченко // *Наукоємні технології*. – 2020. – № 3(47). – С. 392-398.
12. Methodological aspects of evaluating a homeostasis of a biological object / O. Kosheva, S. V. Boychenko, V. D. Kuzovik, O. B. Ivanets // *Proceedings of XIV International Conference on Modern Achievements of Science and Education (September 26 – October 3, 2019, Netanya, Israel)*. – Netanya, 2019. – С. 19-22.
13. Common Scientific and Statistical Errors in Obesity Research / J. B. George, T. M. Beasley, A. W. Brown et al. // *Obesity (Silver Spring)*. – 2016. – Apr; 24 (4). – Pp. 781-790. DOI: 10.1002/oby.21449.
14. Альперт С. І. Нові підходи до застосування різних методів знаходження базових мас при класифікуванні гіперспектральних космічних зображень / С. І. Альперт // *Математичні машини і системи*. – 2020. – № 1. – С. 30-42.
15. Статистичний аналіз даних вимірювань : навч. посіб. / В. С. Єременко, Ю. В. Куц, В. М. Мокійчук, О. В. Самойліченко. – Київ : НАУ, 2013. – 320 с.
16. Дорожовець М. Опрацювання результатів вимірювань : навч. посіб. / М. Дорожовець. – Львів : Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2007. – 624 с.
17. Використання критерію мінімуму відстані в задачах оптимізації комплексної терапії пацієнтів [Електронний ресурс] / О. В. Монченко, С. Г. Корчева, В. С. Єременко, О. В. Процюк, О. Ю. Гончарук // *Авіація в ХХІ столітті : матеріали Х Всесвіт конгресу. “Безпека в авіації та космічні технології”* (Київ, 28-30 верес. 2022 р.). – Київ : НАУ, 2022. – С. 4.1.38-4.1.42 – Режим доступу: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8657/7266> С.-4.1.38-4.1.42.
18. Методика опрацювання даних в лікуванні надлишкової ваги / О. В. Монченко, О. В. Монченко, С. Г. Корчева, В. С. Єременко, О. В. Процюк, О. Ю. Гончарук // *Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії : матеріали Міжнар. наук- практ. конф., присвяч. 20-річ. ювілею Фак-ту біомед. інженерії Київ. політех. ін-ту імені І. Сікорського (15-16 груд.2022, м. Київ) / упоряд.: О. І. Голембівська*. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – С. 60.

References

1. J.Tou, R. (1974). *Gonzalez Pattern Recognition Principles Addison*. Wesley Publishing Company.
2. Mills, K.T., Stefanescu, A., & He, J. (2020). The global epidemiology of hypertension. *NatRevNephrol*, 16, 223–237. <https://doi.org/10.1038/s41581-019-0244-2>.
3. WHO Global Health Observatory. Prevalence of raised blood pressure: situation and trends. http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/blood_pressure_prevalence_text/en.
4. Ogden C.L., Carroll M.D., Curtin L.R., McDowell M.A., Tabak C.J., & Flegal K.M. (2006 Apr 5). Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004. *JAMA*, 295(13), 1549-55.

5. Cohen, J.B. (2017 Aug 24). Hypertension in Obesity and the Impact of Weight Loss. *Curr Cardiol Rep.*, 19(10), 98. doi:10.1007/s11886-017-0912-4. PMID: 28840500; PMCID: PMC5606235.
6. Khera, R., Murad, M.H., Chandar, A.K., Dulai, P.S., Wang, Z., Prokop, L.J., et al. (2016). Association of Pharmacological Treatments for Obesity With Weight Loss and Adverse Events: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA*, 315(22), 2424–34. doi:10.1001/jama.2016.7602.
7. Kotchen, T.A. (2010). Obesity-related hypertension: epidemiology, pathophysiology, and clinical management. *Am J Hypertens*, 23, 1170–1178.
8. DeMarco, V.G., Aroor, A.R., & Sowers, J.R. (Jun 2014). The pathophysiology of hypertension in patients with obesity. *NatRevEndocrinol*, 10(6), 364-76.
9. Mark, A.L. (2013). Selective leptin resistance revisited. *Am J PhysiolRegulIntegr Comp Physiol.*, 305(6), R566–81.
10. Petrie, J.R., Guzik, T.J., & Touyz, R.M. (2018). Diabetes, hypertension, and cardiovascular disease: clinical insights and vascular mechanisms. *Canadian Journal of Cardiology*, 34(5), 575-584.
11. Eremenko, V.S., Ivanets, O.B., & Burychenko, M.Yu. (2020). The method of processing the results of measuring medical indicators. *Scientific technologies*, 3(47).
12. Kosheva, O., Boychenko, S.V., Kuzovik, V.D., & Ivanets, O.B. (September 26 – October 3, 2019). Methodological aspects of evaluating a homeostasis of a biological object. *Proceedings of XIV International Conference on Modern Achievements of Science and Education* (pp. 19-22).
13. George, J.B., Beasley, T.M., Brown, A.W., et al. (2016 Apr). Common Scientific and Statistical Errors in Obesity Research. *Obesity (Silver Spring)*, 24(4), 781–790. doi:10.1002/oby.21449.
14. Alpert, S.I. (2020). Novi pidkhody do zastosuvannya riznykh metodiv znakhodzhennia bazovykh mas pry klasyfikuvanni hiperspektralnykh kosmichnykh zobrazen [New approaches to the application of various methods of finding base masses in the classification of hyperspectral space images]. *Matematychni mashyny i systemy – Mathematical machines and systems*, 1.
15. Eremenko, V.S., Kuts, Yu.V., Mokiychuk, V.M., & Samoilenko, O.V. (2013). *Statystychnyi analiz danykh vymiriuvan [Statistical analysis of measurement data]*. NAU.
16. Dorozhovets, M. (2007). *Opratsiuvannya rezultativ vymiriuvan [Processing of measurement results]*. Publishing House of the National University “Lviv Polytechnic”.
17. Monchenko, O.V., Korcheva, S.G., Eremenko, V.S., Protsyuk, O.V., & Honcharuk, O.Yu. (2022). Vykorystannia kryteriiu minimuma vidstani v zadachakh optymizatsii kompleksnoi terapii patsientiv [Use of the minimum distance criterion in the tasks of optimization of complex therapy of patients]. *Aviatsiia v XXI stolitti : materialy X Vsesvit konhresu. “Bezpeka v aviatsii ta kosmichni tekhnologii” – Materials of the X World Congress “Aviation in the XXI Century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”* (pp. 4.1.38-4.1.42). NAU. <https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8657/7266>.
18. Monchenko, O.V., Monchenko, O.V., Korcheva, S.G., Yeremenko, V.S., Protsyuk, O.V., & Honcharuk, O.Yu. (December 15-16, 2022). Metodyka opratsiuvannya danykh v likuvanni nadlyshkovoi vahy [Methodology of data processing in the treatment of excess weight]. *Suchasnyi stan ta perspektyvy biomedychnoi inzhenerii : materialy Mizhnar. nauk- prakt. konf., prysviach. 20-rich. yuvileiu Fak-tu biomed. inzhenerii Kyiv. politekh. in-tu imeni I. Sikorskoho – Current state and prospects of biomedical engineering: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of the Faculty of Biomedical Engineering of the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute: electronic collection* (p. 60). KPI named after Igor Sikorsky.

Отримано 30.06.23

UDC 616-085(043.2)

Volodymyr Yeremenko¹, Olena Monchenko², Sofiia Korcheva³, Larysa Chubko⁴

¹Doctor of Technical Science, Chief of Department of Information Measuring Technology
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv, Ukraine)
E-mail: nau_307@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4330-7518>. Scopus Author ID: 56736964700

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor Department of Biocybernetics and Aerospace Medicine
National Aviation University (Kyiv, Ukraine)

E-mail: monchenko_olena@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8248-5704>
ResearcherID: AAN-1910-2020, ID Scopus: 56422110000

³Student of Department of Biocybernetics and Aerospace Medicine
National Aviation University (Kyiv, Ukraine)

E-mail: sofiakorceva@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2571-6131>

⁴PhD in Physical and Mathematical Sciences sciences, associate professor Department of Biotechnologies
National Aviation University (Kyiv, Ukraine)

E-mail: chubko_l@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4647-3156>

ResearcherID: [HLW-2771-2023](https://orcid.org/0000-0003-4647-3156). Scopus Author ID: [25626246400](https://orcid.org/0000-0003-4647-3156)

METHOD OF STATISTICAL EVALUATION OF THE RESULTS OF CLINICAL RESEARCH IN THE TREATMENT OF ARTERIAL HYPERTENSION AND OBESITY

Currently, the processing of a large amount of data, which have a different physical or biological nature, remains an important task, since all parameters have their own distribution laws, which in general differ from the Gaussian one. Such a set of data does not make it possible to apply standard methods of statistical processing. There is no general classification method either.

The analysis of research and publications made it possible to formulate the tasks of the research presented in the work, how to choose a relevant statistical approach that would optimally take into account the peculiarities of endocrinological research, which include anthropological, biochemical and other indicators. The paper proposes an approach based on image classification using distance functions.

The purpose of the article is to compare methods of treating obesity and hypertension using statistical data processing methods, namely by calculating the Mahalanobis distance between groups of patients and to prove the effectiveness of the new proposed method of treatment.

The article proposes a new approach to the statistical processing of a large amount of diverse data, based on the use of the Mahalanobis distance. The ways of decision-making based on the Mahalanobis distance measurement between a sample of relatively healthy patients and two samples of patients were considered: the main - a group of patients receiving a new treatment, and an experimental - a group of patients receiving standard treatment for excess weight and arterial hypertension.

Therefore, the paper proposes for the first time the use of the Mahalanobis distance as a criterion for evaluating a large number of diverse physical indicators taken from a biological object.

Keywords: Mahalanobis distance; statistical processing of medical data; information technologies in the processing of medical data.

Table: 1. Fig.: 5. References: 18.