

---

DOI: <https://doi.org/10.15407/kvt208.03.063>

CC BY-NC

**КІФОРЕНКО С.І.**, докт.біол.наук, старш.наук.співр.,  
пров. наук. співроб. відд. математичних і технічних  
методів у біології та медицині  
<https://orcid.org/00000000-0001-2345-6789>, e-mail: [skifor@ukr.net](mailto:skifor@ukr.net)

**БЄЛОВ В.М.**, докт.мед.наук, проф.  
зав. відд. математичних і технічних методів у біології та медицині  
<https://orcid.org/0000-80120001-9717>, e-mail: [motj@ukr.net](mailto:motj@ukr.net)

**ГОНТАР Т.М.**, канд.біол.наук, старш. наук.співр.,  
старш. наук. співр. відд. математичних і технічних  
методів у біології та медицині  
<https://orcid.org/0000-0002-9239-0709>, e-mail: [gtn\\_kiev@ukr.net](mailto:gtn_kiev@ukr.net)

**КОЗЛОВСЬКА В.О.**,  
наук. співр. відд. математичних і технічних  
методів у біології та медицині  
<https://orcid.org/0000-0001-5898-1639>, e-mail: [vittoria13apr@gmail.com](mailto:vittoria13apr@gmail.com)

**ОБЕЛЕЦЬ Т.А.**, аспірант,  
мол. наук. співр. відд. математичних і технічних  
методів у біології та медицині  
<https://orcid.org/0000-0002-9425-1470>, e-mail: [obel.tet@gmail.com](mailto:obel.tet@gmail.com)  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних  
технологій та систем НАН України і МОН України,  
40, пр. Академіка Глушкова, м. Київ, 03187, Україна

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ НОРМОМЕТРИЧНОГО ШКАЛЮВАННЯ ДЛЯ БАГАТОВИМІРНОГО ОЦІНЮВАННЯ РЕЗЕРВІВ ЗДОРОВ'Я**

---

*Вступ.* Одним з напрямів сучасних досліджень в галузі цифрової медицини є розроблення методологічної бази оцінювання, підтримки і керування персональним здоров'ям людини. Використання методології системного підходу для розв'язання біомедичних проблем є базисним для раціональної організації наукових досліджень на етапах діагностики, прогнозування і корегування стану здоров'я індивідуума та популяційних груп.

Наукове дослідження, яке спрямовано на розроблення інформаційної технології оцінювання резервів персонального здоров'я практично здорової людини на основі показників фізичного та психосоціального статусів, є актуальним і орієнтовано для використання на етапах донозологічної діагностики.

*Мета* статті — показати доцільність використання методів нормометричного шкалювання для кількісного оцінювання здоров'я організму і його резервних можли-

востей для донозологічної діагностики і активації адаптації в мінливих умовах зовнішнього середовища.

**Результати.** Розроблено алгоритм обчислення нормо-індексу різноякісних показників здоров'я за використання нормометричного шкалювання для багатовимірною оцінювання резервів здоров'я.

Розроблено інформаційне забезпечення алгоритмів розрахунку діапазону нормо-індексу для натурних і евристичних показників фізичного і психосоціального статусів здоров'я для потреб цифрової медицини.

Розроблено модулі програмно-алгоритмічного комплексу «Здоров'я-Резерв» для багатовимірною кількісного оцінювання резервних можливостей організму і особистості людини на основі системи шкал нормо-індексу для інформаційних мобільних технологій.

**Висновки.** Алгоритм розрахунку діапазону нормо-індексу для натурних і евристичних показників фізичного і психосоціального статусів здоров'я дає можливість збільшити роздільну здатність референтної зони показників, які враховуються в оцінюванні здоров'я людини.

Розроблення комп'ютерних модулів багатовимірною кількісного оцінювання здоров'я організму та особистості людини на основі шкал нормо-індексу дає змогу автоматизувати і оперативно проводити збирання даних за результатами обстежень, аналізувати динаміку діагностованих станів і може бути ефективним інструментом для скринінгу і моніторингу здоров'я населення, а реалізація розроблених технологій в мобільних Андрюїд-застосунках збільшує якість прийняття персональних рішень користувачем за рахунок розширення доступності та підвищення оперативності у забезпеченні необхідною інформацією для організації своєї життєдіяльності.

**Ключові слова:** нормометричне шкалювання, резерви здоров'я, кількісне оцінювання здоров'я, нормо-індекс показників, мобільні застосунки.

## ВСТУП

Сучасне уявлення про здоров'я людини пов'язано з формуванням гармонійної всебічно розвиненої особистості з максимальним розкриттям її потенційних життєвих сил. Здорова людина має здатність адекватно реагувати і адаптуватися за рахунок резервних можливостей організму до постійно мінливих умов біологічного, екологічного і соціального середовища, здатна вдосконалити себе та підтримувати високу особисту дієздатність. Такий стан людини досягається завдяки специфічним функціональним особливостям і складному комплексі регуляційних підсистем нейрогуморального характеру, який забезпечує узгоджену взаємодію багатьох систем організму.

Є близько ста визначень поняття «здоров'я». В преамбулі Статуту Всесвітньої організації охорони здоров'я (1948) говориться, що здоров'я — це не тільки відсутність хвороб або фізичних дефектів, а стан повного фізичного, психічного та соціального благополуччя. Ця дефініція визначає здоров'я в описових, неформалізованих категоріях благополуччя, проте відповідає головним вимогам, що висуваються до дефініцій — слугувати інструментом пізнання, давати можливість використання їх у практичних цілях. Спираючись на це визначення здоров'я і розуміння необхідності удосконалення вивчення цієї актуальної проблеми суспільства, у Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій і систем НАН та МОН України розроблено відкриту концепцію здоров'я [1]. За цією концепцією здоров'я розглядається як складно організована цілісна структура біологічної, психічної і соціальної природи, підкреслюючи триєдність фізичного, психічного та соціального її статусів. Для вивчення такої структури доцільно використовувати системний підхід. Системний підхід дає

зможу досліджувати об'єкт з позицій структурно-ієрархічної його організації. Основа вивчення категорії здоров'я ґрунтується на ієрархічній багатовимірній структурній організації всіх психофізіологічних підсистем організму, що забезпечують перебування його у здоровому стані. У самому терміні «багатовимірність» міститься уявлення про надійність, збалансованість, координованість, властива багатьом живим організмам.

Здорова людина зазвичай має здатність адекватно реагувати і *адаптуватися* до постійно мінливих умов навколишнього середовища за рахунок *резервних* можливостей її організму. Саме *достатня кількість резервів* забезпечує здатність пристосовуватися, вдосконалювати себе і підтримувати високу особисту дієздатність.

На наявність адаптаційних резервів функціонування людського організму звертали увагу Амосов М.М. [2], Апанасенко Г.Л. [3] та інші. Свого часу М.М. Амосов зазначав, що саме сумою резервних можливостей функціональних систем організму визначається кількість здоров'я, що можна обчислити за допомогою спеціальних резервних коефіцієнтів, які враховують відношення показника максимального споживання кисню за умов навантаження до цього ж показника у стані спокою. Проблематику різних аспектів дослідження і оцінювання адаптаційних механізмів активно досліджують та обговорюють у наукових статтях, монографіях, сайтах в Інтернеті, в яких наведено дані про сучасні підходи до оцінювання функціональних резервів та регуляторно-адаптаційних можливостей організму [4–9].

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Адаптивність — це фундаментальна властивість живої системи, яка базується на понятті гомеостазу. Її можна розглядати як цільову функцію багаторівневої ієрархічної системи керування життєдіяльністю людини, що безпосередньо залежить від кількісної складової резервних можливостей організму [10]. Кількісна оцінка резервів здоров'я необхідна як для аналізу поточного стану здоров'я, так і, у разі необхідності, для своєчасної активації керувальних впливів щодо поповнення таких резервів. Таке оцінювання надає обґрунтування доцільності застосування регульовальних засобів для підтримки фізіологічних процесів в гомеостатичному діапазоні і для раціонального розподілу функціональних можливостей в процесі життєдіяльності.

Кількісне уявлення про резерви базується на оцінюванні здоров'я в цілому і його складових та є необхідним для своєчасного звернення до відповідних спеціалістів за професійною валеологічною, або, за потреби, по медичну допомогу. Проблематика донозологічної діагностики здоров'я та різних його складових (фізичної, психологічної, соціальної), розглядається в роботах ряду дослідників, наприклад [10–14], в яких наведено використання сучасних методів і програмних засобів для оцінювання адаптаційних можливостей організму. Сучасні досягнення з використання інформаційних технологій в біології та медицині дають змогу підвищити ефективність кількісного оцінювання стану здоров'я на донозологічному рівні за рахунок розроблення і використання програмно-алгоритмічних засобів.

**Мета** статті — показати доцільність використання методів нормометричного шкалювання для кількісного оцінювання здоров'я організму і його резер-

вних можливостей для донозологічної діагностики і активації адаптації в мінливих умовах зовнішнього середовища.

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМНО-КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ РЕЗЕРВІВ ЗДОРОВ'Я**

Для вивчення складних систем різної природи, таких як соціальні, економічні, в тому числі і біологічні, які складаються з великої кількості компонентів, в сучасній науковій практиці широко використовується методологія *системного* аналізу. Основними фундаментальними принципами системності є: *цілісність та ієрархічність* організації складових таких систем [15, 16].

Зазначимо, що використовуючи системний підхід, досліджуваний об'єкт розглядається як цілісна система, водночас береться до уваги різноманіття зв'язків між складовими системи, які разом формують єдиний образ системи. Завдяки виконання ієрархічного структурування та декомпозиції цілісної системи на простіші складові, спрощується застосування практичного інструментарію для досягнення кінцевої мети дослідження.

Здоров'я людини розглядається як складна ієрархічна система, яка має систему зв'язків між складовими. На сьогодні використовують досить широкий набір способів, методів, методик оцінювання здоров'я та окремих його складових, які дають можливість отримати великий спектр якісних і кількісних показників про стан людини. Якісні показники ускладнюють формалізацію прийняття конкретних рішень. Вивчення методів кількісного оцінювання якісних характеристик об'єктів і процесів є предметом дослідження таких наукових дисциплін, як «Теорія вимірювань», «Кваліметрія». Саме кваліметричні методи надають якісним показникам кількісну форму як найзручнішу і точнішу для використання у сучасних системах керування [17, 18].

Підкреслимо, що для оцінювання здоров'я використовують два підходи: *об'єктивний та суб'єктивний*. До *об'єктивних* методів можна віднести лабораторно-інструментальні методики оцінювання фізичного здоров'я, функціональні проби, в яких використовуються реальні вимірювання і основані на них обчислювальні індекси. Перевага об'єктивних підходів є в тому, що виключається прямиий вплив досліджуваного, стан здоров'я якого оцінюється, на результат діагностики. Водночас дослідження, які проводять за допомогою інструментально-лабораторних методів, не виключають негативного впливу на результат оцінювання точності виконання вимірів і лабораторних аналізів, що може зумовити похибки в остаточних висновках.

Поряд з об'єктивними оцінками, не менш важливим є використання різних методів *суб'єктивного* оцінювання, які базуються на самоспостереженні та самоконтролі. Розповсюдженим засобом суб'єктивного оцінювання є використання тест-опитувальників, за допомогою яких реалізується кваліметричне перетворення якісних характеристик у кількісні оцінки в балах, які використовують в діагностичних процедурах [19]. Як у разі об'єктивного, так і у суб'єктивному оцінюванні здоров'я виникає проблема *багатовимірності*.

Багатопланове кількісне оцінювання стану здоров'я потребує використання таких методів, як кластерний, факторний аналіз, а також методів багатовимірного шкалювання [20, 21]. В наших дослідженнях технологію багатовимірного оцінювання стану здоров'я і його складників, з усіма внутрішніми структурними вкладеннями, подано ієрархічною системою шкал, які визначають парамет-

ри відібраних для вимірювання ознак, які базуються на кількісних або якісних їх характеристиках [22, 23].

Відомо, що від вибору метрики залежить результат кількісного аналізу. Кожна предметна область має свої особливості, критерії і правила прийняття рішень. Найпростішим елементом, що лежить в основі прийняття рішень, які формалізуються на підставі відповідних процедур порівнянь, є відстань. За розробленою нами системою шкалювання для оцінювання стану здоров'я, на кожній шкалі вибираються певні числові значення, які відповідають верхнім і нижнім межах всіх можливих значень показників (розмах) і межах діапазону норми. Від того, на якій відстані знаходиться величина показників, що вимірюються, від еталонних їх значень (норми), визначається і критерій стану їх якості.

*Поняття норми і поняття здоров'я* здаються нероздільними. У багатьох випадках їх просто ототожнюють, протиставляючи поняттю патології. Більшість показників життєдіяльності людини розділити на «норму» і «патологію» не завжди легко, а тому, щоб їх інтерпретувати, потрібно порівняння отриманих даних з показниками, встановленими в якості норми.

В медичній практиці нормальні показники лабораторних аналізів – це показники, отримані у здорових людей. Однак, в таких групах показники можуть мати різні значення, так як норма — поняття індивідуальне. Це зумовлено як персональними особливостями людського організму (особливостями обміну речовин, добових біологічних ритмів, функційного стану тих чи інших органів і їх систем), так і відмінностями за статтю, віком, фізіологічним станом.

Інформація, отримана внаслідок лабораторних аналізів, основана на виявленні та/або вимірі в досліджуваних зразках (біоматеріалах) конкретних осіб певних компонентів (аналітів), функційно або структурно пов'язаних з окремим органом або системою органів людини. Нормальні величини лабораторних показників встановлено в процесі клінічних досліджень на основі результатів вимірювання досліджуваних аналітів у великій популяції здорових людей, спеціально відібраних і згрупованих за віком, статтю або іншим біологічним чи іншим фактором. Отримані дані зведено до середніх значень, враховуючи статистично можливі стандартні відхилення їхніх величин. Тому точніше використовувати не поняття «норми» показника, а поняття «діапазону норми». Найпопулярніший наразі в оцінюванні результатів лабораторного дослідження термін «норма» використовується рідше. Замість нього говорять про *референтні значення*, а результати, отримані для конкретної особи (чи пацієнта), порівнюють з *референтним інтервалом (діапазоном)* [24]. Цей термін є точнішим, оскільки дає уявлення про статистично достовірні нижні і верхні межі варіацій норми показників. На сьогодні референтні значення встановлено для багатьох показників життєдіяльності людини. У своїх розробках щодо оцінювання стану функціонування систем організму і здоров'я в цілому ми також користуємось поняттям референтного діапазону, що відповідає діапазону норми показників, який використовується в практиці лабораторних досліджень.

Базуючись на описаних вище методологічних підходах, нами поставлено **мету** — розробити методи і алгоритми інформаційної технології кількісного оцінювання резервних можливостей організму і особистості на основі багатовимірного шкалювання сукупності референтних діапазонів

суб'єктивних і об'єктивних показників здоров'я людини з урахуванням запропонованого нами поняття діапазону нормо-індексу.

### АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАПАЗОНУ НОРМО-ІНДЕКСУ

У розробленій нами інформаційної технології діагностування і кількісного оцінювання здоров'я запропоновано нове поняття «нормо-індексу», на основі якого розроблено спеціальну шкалу оцінювання. Діапазон нормо-індексу є еталонним інтервалом зміни показника в межах референтного інтервалу, в який попадають найкращі значення. Для розрахунку діапазону нормо-індексу ми використали правило «золотого перетину» [25, 26].

Золотий перетин — це пропорція, згідно з якою відрізок ділиться на дві частини таким чином, що більша його частина відноситься до меншої так, як весь відрізок відноситься до більшої його частини. Розрахована константа такого розподілу дорівнює 1,67. В процентному відношенні ж менша частина відрізка становить 38%, а більша частина — відповідно, 62%. За цим правилом отримується тільки одна точка, яка ділить інтервал в «золотій пропорції». Для отримання інтервальної оцінки це правило застосовано симетрично з урахуванням лівої і правої меж референтного діапазону, що досліджується. На рис. 1 проілюстровано шкалу зміни натурних лабораторно вимірюваних показників референтної зони, в середині якої надано інтервал нормо-індексу, розрахованого за описаним правилом золотого перетину.

Як було зазначено вище, межі нормо-індексу — це, по суті, додатковий діапазон на шкалі вимірювань, що дає можливість збільшити роздільну здатність референтного діапазону, на якій показник змінюється в межах референтної норми  $[X_{\min}^{ref}, X_{\max}^{ref}]$ .

На шкалі (рис. 1) межі діапазону референтних значень показників позначено точками  $X_{\min}^{ref}$  — мінімальне значення показника,  $X_{\max}^{ref}$  — максимальне значення показника. Усередині цього інтервалу, за описаним правилом обчислення золотого перетину, позначено інтервал зміни нормо-індексу —  $[X_{\min}^{Nind}, X_{\max}^{Nind}]$ . Це теоретично обчислений діапазон, який можна трактувати як еталон (ідеальна норма, або оптимум норми). Інтервал на шкалі, що знаходиться за зовнішніми межами еталону норми до граничних значень референтного діапазону, можна інтерпретувати як додаткову зону, що приймається нами за можливий ресурс активації резервів.



Рис. 1. Шкала зміни для лабораторно вимірюваних показників

Витрати цього ресурсу за наближенням до граничних значень референтної зони можна обчислити за таким алгоритмом. Якщо вимірюване значення показника ( $X_i$ ), який характеризує функціонування певної фізіологічної системи або комплексу систем, знаходиться у межах діапазону нормоіндексу (еталону норми), тобто —  $X_{min}^{Nind} \leq X_i \leq X_{max}^{Nind}$ , то функціональний резерв здоров'я цієї системи у досліджуваній особі ще зовсім не витрачено і дорівнює 100%.

Якщо  $X_{max}^{Nind} < X_i \leq X_{max}^{ref}$ , то резерв здоров'я, за умови наближення значення показника до максимальної межі референтної зони, обчислюється за формулою:

$$X^{RZ} = \frac{X_{max}^{ref} - X_i}{X_{max}^{ref} - X_{max}^{Nind}}.$$

Якщо  $X_{min}^{ref} < X_i \leq X_{min}^{Nind}$ , то резерв здоров'я у разі наближення значення показника до мінімальної межі референтної зони, обчислюється за формулою:

$$X^{RZ} = \frac{X_i - X_{min}^{ref}}{X_{min}^{Nind} - X_{min}^{ref}}.$$

Якщо значення показників виходять за межі референтної зони, тобто  $X_i < X_{min}^{ref}$  або  $X_i > X_{max}^{ref}$ , то в цьому випадку надається рекомендація звернутись до лікаря-фахівця ( залежно від досліджуваної фізіологічної системи).



Рис. 2. Шкала зміни бальних показників

**Таблиця 1.** Розраховані інтервали значень нормо-індексів  $[X_{min}^{Nind}, X_{max}^{Nind}]$  та резервів здоров'я  $X^{RZ}$  за кожним лабораторно вимірним показником

Показники	$X_i$	$X_{min}^{ref}$	$X_{max}^{ref}$	$X_{min}^{Nind}$	$X_{max}^{Nind}$	$X^{RZ}$
<b>Серцево-судинна система</b>						
ЧСС, уд/хв	60	55	85	66,40	73,60	43,9
АТС, мм рт. ст.	105	100	140	115,20	124,80	32,9
АТД, мм рт. ст.	65	60	90	71,40	78,60	43,9
<b>Показники кислотно-лужного стану крові</b>						
Ph крові	7,36	7,35	7,45	7,39	7,41	26,3
pCO <sub>2</sub> , мм. рт. ст.	36	35	45	38,80	41,20	26,3
pO <sub>2</sub> , мм. рт. ст.	85	80	105	89,50	95,50	52,6
Бікарбонат (HCO <sub>3</sub> ) ммоль/л	22	21,7	27,65	23,96	25,39	13,3
<b>Формені елементи крові</b>						
Гемоглобін, г/л	130	124,5	165	139,89	149,61	35,7
Лейкоцити *10 <sup>9</sup> /л	5	4	9	5,90	7,10	52,6
Тромбоцити *10 <sup>9</sup> /л	190	150	450	264,00	336,00	35,1
Гематокрит %	40	38	47	41,42	43,58	58,5
<b>Показники білкового обміну</b>						
Заг. білок, г/л	65	62	82	69,60	74,40	39,5
Альбумін, г/л	41	37	54	43,46	47,54	61,9
Фібриноген, г/л	2,5	2	4	2,76	3,24	65,8
Креатинін, мкмоль/л	67	59	95	72,68	81,32	58,5
<b>Показники вуглеводного обміну</b>						
Глюкоза, ммоль/л	4,3	4,1	5,6	4,67	5,03	35,1
Молочна кисл., ммоль/л	0,65	0,4	1,4	0,78	1,02	65,8
Аміак, мкмоль/л	11	11	32	18,98	24,02	0,0
<b>Показники електролітного обміну</b>						
Калій, ммоль/л	3,6	3,5	4,5	3,88	4,12	26,3
Натрій, моль/л	139,42	136	145	139,42	141,58	100,0
Хлор, ммоль/л	99	98	107	101,42	103,58	29,2
Кальцій заг., ммоль/л	2,1	2	2,5	2,19	2,31	52,6
Кальцій іоніз. ммоль/л	1,16	1,15	1,33	1,22	1,26	14,6
Фосфор, ммоль/л	0,89	0,87	1,45	1,09	1,23	9,1
Магній, ммоль/л	0,75	0,72	1,23	1,91	1,04	15,5



У табл. 1 наведено приклади обчислених за правилом «золотого перетину» інтервалів нормо-індексів (еталонних значень) для низки показників, які часто використовують в лабораторній діагностиці. У рядках таблиці наведено список вимірюваних показників, а у стовпчиках таблиці — відповідні цим показникам референтні межі (мінімальна  $X_{min}^{ref}$  і максимальна  $X_{max}^{ref}$ ) та розраховані еталонні значення, тобто межі нормо-індексу (максимальне —  $X_{max}^{Nind}$  та мінімальне —  $X_{min}^{Nind}$ ). Також наведено результати розрахунку резервів здоров'я  $X^{RZ}$  для конкретно отриманих значень показників, які знаходяться в інтервалі —  $X_{min}^{ref} < X_i \leq X_{min}^{Nind}$ .

Надано кількісну інформацію про наявність резервів за кожним біохімічним показником на момент вимірювання.

Функціональні резерви організму — це складна система, фундаментом якої є біохімічні, а вершиною — психічні резерви. Фізіологічні резерви за допомогою механізмів нейрогуморальної регуляції інтегрують у єдине ціле систему функціональних резервів.

Для показників стану здоров'я, вимірюваних в балах у разі суб'єктивного тестування (зокрема опитування), розроблено спеціальну бальну шкалу (рис. 2).

Діапазон можливих значень набраних балів за результатами тестування (опитування) змінюється від нуля до значення  $X_{max}^{ref}$ , яке залежить від конкретних показників та вибраної процедури тестування. В цьому варіанті обчислень мінімальне референтне значення бального показника  $X_{min}^{ref}$  — це кількість балів, призначене експертним шляхом, що базується на особистому досвіді експерта та аналізі літературних джерел. Діапазон зміни нормо-індексу для бальних показників збігається з референтним діапазоном, тобто нижній межі діапазону нормо-індексу  $X_{min}^{Nind}$  відповідає значення  $X_{min}^{ref}$ , а верхній межі  $X_{max}^{Nind}$  —  $X_{max}^{ref}$ . На відміну від шкали лабораторних показників, діапазон активації резервів в цьому випадку визначається від нуля до мінімального референтного значення  $X_{min}^{ref}$ . Граничну точку діапазону активації резервів позначено  $X^{RZ}$ , яка обчислюється за правилом «золотого перетину», аналогічно з попереднім варіантом, як це проводилось для лабораторних показників.

## **КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА «ЗДОРОВ'Я—РЕЗЕРВ» ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ І КОРЕКЦІЇ ПЕРСОНАЛЬНИХ РЕЗЕРВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ**

Сучасні технологічні прийоми спрямовано на перспективне розроблення алгоритмів і програмних модулів для оцінювання здоров'я та його компонентів як для комп'ютерної реалізації, так і для використання у мобільних застосунках. Крім цього, розроблено різні варіанти автоматизованих програм для кількісного оцінювання здоров'я, які широко використовуються у практиці профілактичних обстежень населення [13, 14].

Нами розроблено програмно-алгоритмічний комплекс «Здоров'я-Резерв» для багатовимірного кількісного оцінювання резервних можливостей організму і особистості людини на основі системи шкал нормо-індексу для потреб медичних інформаційних технологій. Огляд сучасного рівня розвитку комп'ютерної техніки свідчить про стрімке розповсюдження у повсякденному житті портативних електронних пристроїв різного призначення та застосунків для використання у мобільних пристроях, смартфонах, пристроях моніторингу стану здоров'я, персональних цифрових помічниках різного призначення. Особливо зростає індустрія різних мобільних медичних сервісів (m-Health-індустрія) — пристроїв, застосунків і програмних продуктів, призначених для роботи з медичними даними для керування персональним здоров'ям. Про сучасний стан мобільної охорони здоров'я та напрямів її розвитку йдеться, наприклад, в роботі [14]. Незважаючи на велику кількість вже запропонованих програмних засобів, необхідно зазначити, що актуальність їх розроблення не знижується. Це пов'язано зі специфікою завдань та варіантів тестування, віковими та персональними особливостями стану здоров'я тощо.

На основі розробленої інформаційної технології оцінювання здоров'я людини створено мобільний застосунок «Здоров'я-Резерв», у якому є модулі «Здоров'я-Резерв Фізичне» і «Здоров'я-Резерв Психосоціальне». Мобільний застосунок розроблено під операційну систему Android для використання у мобільних смарт-пристроях і реалізовано за допомогою такого інструментарію, засобів і мов програмування: Android studio — середовище програм для мобільних пристроїв з операційною системою Android; Java — об'єктно-орієнтована мова програмування; SQLite- вбудована реляційна база даних платформи Android.

**Модуль «Здоров'я-Резерв Фізичне».** Фізичне здоров'я є найважливішим компонентом у складній структурі стану здоров'я. У рамках прийнятої концепції триєдності фізичного, психічного та соціального здоров'я, фізичний статус є еволюційно базисним статусом загального здоров'я людини і йому належить відповідальна роль у матеріально-енергетичному забезпеченні функціонування всіх фізіологічних систем та організму в цілому. Є досить широкий набір способів і методів оцінювання здоров'я в цілому та окремих його складових, що базується на введенні кількісно-якісних засобів, які розкривають властивості досліджуваних систем. Зазначимо, що методи оцінювання фізичного здоров'я можна розподілити на інвазивні і неінвазивні.

Згідно з розробленою нами раніше інформаційно-ієрархічною структурою здоров'я, фізичне здоров'я має три складові: внутрішні *фізіологічні системи* (серцево-судинна, система дихання тощо), *керувальні системи* (ендокринна, нервова, імунна) і *виконавча система*, яка безпосередньо відповідає за можливості взаємодії з зовнішнім середовищем за рахунок рухової активності.

Важливим для оцінювання фізичного здоров'я є дослідження різних біохімічних показників за результатами лабораторних аналізів. Приклади обчислень інтервалів зміни нормо-індексів для показників, найпоширеніших у практиці лабораторних досліджень, і відповідні до них величини їхніх резервів наведено в таблиці 1.

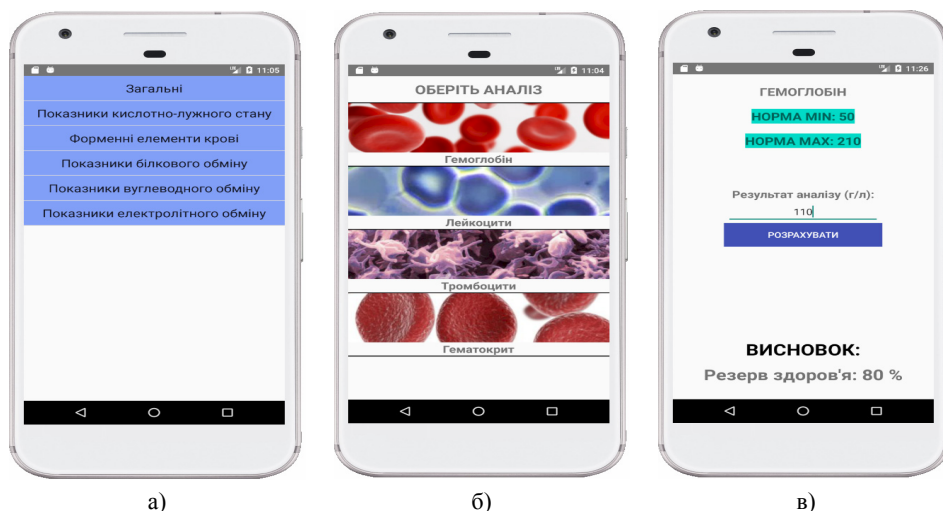
Індикатором стану фізичного здоров'я, на наш погляд, є такі складові виконавчої системи, як фізичний розвиток, фізична і функціональна підготовленість. Виконавча складова фізичного здоров'я оцінюється нами за

неінвазивними методиками. Це досить розповсюджена сукупність методів, оснований на обчисленнях індексів, пов'язаних з антропометричними характеристиками організму і з можливостями щодо активної діяльності і виконання фізичних навантажень.

На рис. 3 проілюстровано фрагменти призначеного для користувача інтерфейсу мобільного застосунку «Здоров'я-Резерв», де надано стартове вікно запуску програми (рис.3а), за активації якого відкривається можливість роботи з конкретними модулем застосунку «Здоров'я-Резерв-Фізичне» (рис.3б).



**Рис. 3.** Початкові скриншоти користувацького інтерфейсу застосунку «Здоров'я-Резерв»: а — стартове вікно запуску програми, б — вікно запуску модулю «Здоров'я-Резерв-Фізичне»



**Рис. 4.** Екранні форми користувацького інтерфейсу модулю «Здоров'я-Резерв-Фізичне» для оброблення лабораторних даних/результатів: а — список поширених груп показників лабораторних досліджень, б — вікно вибору конкретних показників, в — результати розрахунку діапазону нормо-індексу та резерву здоров'я за конкретним показником

У цьому модулі реалізовано, зокрема, можливість розрахунку резервів здоров'я за шкалою референтного діапазону зміни окремих показників з урахуванням нормо-індексу. Такі розрахунки виконуються за наявності результатів лабораторних біохімічних аналізів. Деякі фрагменти користувацького інтерфейсу модулю «Здоров'я-Резерв Фізичне» наведено на рис. 4, де рис. 4а ілюструє наведений для вибору список груп поширених лабораторних досліджень; рис. 4б — вікно вибору конкретного показника, а рис. 4в — результати розрахунку діапазону нормо-індексу та резерву здоров'я за конкретними показниками.

**Модуль «Здоров'я-Резерв-Психосоціальне».** Для оцінювання і корегування психосоціального статусу здоров'я особистості розроблено модуль «Здоров'я-Резерв Психосоціальне».

Підвищена значимість психосоціального здоров'я у сучасному суспільстві вимагає вивчення його як інформаційної проблеми в контексті цілісного підходу до людини. У зв'язку з цим теоретичне осмислення проблеми психосоціального здоров'я як складової статусу інтегрального здоров'я з позицій нових інформаційних технологій також було у центрі уваги наших досліджень.

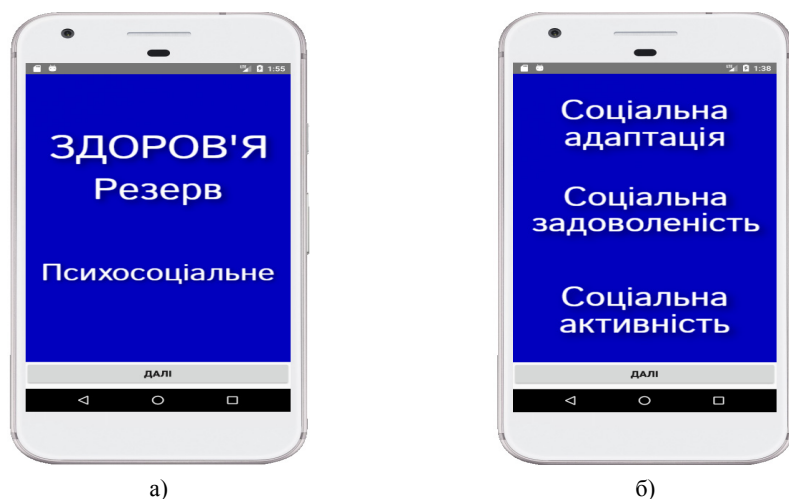
Зазначимо, що здоровим у соціальному аспекті часто сприймають такого суб'єкта, який має здатність активно адаптуватися до постійно мінливих умов соціального середовища за підтримки високої персональної дієздатності. Критерієм оцінювання стану психосоціального здоров'я, на нашу думку, повинен бути не тільки рівень здатності людини до пристосування в навколишньому середовищі в широкому розумінні цього поняття, але і його самовідчуття, рівень внутрішнього комфорту чи задоволення. За нашими уявленнями, соціально здорова людина — це людина, адаптована до соціального середовища, яка перебуває у стані соціального та душевного комфорту в динаміці особистісно-середовищної взаємодії за умови її адекватної моральної поведінки. Виходячи з таких передумов, нами було розроблено інформаційну модель психосоціального статусу здоров'я, методику тестування за допомогою опитувальника та алгоритм кількісного оцінювання його стану.

Розроблений нами опитувальник складається з 27 запитань, розділених на три групи, які належать до різних сфер життя людини: фізичних умов проживання людини, умов її трудової діяльності, міжособистісних стосунків у соціумі та сім'ї. Запитання кожної групи сформульовано так, щоб відображати низку аспектів внутрішнього та зовнішнього реагування людини на соціальне оточення. Виділено такі аспекти внутрішнього та зовнішнього реагування людини.

1. Соціальна адаптація — рівень адаптації людини до її соціального оточення, ступінь комфортності у соціумі.

2. Соціальна задоволеність — рівень психологічної напруги, ступінь внутрішнього дискомфорту за суб'єктивного сприйняття людиною її життєвої ситуації.

3. Соціальна активність — тип адаптації у соціальному середовищі, варіант можливої поведінки людини у тій чи іншій ситуації, стиль вирішення нею своїх проблем.



**Рис. 5.** Екранні форми користувацького інтерфейсу модулю «Здоров'я-Резерв-Психосоціальне»: а — стартове вікно запуску програми, б — стартове вікно вибору складових модулю: соціальна адаптація, соціальна задоволеність, соціальна активність

Ці три аспекти є трьома складовими оцінки стану психосоціального здоров'я людини. Отримані в результаті проведення анкетування та обчислення бальні результати за кожною складовою оцінки психосоціального статусу необхідно уніфікувати та нормувати шляхом переведення їх у відносні оцінки, які змінюються від нуля до одиниці. Алгоритм визначення діапазону нормо-індексу показників стану психосоціального здоров'я, вимірюваних в балах за результатом проведення суб'єктивного тестування, наведено вище.

Проведення тестування орієнтовано на отримання діагностичних висновків про стан психосоціального статусу опитуваного, які надаються у цифровому та вербальному вигляді.

Фрагменти призначеного для користувача інтерфейсу модулю «Здоров'я-Резерв Психосоціальне» проілюстровано на рис. 5, де на рис. 5а наведено стартове вікно запуску програми «Здоров'я-Резерв Психосоціальне», за активації якого відкривається можливість роботи з конкретними функціональними складовими статусу (рис. 5б). Водночас надається можливість оцінювання стану психосоціального стану здоров'я за трьома складовими: соціальна адаптація, соціальна задоволеність, соціальна активність. Відповідно до розрахованих кількісних значень цих складових надаються рекомендації щодо підтримки резервів або корегування стану психосоціального статусу здоров'я.

Зазначимо, що адаптаційні можливості організму знижуються зі зменшенням резервів. Це відбувається поступово і є однією з основних причин виникнення та розвитку патологій. Тому дуже важливо знати динаміку резервних запасів для вибору керувальних дій з метою підтримки адаптаційних можливостей організму в мінливих умовах зовнішнього середовища.

Розповсюдження інформаційно-комп'ютерних систем такого типу та їх впровадження в мобільні пристрої дає змогу підвищити комфортність

використання користувачами за рахунок доступності проведення неінвазивного самообстеження і підтримки прийняття рішень у виборі оздоровчих заходів, оскільки це не вимагає складних прийомів контролювання стану свого здоров'я і є необхідним складником сучасної культури людини.

## ВИСНОВКИ

Головною спрямованістю цього дослідження є оцінювання резервів персонального здоров'я практично здорової людини на основі показників фізичного та психосоціального статусів.

Використання методології нормометричного шкалювання для багатовимірного оцінювання резервів здоров'я з урахуванням розробленого алгоритму розрахунку діапазону нормо-індексу для натурних і евристичних показників фізичного і психосоціального статусів здоров'я дає можливість збільшити роздільну здатність референтної зони вимірюваних показників, які враховують під час кількісного оцінювання здоров'я людини.

Розроблення комп'ютерних модулів багатовимірного кількісного оцінювання фізичного здоров'я організму та особистості людини на основі шкал нормо-індексу дає змогу автоматизувати і оперативно збирати результати обстежень, аналізувати динаміку діагностованих станів і може бути ефективним інструментом для скринінгу і моніторингу резервної складової здоров'я населення.

Реалізація розроблених технологій в мобільних Андроїд-застосунках збільшує якість прийняття персональних рішень користувачем за рахунок розширення доступності та підвищення оперативності у забезпеченні необхідною інформацією для організації своєї життєдіяльності. Кількісне оцінювання резервних можливостей дає змогу користувачеві раціонально планувати індивідуальний вибір оздоровчих або реабілітаційних заходів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Антомонов Ю.Г., Белов В.М., Гриценко В.И. и др. Открытая концепция здоровья. Киев: Изд-во Ин-та кибернетики им. В.М. Глушкова, 1993. 27 с.
2. Амосов Н.М. Моя система здоровья. Киев: Здоров'я, 1997. 56 с.
3. Апанасенко Г.Л. Индивидуальное здоровье: теория и практика управления, информационные аспекты. *Медицинская информатика и инженерия*. 2009. № 4. С. 61–64.
4. Menatti L., Bich, L., Saborido C. Health and environment from adaptation to adaptivity: a situated relational account. *Biology and Philosophy*. 2022. 31(2). P. 237–265. URL: <https://doi.org/10.1007/s40656-022-00515-w>
5. Маракушин Д.І., Чернобай Л.В., Ісаєва І.М. та ін. Функціональні резерви організму як показник ефективності регуляторних процесів, що забезпечують адаптацію організму до дії факторів навколишнього середовища. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2020. Т. 5. № 1 (23). С. 21–29.
6. Cullati S., Kliegel M., Widmer E. Development of reserves over the life course and onset of vulnerability in later life. *Nature Human Behaviour*. 2018. 2(8). P. 551–558.
7. Folke K., Colding J., Berkes F. Synthesis: formation of stability and adaptability in socio-ecological systems. *Navigation of socio-ecological systems: building resilience to complexity and change*. 2003. 9 (1). P. 352–387.
8. Kooyman S. A. L. M. Quantitative aspects of metabolic organization: a discussion of concepts. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2001. 356(1407). P. 331–349.

9. Sadikova A.B. Valeology And Philosophy Of Life. *The American Journal of Social Science and Education Innovations*. 2021. 3(12). P. 82–86.
10. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и проблема восстановительной медицины. *Вестник восстановительной медицины*. 2004. № 2. С. 18–22.
11. Апанасенко Г.Л. Попова Л.А., Магльованый А.В. Санология. Основы управления здоровьем. LAMBERT AcademicPublishing, 2012. 404 с.
12. Лазуренко С.І., Білошицький С.В., Семенов А.М. Адаптація та адаптаційні можливості людини. *Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами*. 2014. № 11. С. 194–207.
13. Кравченко В.В. Информационно-технологические аспекты контроля и оценивания физического здоровья. *Вісник Київського національного університету. Серія Кібернетика*. 2014. №1(14). С.27–32.
14. Истомин А.Г., Ткаченко А.В. Современные методы и аппаратно-программные комплексы для оценки адаптационных возможностей и уровня здоровья организма человека. Харьков: Харьковский национальный медицинский университет, 2010.
15. Wasson C.S., Charles S. System engineering analysis, design, and development: Concepts, principles, and practices. JohnWiley&Sons, 2015.
16. Rebizant W., Janusz Sz., Wiszniewski A. Fundamental of System Analysis and Synthesis. Digital Signal Processingin Power System Protection and Control. Springer, London, 2011. 29–52.
17. Shultz K. S., Whitney D. J., Zickar M. J. Measurement theory in action: Case studies and exercises. Routledge, 2020. 434 p.
18. Argotti Y., Baron C., & Esteban P. Quality quantification in systems engineering from the qualimetry eye. *IEEE International Systems Conference*. 2019, April, pp. 1–8.
19. Макаричева В.В. Інформаційно-комп'ютерна система оцінювання фізичної складової здоров'я. *Управляющие системы и машины*. 2016. №1. С. 81–91.
20. Davison M.L. Multidimensional scaling. Minnesota: University of Minnesota, 1987. 254 p.
21. Хазеева Н.М. Применение многомерного шкалирования в социологических исследованиях: краткий обзор. URL: <https://studfile.net/preview/594480/>
22. Антомонов М.Ю., Волощук Е.В. Конструирование интегральных показателей количественных признаков с помощью одномерных и многомерных методов статистики. *Кибернетика и вычислительная техника*. 2012. Вып. 167. С. 61–68.
23. Кифоренко С.И., Котова А.Б. Многомерность как базис системности оценки здоровья. *Кибернетика и вычислительная техника*. 2006. Вып. 150. С. 60–69.
24. Луцик Б.Д., Лаповець Л.Є., Лебедь Г.Б. Клінічна лабораторна діагностика: навч. посіб. Київ: Медицина, 2011. 208 с.
25. Белов В.М., Котова А.Б., Кифоренко С.И. Принцип золотого сечения в контексте количественного оценивания здоровья. Нормо-индекс. *Управляющие системы и машины*. 2016. №1. С.73–80.
26. Karabayev M., Gasanova N., Batirov M., Kosimova G. Principles and constants of the golden proportion as a criterion in donosological diagnostics of the functional states of the body and in the assessment of the probability of their changes. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2022. (77-1). 19–27.

Отримано 03.06.2022

## REFERENCES

1. Antomonov Yu.G., Belov V.M., Gritsenko V.I. et al. Open concept of health. Kyiv: Preprint, Institute of Cybernetics V.M. Glushkova, 1993. 27 p. (In Russian)
2. Amosov N.M. My health system. Kyiv: Health, 1997. 56 p. (In Russian)
3. Apanasenko G.L. Individual health: theory and practice of management, informational aspects. *Medical informatics and engineering*. 2009, no. 4, pp. 61–64. (In Russian)

4. Menatti L., Bich L., Saborido C. Health and environment from adaptation to adaptivity: a situated relational account. *Biology and Philosophy*. 2022, 31(2), pp. 237–265. URL: <https://doi.org/10.1007/s40656-022-00515-w> (In Ukrainian)
5. Marakushin D.I., Chernobai L.V., Isayeva I.M. et al. Functional reserves of the organism as an indicator of the effectiveness of regulatory processes that ensure the adaptation of the organism to the action of environmental factors. *Ukrainian Journal of Medicine. Biology and Sports*. 2020. Vol. 5, no. 1 (23), pp. 21–29. (In Ukrainian)
6. Cullati S., Kliegel M., Widmer E. Development of reserves over the life course and onset of vulnerability in later life. *Nature Human Behaviour*. 2018. 2(8), pp. 551–558.
7. Folke K., Colding J., Berkes, F. Synthesis: formation of stability and adaptability in socio-ecological systems. *Navigation of socio-ecological systems: building resilience to complexity and change*. 2003. 9 (1), pp. 352–387.
8. Kooijman S. A. Quantitative aspects of metabolic organization: a discussion of concepts. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2001. 356(1407), pp. 331–349.
9. Sadikova A.B.Q. Valeology And Philosophy Of Life. *The American Journal of Social Science and Education Innovations*. 2021. 3(12), pp. 82–86.
10. Baevsky R.M. Evaluation of the adaptive capabilities of the body and the problem of restorative medicine. *Bulletin of restorative medicine*. 2004, no. 2, pp. 18–22. (In Russian)
11. Apanasenko G.L. Popova L.A., Maglovany A.V. Sanology. Fundamentals of health management. LAMBERT Academic Publishing, 2012. 404 p. (In Russian)
12. Lazurenko S.I., Biloshitsky S.V., Semenov A.M. Adaptation and adaptive capacity of people. *Actual problems of training and development of people with special needs*. 2014, no. 11, pp.194–207. (In Ukrainian)
13. Kravchenko V.V. Information technology aspects of control and evaluation of physical health. *Bulletin of the Kiev National University. Series Cybernetics*. 2014, no. 1(14), pp. 27–32. (In Russian)
14. Istomin A.G., Tkachenko A.V. Modern methods and hardware-software complexes for assessing the adaptive capabilities and the level of health of the human body. Kharkov: Kharkov National Medical University, 2010. (In Russian)
15. Wasson C.S., Charles S. System engineering analysis, design, and development: Concepts, principles, and practices. JohnWiley&Sons, 2015.
16. Rebizant W., Janusz Sz.,Wiszniewski A. Fundamental sof System Analysis and Synthesis. Digital Signal Processing in Power System Protection and Control. Springer, London, 2011. 29–52.
17. Shultz K.S., Whitney D.J., Zickar M.J. Measurement theory in action: Case studies and exercises. Routledge, 2020. 434 p.
18. Argotti Y., Baron C., Esteban P. Quality quantification in systems engineering from the qualimetry eye. In IEEE International Systems Conference. 2019, April, pp. 1–8.
19. Makaricheva V.V. Information-computer system for assessing physical warehouse health. *Control systems and machines*. 2016, no. 1, pp. 81–91. (In Ukrainian)
20. Davison M.L. Multidimensional scaling. Minnesota: University of Minnesota, 1987. 254 p.
21. Khazeeva N.M. The use of multidimensional scaling in sociological research: a brief review. URL: <https://studfile.net/preview/594480/> (In Russian)
22. Antomonov M.Yu., Voloshchuk E.V. Construction of integral indicators of quantitative traits using one-dimensional and multidimensional statistical methods. *Kibernetika i vyčislitel'naâ tehnika*. 2012. Iss. 167, pp. 61–68. (In Russian)
23. Kiforenko S.I., Kotova A.B. Multidimensionality as a basis for systematic health assessment. *Kibernetika i vyčislitel'naâ tehnika*. 2006. Iss. 150, pp. 60–69. (In Russian)
24. Lutsyk B.D. Lapovets L.E., Swan G.B. Clinical laboratory diagnostics: training. Manual. Kyiv: Medicine, 2011. 208 p. (In Ukrainian)
25. Belov V.M., Kotova A.B., Kiforenko S.I. The principle of the golden section in the context of the quantitative assessment of health. Normo index. *Control systems and machines*. 2016,no. 1, pp.73–80. (In Russian)



26. Karabayev M., Gasanova N., Batirov M., Kosimova G. Principles and constants of the golden proportion as a criterion in donosological diagnostics of the functional states of the body and in the assessment of the probability of their changes. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2022. Iss. (77-1), pp. 19–27.

Received 03.06.2022

*Kiforenko S.I.*, DSc (Biology), Senior Researcher,  
Leading Researcher, the Department of Mathematical and Technical  
Methods in Biology and Medicine

<https://orcid.org/00000000-0001-2345-6789>, e-mail: skifor@ukr.net

*Belov V.M.*, DSc (Medicine), Professor,  
Head of the Department of Mathematical and Technical  
Methods in Biology and Medicine

<https://orcid.org/0000-80120001-9717>, e-mail: motj@ukr.net

*Hontar T.M.*, PhD (Biology), Senior Researcher,  
Senior Researcher, the Department of Mathematical and Technical  
Methods in Biology and Medicine

<https://orcid.org/0000-0002-9239-0709>, e-mail: gtm\_kiev@ukr.net

*Kozlovska V.O.*,  
Researcher, the Department of Mathematical and Technical  
Methods in Biology and Medicine

<https://orcid.org/0000-0001-5898-1639>, e-mail: vittoria13apr@gmail.com

*Obelets T.A.*, PhD student,  
Junior Researcher, the Department of Mathematical and Technical  
Methods in Biology and Medicine

<https://orcid.org/0000-0002-9425-1470>, e-mail: obel.tet@gmail.com

International Research and Training Center for Information Technologies  
and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine  
and the Ministry of Education and Science of Ukraine,  
40, Acad. Glushkov av., Kyiv, 03187, Ukraine

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF USING NORMOMETRICAL SCALING FOR MULTIDIMENSIONAL ASSESSMENT OF HEALTH RESERVES

**Introduction.** *One of the directions of modern research in the field of digital medicine is the development of a methodological base for assessing, supporting and managing personal health. The use of the methodology of a systemic approach to solving biomedical problems is fundamental for the rational organization of scientific research at the stages of diagnosis, forecasting and correction of the health state of individuals and population groups.*

*Scientific research, which is aimed at the development of information technology for assessing personal health reserves of a practically healthy person based on indicators of physical and psychosocial status, is relevant and oriented for use at the stages of pre-hospital diagnosis.*

**The purpose of the paper** is to show the expediency of using methods of multidimensional hierarchical normometric scaling for quantitative assessment of the body's health and its reserve capabilities for pre-clinical diagnosis and activation of adaptation in changing conditions of the external environment.

**Results.** *An algorithm for calculating the norm index of various health indicators using normometric scaling has been developed for multidimensional assessment of health reserves.*

*Information support for algorithms for calculating the range of the norm-index for natural and heuristic indicators of physical and psychosocial health status has been developed for the needs of digital medicine.*

*Modules of the software-algorithmic complex "Health-Reserve" have been developed for multidimensional quantitative assessment of reserve capabilities of the human body and personality based on the norm-index scale system for information mobile technologies.*

**Conclusions.** *The algorithm for calculating the norm-index range for natural and heuristic indicators of physical and psycho-social health status makes it possible to increase the resolution of the indicators' reference zone that are taken into account in the human health assessment.*

*The development of computer modules for multidimensional quantitative assessment of the health and personality of a person based on norm-index scales makes it possible to automate and quickly collect data based on the results of examinations, analyze the diagnosed conditions dynamics and can be an effective tool for screening and monitoring the health of the population. The use of mobile Android applications implemented by the developed technologies increases the quality of personal decision-making by the user due to the expansion of accessibility and increased efficiency in providing the necessary information for the organization of one's life.*

**Keywords:** *normometric scaling, health reserves, health quantitative assessment, indicators' norm-index, mobile applications.*