

В.В. Макаричева

Інформаційно-комп'ютерна система оцінки фізичної складової здоров'я

Рассмотрены методологические аспекты оценки физического здоровья и его покомпонентных составляющих. Проведен анализ существующих методов, способов, алгоритмов оценки компонентов физического здоровья человека. Разработан структурно-алгоритмический базис оценки физических возможностей. Описан синтез информационно-компьютерной технологии количественного оценивания и вербальной интерпретации полученных результатов.

Ключевые слова: физическое здоровье, количественное оценивание, критерии и методы оценки физического здоровья, алгоритм нормирования и унификации показателей физического статуса здоровья, многомерное шкалирование, информационно-компьютерная технология, программная реализация.

Розглянуто методологічні аспекти оцінювання фізичного здоров'я та його покомпонентних складових. Проведено аналіз існуючих методів, способів, алгоритмів оцінки компонентів фізичного здоров'я людини. Розроблено структурно-алгоритмічний базис оцінки фізичних можливостей. Описано синтез інформаційно-комп'ютерної технології кількісного оцінювання та вербальної інтерпретації отриманих результатів.

Ключові слова: фізичне здоров'я, кількісне оцінювання, критерії та методи оцінки фізичного здоров'я, алгоритм нормування та уніфікації показників фізичного статусу здоров'я, багатовимірне шкалювання, інформаційно-комп'ютерна технологія, програмна реалізація.

Вступ. Аналіз ситуації, що склалася у сучасному суспільстві, показав, що стрімкі темпи розвитку і розповсюдження комп'ютерних технологій підвищують ефективність і доцільність їх використання в різних галузях життєдіяльності людини. Особливої актуальності набуло використання сучасних інформаційних технологій у сферах, що стосуються здоров'я людини, оскільки саме ця грань життя найменше забезпечена комп'ютерно-інформаційною підтримкою. Дійсно, поки здоров'я людини і параметри фізіологічних систем, на яких воно базується, перебувають в гомеостатичних межах, і больовий синдром ще не створює дискомфорту, то не виникає і гострої потреби у створенні інформаційних систем, націлених на стимулювання відповідної мотивації для ведення здорового способу життя і довготривалої підтримки здоров'я.

Сучасне суспільство завдяки стрімкому розвитку комп'ютерних інтернет-технологій, створює сприятливі умови для розповсюдження різноманітної інформації, і поряд з корисною є і така, що негативно впливає на різні верстви населення, особливо на молоде покоління. Та незважаючи на розуміння негативного впливу, все більше з'являється програм розважального, зайвого, не розвиваючого типу, якими перенасичені соціальні мережі в інтернет-просторі. Звичайно, перевага у формуванні в населення

мотивації до здорового способу життя, належить засобам масової інформації. Але свій внесок у підтримку і створення відповідного комп'ютерного інструментарію для реалізації сподівань суспільства на проблему виховання здорового покоління і оздоровлення дорослого населення вносять і спеціалісти комп'ютерних технологій шляхом створення програмної продукції, що впливає на удосконалення прийняття рішень при обстеженні і оцінюванні здоров'я різних верств населення.

Останнім часом поширюється інтерес до кількісного оцінювання здоров'я, різних його складових, та створення відповідних програмних комплексів систем, які широко використовуються в практиці профілактичних обстежень [6, 9, 13]. Розповсюдження систем такого типу і впровадження їх у мобільні пристрої надасть можливість користувачам проводити самообстеження, що не потребує складних досліджень у здійсненні самоконтролю стану здоров'я, що є необхідною складовою культури сучасної людини. При цьому можливість *кількісного оцінювання* фізичного здоров'я (ФЗ) надає можливість підвищити роздільну здатність коригувальних дій при виборі комплексів оздоровчих заходів. Тому кількісне оцінювання ФЗ як важливий допоміжний етап в процесі оцінки здоров'я, залишається однією з найактуальніших задач санології, валеології, охорони праці та ін.

Звернемо увагу на те, що в попередніх роботах [9, 16] в схемах, що ілюструють інформаційну структуру здоров'я, фізична складова представлена *внутрішніми фізіологічними системами* (ВФС) зі складовими: *серцево-судинною* (ССС), *системою дихання* (СД), *системою крові* (СК) та *керуючими системами організму* (КСО) зі складовими: *нервовою* (НС) і *ендокринною* (Енд). В такому представленні не виокремлено структурний блок, який характеризує *готовність* системи до виконання певних *фізичних навантажень*, хоча при скринінговому обстеженні саме ці характеристики мають переважне значення. З цього випливає мета дослідження.

Мета дослідження: розробити інформаційно-комп'ютерну систему *комплексної кількісної діагностики* ФЗ за сукупністю відомих методик, що надають інформацію про фізичний розвиток, фізичну та функціональну підготовку, адаптаційний потенціал, які є основними *індикаторами* здібності людини до *готовності виконання різного типу фізичних навантажень* для створення єдиного інформаційного простору прийняття зважених рішень при синтезі індивідуальних підходів у процесі розробки оздоровчих заходів для підтримки ФЗ.

Критерії та методичні підходи до комплексної діагностики фізичного здоров'я

Фізичне здоров'я – найважливіший компонент в складній структурі стану здоров'я людини. Існує багато визначень ФЗ, автори яких використовують різні критерії, які, на їхню думку, характеризують сутність ФЗ. На думку колективу авторів [9], організм вважається здоровим, якщо інтегральні показники його фізіологічних систем лежать в межах фізіологічної норми і адекватно змінюються при взаємодії людини з довкіллям.

Діагностика здоров'я – вимірювання та оцінка різноманітних фізіологічних параметрів. Під діагностикою здоров'я здорової людини різні автори розуміють окремих або інтегральний кількісний показник, обчислений за їх сукупністю, що може характеризувати *ресурси здоров'я* [3].

За результатами порівняльного аналізу [6] зроблено висновок, що з поширених інтеграційних методів оцінки достатній ступінь надійності і кореляційний зв'язок мають методика визначення рівня *адаптаційного потенціалу*, методика оцінки *фізичного стану* і визначення *максимального споживання кисню* [4, 5].

Одним з найважливіших критеріїв здоров'я людини є *рівень фізичного розвитку*, який відображає індивідуальний рівень морфофункціональної зрілості окремих тканин, органів, систем цілісного організму; рівень *адаптаційних його можливостей*, достатніх для збереження гомеостазу; рівень *фізичної і функціональної підготовленості* – функціональний стан органів і систем організму, рівень фізичної активності і ступеня володіння руховими вміннями та навичками [1, 3, 6, 12].

Фізичний розвиток – стан морфологічних і функціональних характеристик, які лежать в основі визначення вікових особливостей, фізичної сили і витривалості організму. Крім морфологічних показників (зріст, маса, об'єм грудної клітки та ін.), при оцінці фізичного розвитку враховують також і біологічний вік [12].

Показниками фізичного розвитку є індекси фізичного розвитку – певні співвідношення антропометричних величин [12]. Серед простих і доступних показників, які характеризують рівень фізичного розвитку, ряд авторів [1] вважають найбільш інформативними:

- *Індекс маси тіла* (ІМТ) (*BMI – body mass index*, розроблений бельгійцем А. Кетле, 1869) – величина, яка застосовується для оцінки ступеня відповідності зросту і маси тіла людини; індекс маси тіла розраховується за формулою

$$I = \frac{m}{h^2} \quad (1)$$

m – маса тіла, кг, *h* – зріст, м.

Всесвітньою організацією охорони здоров'я розроблено інтерпретаційну шкалу показників ІМТ, за якою згідно з числовими значеннями показника *I* робиться один з діагностичних висновків: маса тіла може бути нормальною (18,5–24,99), недостатньою (16–18,5), надлишковою (25–30) і мати певні стадії ожиріння пер-

шого (30–35), другого (35–40), третього ступенів (40 і більше).

• *Індекс Пірке* характеризує пропорційність статури, надає свідчення про розташування центру тяжіння тіла за вимірними величинами зросту в положенні стоячи і сидячи, обчислюється за формулою:

$$\text{Пірке} = \frac{\text{зріст стоячи(см)} - \text{зріст сидячи(см)}}{\text{зріст сидячи(см)}} * 100\% . \quad (2)$$

Величина індексу Пірке характеризує відносну довжину ніг: менше 87 відсотків – мала довжина ніг (низьке розташування центру тяжіння); 87–92 відсотки – пропорційне співвідношення між довжиною ніг і тулубом; більше 92 відсотків – відносно велика довжина ніг (високе розташування центру тяжіння).

• *Індекс Пінье* ідентифікує тип статури людини в залежності від вимірних значень зросту (см), маси тіла (кг), об'єму грудної клітки (ОГК) (см) і обчислюється за формулою:

$$\text{Пінье} = \text{зріст(см)} - \text{маса(кг)} + \text{ОГК(см)}. \quad (3)$$

Індекс Пінье: менше 10 – міцна статура; 10–20 – нормальна; 21–25 – середня; 26–35 – слабка; більше 36 – дуже слабка.

• *Індекс Ерісмана* – індекс пропорційності розвитку грудної клітки:

$$\text{Ерісмана} = \text{обхват грудної клітки в паузі(см)} - \text{зріст(см)/2}. \quad (4)$$

Якщо отримана різниця дорівнює або вище +5,8 см для чоловіків і +3,3 см для жінок, то це свідчить про хороший розвиток грудної клітки. Якщо ця різниця нижче або має від'ємне значення, то це свідчить про недостатній розвиток грудної клітки.

Адаптаційні можливості. Для визначення рівня стану здоров'я організму людини [5] запропоновано методику оцінки *адаптаційного потенціалу* (АП), що характеризує можливості організму щодо адаптації до змін довкілля. Рівень адаптаційного потенціалу визначається в балах за формулою:

$$\text{АП} = 0,011 * \text{ЧСС} + 0,014 * \text{АТ}_c + 0,008 * \text{АТ}_d + 0,014 * \text{В} + 0,009 * \text{МТ} - 0,009 * \text{ДТ} - 0,27. \quad (5)$$

ЧСС – частота серцевих скорочень; АТ_с – систолічний (верхній) і АТ_д – діастолічний (нижній) артеріальний тиск (в мм рт. ст.); В – вік; МТ – маса тіла, ДТ – довжина тіла (зріст).

Шкала оцінок зміни і інтерпретація адаптаційного потенціалу [4]:

- задовільний, якщо АП < 2,1;
- напружений, якщо $-2,1 \leq \text{АП} < 3,20$;
- незадовільний при $3,2 \leq \text{АП} \leq 4,30$;
- перенапруження і розпад адаптації при АП > 4,30.

Фізична підготовленість – зовнішній прояв рівня фізичної активності, а саме: рівня розвитку фізичних якостей і ступеня володіння руховими вміннями та навичками. Відома методика американського лікаря К. Купера (1968) оцінювання рівня підготовки організму (фізична підготовка), за допомогою 12-хвилинного бігового тесту на основі відстані (в метрах), яку людина здатна подолати бігом (або кроком). Чим більша дистанція подолана, тим вище фізична підготовленість. Результати тестування оцінюються за спеціальною таблицею, в якій враховується вплив таких факторів, як стать і вік [10].

За цими даними для жінок (до 30 років): якщо пройдена дистанція < 1500 – то фізична підготовленість незадовільна; якщо вона в межах 1500–1800 – погана; якщо в інтервалі 1800 – 1900 – задовільна; 1900–2100 – посередня; 2100–2300 – добра; > 2300 – дуже добра;

Для чоловіків (до 30 років): подолана дистанція < 1950 – то фізична підготовленість незадовільна; якщо в інтервалі 1950–2100 – погана; 2100 – 2400 – задовільна; 2400–2600 – посередня; 2600–2800 – добра; > 2800 – дуже добра.

Функціональний стан організму, його фізичну і функціональну підготовленість до виконання навантажень найчастіше оцінюють за станом *серцево-судинної і дихальної систем*, основними показниками стану яких є частота серцевих скорочень і час її відновлення після тестового навантаження, артеріальний тиск (систолічний, діастолічний) та життєва ємність легенів.

Функціональний стан серцево-судинної системи (ССС). *Проба Мартіне* – функціональна проба для оцінки відновних процесів ССС

при навантаженні (кількість присідань за 30 с).
Оцінюється за формулою:

$$\begin{aligned} \text{ПМартіне} &= \\ &= (\text{ЧСС}_{\text{післ.прис.}} - \text{ЧСС}_{\text{до.прис.}}) * 100 / \text{ЧСС}_{\text{післ.прис.}} \end{aligned} \quad (6)$$

Якщо ПМартіне ≤ 25 – добрий стан ССС, 50–75 – задовільний стан ССС, ≥ 75 незадовільний стан.

Функціональний стан дихальної системи.

Для самоконтролю за функціональним станом дихальної системи рекомендовано такі проби:

Проба Штанге – затримка дихання на вдиху. Після 5 хв. відпочинку сидячи зробити вдих на 80–90 відсотків від максимального і затримати дихання. Час фіксується від часу затримки дихання до її припинення. Середнім показником є здатність затримувати дихання на вдиху для нетренираних людей на 40–50 с, для тренуваних – на 60–90 с і більше. З наростанням тренуваності час затримки дихання зростає, при зниженні або відсутності тренуваності – знижується. При захворюванні або перевтомі цей час знижується на значну величину – до 30–35 с.

Проба Генчі – затримка дихання на видиху. Виконується так само, як і проба Штанге, тільки затримка дихання виконується після повного видиху. Середнім показником є здатність затримувати дихання на видиху для нетренираних людей на 25–30 с, для тренуваних – 40–60 с і більше.

Інформаційна технологія комплексної діагностики фізичного здоров'я

На даний час не існує загальноприйнятої технології діагностики здоров'я. Однак може бути рекомендовано інформаційну технологію – певний набір тестів і критеріїв, наприклад таких, як подано вище, що з достатньою надійністю дозволяє охарактеризувати фізичні можливості здоров'я суб'єкта щодо виконання певних фізичних навантажень; в прийнятій авторами термінології це означає оцінити *виконуючі фізичні можливості* (ВФМ). На рис. 1 представлено ієрархію структурно-алгоритмічного базису технології оцінювання виконуваних фізичних можливостей організму, яка стала основою для створення відповідного програмного забезпечення.

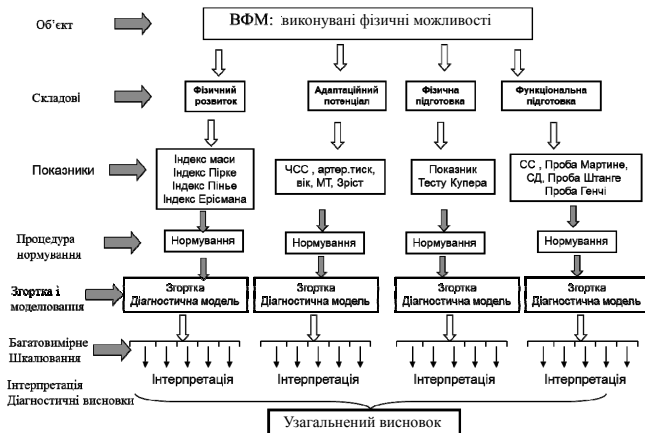


Рис. 1. Структурно-алгоритмічний базис оцінки виконуваних фізичних можливостей

Функціональні етапи інформаційно-комп'ютерної технології діагностики ФЗ

Все викладене стало основою для створення комп'ютерної програми, основні функціональні етапи якої такі:

- збір даних первинних натурних вимірювань показників складових (див. рис. 1);
- обчислення нормованих оцінок всіх складових ФЗ;
- синтез діагностичних моделей для всіх передбачених складових (див. рис. 1);
- розробка нормованих шкал для всіх складових ФЗ;
- згортка отриманих нормованих оцінок в узагальнену оцінку стану ФЗ;
- вербальна інтерпретація за розробленими шкалами;
- розробка логіко-алгоритмічної схеми оцінювання всіх структурних складових;
- створення програмного забезпечення згідно з структурою алгоритму на мові *Java*;
- розробка віконного інтерфейсу для отримання наочної інформації відповідно на всіх рівнях оцінювання, починаючи від оцінки за окремими показниками, їх згорток в оцінку більш високого рівня (фізичного розвитку, адаптаційного потенціалу, функціональної і фізичної підготовленості), і для кінцевого узагальненого висновку.

Першим етапом дослідження ФЗ є збір даних і формування первинного інформаційного масиву, роз класифікованого за групами, що від-

повідать структурним складовим виконуваним можливостей ФЗ (див. рис. 1). Більш детально розглянемо процедуру нормування та уніфікації даних первинного масиву, які складають основну обчислювальну частину програми.

Уніфікація показників фізичного статусу здоров'я

Для коректного зіставлення різноякісних натурних показників, які вимірюються в різних одиницях, виконується їх перетворення в зручну для порівнянь відносну форму за спеціальною процедурою нормування.

Нехай показники, отримані за відомими методиками (індекси Кетле, Пірке, Ерісмана, тесту Купера, адаптаційного потенціалу Баєвського, пробами Генче, Штанге, Мартіне) змінюються від X_{\min}^H , X_{\max}^H і відомі також границі інтервалу нормування X_{\min}^H , X_{\max}^H . Тоді інформаційний показник можна визначити за наведеними далі формулами.

$$X_{\text{відн}} = X_{\text{max}}^H + \frac{X_{\text{min}}^H - X}{X_{\text{max}}^H - X_{\text{min}}^H} (X_{\text{max}}^H - X_{\text{min}}^H), \quad (7)$$

$$X_{\text{відн}} = X_{\text{min}}^H + \frac{X - X_{\text{min}}^H}{X_{\text{max}}^H - X_{\text{min}}^H} (X_{\text{max}}^H - X_{\text{min}}^H), \quad (8)$$

де $X_{\text{відн}}$ – відносна нормована оцінка.

Формула (7) використовується за умови, коли при більшому значенні X погіршується стан здоров'я, що може відбуватися і при зменшенні значень натурних показників; в таких випадках використовується формула (8).

Приклад нормування масо-ростового індексу Кетле, первинні дані якого розраховуються за формулою (1) проілюстровано в таблиці, враховуючи інтервал нормування від нуля до одиниці з урахуванням того, що при наближенні від одиниці до нуля стан здоров'я погіршується.

Перетворення реальних діагностичних границь зміни індексу Кетле в нормовані

Реальні діагностичні границі зміни показника	Формули перетворень	Границі діагностичних діапазонів після нормування	Діагностична характеристика показника
$X \leq 10$	$X_{\text{відн}} = 0$	$X_{\text{отн}} = 0$	виражений дефіцит тіла
$10 < X \leq 16$	$X_{\text{відн}} = \frac{X-10}{6} * 0,25$	$0 < X_{\text{відн}} \leq 0,25$	виражений дефіцит тіла
$16 < X \leq 18,5$	$X_{\text{відн}} = 0,25 + \frac{X-16}{2,5} * 0,5$	$0,25 < X_{\text{відн}} \leq 0,75$	недостатня маса тіла
$18,5 < X \leq 21,75$	$X_{\text{відн}} = 0,75 + \frac{X-18,5}{3,25} * 0,25$	$0,75 < X_{\text{відн}} \leq 1$	норма
$21,75 < X \leq 24,9$	$X_{\text{відн}} = 1 + \frac{21,75-X}{3,25} * 0,25$	$0,75 < X_{\text{відн}} \leq 1$	норма
$24,9 < X \leq 30$	$X_{\text{відн}} = 0,75 + \frac{24,9-X}{5,1} * 0,25$	$0,5 < X_{\text{відн}} \leq 0,75$	надлишкова маса
$30 < X \leq 35$	$X_{\text{відн}} = 0,5 + \frac{30-X}{5} * 0,25$	$0,25 < X_{\text{відн}} \leq 0,5$	ожиріння I ступеня
$35 < X \leq 40$	$X_{\text{відн}} = 0,25 + \frac{35-X}{5} * 0,25$	$0 < X_{\text{відн}} \leq 0,25$	ожиріння II ступеня
$X > 40$	$X_{\text{відн}} = 0$	$X_{\text{відн}} = 0$	ожиріння III ступеня

Аналогічна процедура нормування виконується для всіх зазначених показників: індексів Пірке, Пінье і Ерісмана.

Діагностичні моделі. При виконанні процедури згортки пронормованих оцінок складових показників індексів Кетле, Пірке, Пінье та Ерісмана отримується *діагностична* модель фізичного розвитку $\Delta_{\text{фр}}$, яка має вигляд

$$X_{\text{відн.фіз.розв.}} = \kappa_1 X_{\text{відн.Кетле}} + \kappa_2 X_{\text{відн.Пірке}} + \kappa_3 X_{\text{відн.Пінье}} + \kappa_4 X_{\text{відн.Ерісмана}}, \quad (9)$$

де $X_{\text{відн.фіз.розв.}}$ – узагальнена нормована оцінка фізичного розвитку, на основі якої виноситься комплексний діагностичний висновок. Коефіцієнти κ_1 , κ_2 , κ_3 , κ_4 обираються так, щоб їх сума дорівнювала одиниці.

Для наочної інтерпретації результатів оцінювання за формулою (9) – пропонується наступна діагностична шкала, представлена на

рис. 2: нульове значення відповідає суттєвому відхиленню від норми, значення ближче до одиниці – практична норма.

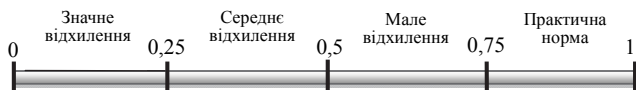


Рис. 2. Узагальнена нормована діагностична шкала

Описана процедура застосовується також для показників функціональної і фізичної підготовленості та адаптації.

У розвитку проблеми кількісної діагностики здоров'я залишається розробка так званих інтеграційних методів, в основі яких – кількісний критерій узагальненої оцінки рівня здоров'я суб'єкта за сукупністю різних показників [13].

Описано процедуру збору даних, їх обробки: нормування, шкалювання, згортки в комплексні оцінки, їх інтерпретація, зберігання для подальших порівнянь при повторних обстеженнях покладено в основу розробки комп'ютерно-інформаційної системи оцінювання фізичних можливостей організму. Робота програми, яка дає інформацію про діагностичний висновок при оцінюванні одного з компонентів фізичного розвитку, а саме оцінки за індексом Кетле, ілюструється на рис. 3.

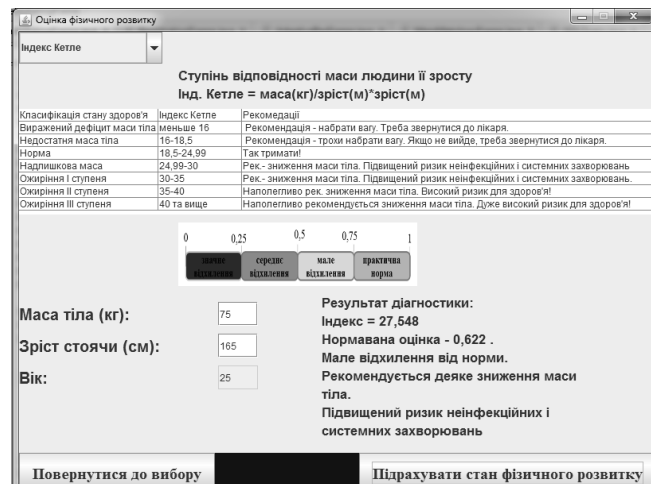


Рис. 3. Діагностичний висновок роботи програмного модуля оцінювання стану фізичної складової здоров'я за індексом Кетле

Програмне забезпечення створено в середовищі *Java* для подальшого впровадження в мобільні технології.

Зазначимо, що для більш інформативної характеристики рівня ФЗ, необхідне комплексне

узгодження об'єктивних оцінок, що базуються на результатах реальних вимірювань і суб'єктивних підходів, основу яких складають оцінювання за результатами опитувальних тестів.

Висновки. Розширення інформаційної структури оцінки фізичного здоров'я з урахуванням його додаткової складової – виконуваних можливостей – за показниками фізичного розвитку, фізичної і функціональної підготовленості та адаптаційних резервів і включення цих компонентів до загальної системи оцінки фізичного здоров'я [9], сприятимуть підвищенню роздільної здатності оцінки здоров'я в цілому.

Реалізація запропонованої інформаційної технології дозволить проводити обстеження фізичного стану, вести базу даних, яка міститиме результати комплексних тестових випробувань, проводити їх подальший аналіз. Комплексне дослідження ФЗ надасть можливість за допомогою відомостей про стан здоров'я визначити методики підвищення рівня ФЗ. Розроблена на цій підставі комп'ютерно-інформаційна система з використанням сучасних інформаційних технологій дозволяє автоматизувати збір даних, проаналізувати динаміку результатів діагностики і може бути ефективним інструментом інформаційної підтримки при виборі методик оздоровлення для підтримки рівня здоров'я.

1. Антомонов М.Ю., Волощук Е.В. Конструирование интегральных показателей количественных признаков с помощью одномерных и многомерных методов статистики // КВТ. – 2012. – 167. – С. 61–68.
2. Апанасенко Г.Л. Индивидуальное здоровье : теория и практика // Валеология. – 2006. – № 1. – С. 5–13.
3. Апанасенко Г.Л. Диагностика индивидуального здоровья // Современные реабилитационные технологии. – 2012. – № 8 – С. 64–69.
4. Баевский П.М. Оценка и классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // Вестн. АМН СССР. – 1989. – № 8. – С. 73–78.
5. Баевский П.М. Оценка адаптационных возможностей организма и проблема восстановительной медицины // Вестн. восстановительной медицины. – 2004. – № 2. – С. 18–22.
6. Безматерных Л.Э., Куликов В.П. Диагностическая эффективность методов количественной оценки индивидуального здоровья // Физиология человека. – 1998. – 24, № 3. – С. 79–85.

7. Большая медицинская энциклопедия. Том 12 (И-К)
8. Булич Э.Г., Муравов И.В. Здоровье человека: Биологическая основа жизнедеятельности и двигательная активность в ее стимуляции. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 424 с.
9. *Інформаційні технології в біології і медицині: Курс лекцій: Навчальний посібник* / В.І. Гриценко, А.Б. Котова, М.І. Вовк та ін. – К.: Наук. думка, 2007. – С. 249–258.
10. *Двигательные тесты* Купера. – <http://ggym.ru/kuper.php#sthash.66u3jT5v.dpuf>.
11. Коннолли Т., Карелин Б. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. – М.: Вильямс, 2003. – 1440 с.
12. Никифоров Г.С. Психология здоровья: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2006. – С. 70–72.
13. Кланчук В.В., Самошкін В.В. Кількісна оцінка рівня фізичного здоров'я та превентивна фізична реабілітація курсантів і студентів вищих навчальних закладів МВС України: Навч. посібник. – Дніпропетр. юрид. акад. МВС України, 2005. – 52 с.
14. Кравченко В.В., Кифоренко С.И. Информационно-технологические аспекты контроля и оценивания физического здоровья / Вісн. Київськ. Нац. ун-ту. – 2014. – № 1(14). – С. 27–32.

Поступила 09.04.2015
© В.В. Макаричева, 2016

В.В. Макаричева

Інформаційно-комп'ютерна система оцінки фізичної складової здоров'я

Введення. Аналіз ситуації, сложившоїся в сучасному суспільстві, показав, що стрімкі темпи розвитку та поширення сучасних комп'ютерних технологій підвищують ефективність та цільовість їх використання в різних сферах життєдіяльності людини. Особу актуальність набуло використання сучасних інформаційних технологій в сферах, пов'язаних зі здоров'ям людини, оскільки саме ця грань життя менше забезпечена комп'ютерно-інформаційною підтримкою. Насправді, поки здоров'я та параметри фізіологічних систем, на яких воно базується, знаходяться в гомеостатичних межах, і більший синдром ще не створює дискомфорту, то не виникає і гострої потреби в створенні інформаційних систем, націлених на стимулювання відповідної мотивації для ведення здорового способу життя та довготривалої підтримки здоров'я.

Сучасне суспільство завдяки стрімкому розвитку комп'ютерних інтернет-технологій має сприятливі умови для поширення різноманітної інформації, і поряд з корисною є й така, що негативно впливає на різні шари населення, особливо на молоде покоління. Проте, незважаючи на таке негативне впливання, все більше з'являються програми розважального, не розвиваючого типу, якими перенасичені соціальні мережі в інтернет-просторі. Перевагою в формуванні у населення мотивації до здорового способу життя належить засобам масової інформації. Їхній внесок у підтримку та створення відповідного комп'ютерного інструментарію для реалізації надій суспільства на проблему виховання здорового покоління та оздоровлення дорослого населення вносять і спеціалісти комп'ютерних технологій шляхом створення програмної продукції, що впливає на вдосконалення прийнятих рішень при дослідженні та оцінці здоров'я різних шари населення.

В останні роки поширюється інтерес до кількісної оцінки здоров'я, різних його складових

та створення відповідних програмних комплексів систем, широко використовуваних в практиці профілактичних досліджень [6, 9, 13]. Поширення систем такого типу та впровадження їх в мобільні пристрої дозволить користувачам проводити самообстеження, так як це не потребує складних досліджень при самоконтролі стану здоров'я і є необхідною складовою культури сучасної людини. При цьому можливість кількісної оцінки фізичного здоров'я (ФЗ) дозволяє підвищити розрешальну здатність коректуючих дій при виборі комплексів оздоровчих заходів. Тому кількісна оцінка ФЗ як важливий допоміжний етап в процесі оцінки здоров'я, залишається однією з найбільш актуальних завдань санології, валеології, охорони праці та ін.

Звернемо увагу на те, що в попередній роботі [9] в схемах, ілюструючих інформаційну структуру здоров'я, фізична складова представлена внутрішніми фізіологічними системами (ВФС) з складовими: *серцево-судинною системою* (ССС), *системою дихання* (СД), *системою крові* (СК), і *керованими системами організму* (УСО) з складовими: *нервовою* (НС) і *ендокринною* (Енд). В такому представленні не виділено структурний блок, що характеризує готовність системи до виконання певних фізичних навантажень, хоча при скринінговому дослідженні саме ці характеристики мають переважне значення. Отже – мета дослідження.

Мета – розробити інформаційно-комп'ютерну систему комплексної кількісної діагностики ФЗ за сукупності відомих методик, що надають інформацію про фізичне розв'язання, фізичної та функціональної підготовки, об адаптаційному потенціалі – основних індикаторів здатності людини до виконання різного типу фізичних навантажень, для створення єдиного інформаційного простору прийнятих рішень при синтезі індивідуальних підходів в процесі розробки оздо-

ровительных мероприятий для поддержания физического здоровья.

Критерии и методические подходы к комплексной диагностике физического здоровья

Физическое здоровье – важнейший компонент в сложной структуре состояния здоровья человека. Существует много определений ФЗ, авторы которых используют различные критерии, которые, по их мнению, характеризует сущность ФЗ. По мнению коллектива авторов [9], организм считается здоровым, если интегральные показатели его физиологических систем лежат в пределах физиологической нормы и адекватно изменяются при взаимодействии человека с внешней средой.

Диагностика здоровья – измерение и оценка различных физиологических параметров. Под диагностикой здоровья здорового человека разные авторы понимают отдельный или интегральный количественный показатель, исчисленный по их совокупности, который может характеризовать ресурсы здоровья [3].

По результатам сравнительного анализа [6] сделан вывод, что из распространенных интеграционных методов оценки достаточную степень надежности и корреляционную связь имеют методика определения уровня *адаптационного потенциала*, методика оценки *физического состояния* и определения *максимального потребления кислорода* [4, 5].

Одним из важнейших критериев здоровья человека является *уровень физического развития*, который отражает индивидуальный уровень морфофункциональной зрелости отдельных тканей, органов, систем целостного организма; *уровень адаптационных возможностей* организма, достаточных для сохранения гомеостаза; *уровень физической и функциональной подготовленности* – функциональное состояние органов и систем организма, уровень физической активности и степени владения двигательными умениями и навыками [1, 3, 6, 12].

Физическое развитие – состояние морфологических и функциональных характеристик, положенных в основу определения возрастных особенностей, физической силы и выносливости организма, кроме морфологических показателей (рост, масса, объем грудной клетки и др.) при оценке физического развития учитывают также и биологический возраст [12].

Показателями физического развития служат индексы физического развития – определенные соотношения антропометрических величин [12]. Среди простых и легко доступных показателей, характеризующих уровень физического развития, ряд авторов [1] считают наиболее информативными:

• *Индекс массы тела* (ИМТ) (*BMI – body mass index*, разработанный бельгийцем А. Кетле, 1869) – величина, применяемая для оценки степени соответствия роста и массы тела человека, который рассчитывается по формуле

$$И = \frac{m}{h^2} \quad (1)$$

m – масса тела, кг, h – рост, м.

Всемирной организацией здравоохранения разработана интерпретационная шкала показателей ИМТ, по которой согласно числовыми значениями показателя И выносятся один из диагностических выводов: масса тела может быть нормальной (18,5–24,99), недостаточной (16–18,5), избыточной (25–30) и иметь определенные стадии ожирения первой (30–35), второй (35–40), третьей степени (40 и более).

• *Индекс Пирке* характеризует пропорциональность телосложения, дает показания о расположении центра тяжести тела по измеренным величинам роста в положении стоя и сидя, вычисляется по формуле:

$$И_{Пирке} = \frac{\text{рост стоя(см)} - \text{рост сидя(см)}}{\text{рост сидя(см)}} * 100\% \quad (2)$$

Величина индекса Пирке характеризует относительную длину ног: менее 87 процентов – малая длина ног (низкое расположение центра тяжести); 87–92 процента – пропорциональное соотношение между длиной ног и туловищем; более 92 процентов – относительно большая длина ног (высокое расположение центра тяжести).

• *Индекс Пинье* идентифицирует тип телосложения человека в зависимости от измеренных значений роста (см), массы тела (кг), объема грудной клетки (ОГК) (см) и вычисляется по формуле:

$$И_{Пинье} = \text{рост(см)} - \text{масса(кг)} + \text{ОГК(см)} \quad (3)$$

Индекс Пинье: меньше 10 – крепкое телосложение; 10–20 – нормальное; 21–25 – среднее; 26–35 – слабое; более 36 – очень слабое.

• *Индекс Эрисмана* – индекс пропорциональности развития грудной клетки:

$$И_{Эрисмана} = \text{охват грудной клетки в паузе(см)} - \text{рост(см)} / 2 \quad (4)$$

Если полученная разница равна или выше 5,8 см для мужчин и +3,3 см для женщин, то это свидетельствует о хорошем развитии грудной клетки. Если эта разница ниже или имеет отрицательное значение, это свидетельствует о недостаточном развитии грудной клетки.

Адаптационные возможности. Для определения уровня состояния здоровья организма человека [5] предложена методика оценки *адаптационного потенциала* (АП), характеризующая возможности организма по адаптации к изменениям внешней среды. Уровень адаптационного потенциала определяется в баллах по формуле

$$\text{АП} = 0,011 * \text{ЧСС} + 0,014 * \text{АД}_c + 0,008 * \text{АД}_d + 0,014 * \text{В} + 0,009 * \text{МТ} - 0,009 * \text{ДТ} - 0,27, \quad (5)$$

ЧСС – частота сердечных сокращений; АД_c – систолическое (верхнее) и АД_d – диастолическое (нижнее) артериальное давление (в мм рт. ст.); В – возраст; МТ – масса тела, ДТ – длина тела (рост).

Шкала оценок изменения и интерпретация адаптационного потенциала [4]:

- удовлетворительная адаптация, если $\text{АП} < 2,1$;
- напряжение механизмов адаптации, если $-2,1 \leq \text{АП} < 3,20$;

- неудовлетворительная адаптация при $3,2 \leq \text{АП} \leq 4,30$;
- срыв адаптации при $\text{АП} > 4,30$.

Физическая подготовленность – внешнее проявление уровня физической активности: уровня развития физических качеств и степени владения двигательными умениями и навыками. Известна методика американского врача К. Купера (1968) оценки уровня подготовки организма (физическая подготовка) посредством бегового теста на основе расстояния (в метрах), которую человек способен преодолеть бегом (или шагом) за 12 минут (км). Чем большая дистанция преодолена, тем выше физическая подготовленность. Результаты тестирования оцениваются по специальной таблице, в которой учитывается влияние таких факторов, как пол и возраст [10].

По этим данным для женщин (до 30 лет): если эта дистанция < 1500 – то физическая подготовленность неудовлетворительна; если она в пределах 1500–1800 – плохая; если в интервале 1800–1900 – удовлетворительная; 1900–2100 – посредственная; 2100–2300 – хорошая; > 2300 – очень хорошая;

Для мужчин (до 30 лет): дистанция < 1 950 – физическая подготовленность неудовлетворительна; если в интервале 1950–2100 – плохая; 2100–2400 – удовлетворительная; 2400–2600 – посредственная; 2600–2800 – хорошая; > 2 800 – очень хорошая.

Функциональное состояние организма, его физическая и функциональная подготовленность к выполнению нагрузок чаще всего оценивают по состоянию сердечно-сосудистой и дыхательной систем, основными показателями состояния которых ЧСС и время ее восстановления после тестовой нагрузки, артериальное давление (систолическое, диастолическое) и жизненная емкость легких.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (ССС). Проба Мартинэ – функциональная проба для оценки восстановительных процессов ССС при нагрузке (количество приседаний за 30 с). Оценивается по формуле

$$\text{ПМартинэ} = ((\text{ЧСС}_{\text{посл.прис.}} - \text{ЧСС}_{\text{до.прис.}}) * 100 / \text{ЧСС}_{\text{посл.прис.}}) \cdot (6)$$

Если ПМартинэ ≤ 25 – хорошее состояние ССС, 50–75 – удовлетворительное состояние ССС, ≥ 75 – неудовлетворительное состояние.

Функциональное состояние дыхательной системы. Для самоконтроля за функциональным состоянием дыхательной системы рекомендуются следующие пробы.

Проба Штанге – задержка дыхания на вдохе. После 5 мин. отдыха сидя сделать вдох на 80–90 процентов от максимального и задержать дыхание. Время фиксируется от времени задержки дыхания до ее прекращения. Средний показатель – способность задерживать дыхание на вдохе для нетренированных людей на 40–50 с, для тренированных – на 60–90 с и более. С нарастанием тренированности время задержки дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается. При заболевании или переутомлении это время снижается на значительную величину – до 30–35 с.

Проба Генчи – задержка дыхания на выдохе. Выполняется так же, как и проба Штанге, только задержка дыхания выполняется после полного выдоха. Средний показатель – способность задерживать дыхание на выдохе для нетренированных людей на 25–30 с, для тренированных – 40–60 с и более.

Информационная технология комплексной диагностики физического здоровья

В настоящее время не существует общепринятой технологии диагностики здоровья. Однако может быть рекомендована информационная технология – определенный набор тестов и критериев, например таких, как показано ранее, что с достаточной надежностью позволяет охарактеризовать физические возможности здоровья субъекта по выполнению определенных физических нагрузок; в принятой авторами терминологии это означает оценить *выполняющие физические возможности* (ВФМ). На рис. 1 представлена иерархия структурно-алгоритмического базиса технологии оценивания исполняемых возможностей организма, послужившая основой для создания соответствующего программного обеспечения.

Функциональные этапы информационно-компьютерной технологии диагностики ФЗ

Все изложенное стало основой для создания компьютерной программы, основные функциональные этапы которой таковы:

- сбор данных первичных натуральных измерений показателей составляющих (см. рис. 1);
 - вычисление нормированных оценок всех составляющих ФЗ;
 - синтез диагностических моделей для всех предусмотренных составляющих (см. рис. 1);
 - разработка нормированных шкал для всех составляющих ФЗ;
 - свертка полученных нормированных оценок в обобщенную оценку состояния ФЗ;
 - вербальная интерпретация по разработанным шкалам;
 - разработка логико-алгоритмической схемы оценки всех структурных составляющих;
 - создание программного обеспечения по структуре алгоритма на языке *Java*;
 - разработка оконного интерфейса для получения наглядной информации соответственно на всех уровнях оценивания, начиная от оценки по отдельным показателям, их свертки в оценки более высокого уровня (физического развития, адаптационного потенциала, функциональной и физической подготовленности), и для конечного обобщенного заключения.
- Первый этап исследования ФЗ – сбор данных и формирование первичного информационного массива, разделенного на группы, соответствующие структурным составляющим исполняющих возможностей физического здоровья (см. рис. 1). Более подробно рассмотрим процедуру нормирования и унификации данных первичного массива, составляющих основную вычислительную часть программы.

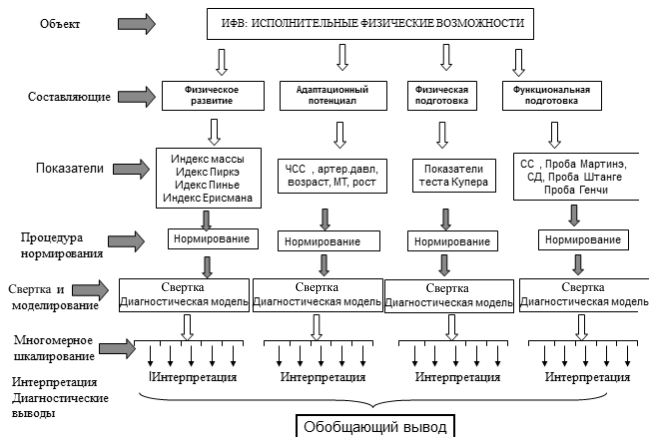


Рис. 1. Структурно-алгоритмический базис оценки исполнительных физических возможностей

Унификация показателей физического статуса здоровья

Для корректного сопоставления разнокачественных натуральных показателей, измеряемых в различных единицах, выполняется их преобразование в удобную для сравнений относительную форму по специальной процедуре нормирования.

Пусть показатели, полученные по известным методикам (индексы Кетле, Пирке, Эрисмана, теста Купера, адаптационного потенциала Баевского, пробы Генчи, Штанге, Мартинэ) изменяются от X_{\min}^H , X_{\max}^H и также известны границы интервала нормирования X_{\min}^H , X_{\max}^H . Тогда информационный показатель можно определить по следующим формулам:

$$X_{\text{отн}} = X_{\max}^H + \frac{X_{\min}^H - X}{X_{\max}^H - X_{\min}^H} (X_{\max}^H - X_{\min}^H) \quad (7)$$

$$X_{\text{отн}} = X_{\min}^H + \frac{X - X_{\min}^H}{X_{\max}^H - X_{\min}^H} (X_{\max}^H - X_{\min}^H), \quad (8)$$

где $X_{\text{отн}}$ – относительная нормированная оценка.

Формула (7) используется при условии, что при большем значении X ухудшается состояние здоровья. Но ухудшение состояния здоровья может происходить и при уменьшении значений натуральных показателей, тогда используется формула (8).

Пример нормирования массо-ростового индекса Кетле, первичные данные которого рассчитываются по формуле (1) показан в таблице, с учетом интервала нормирования от нуля до единицы и того, что при приближении от единицы до нуля состояние здоровья ухудшается.

Аналогичная процедура нормирования выполняется для всех указанных показателей: индексов Пирке, Пинье и Эрисмана.

Диагностические модели. При выполнении процедуры свертки пронормированных оценок составляющих показателей индексов Кетле, Пирке, Пинье и Эрисмана получается диагностическая модель физического развития $\Delta_{\text{фр}}$ вида:

$$X_{\text{отн. физ. разв.}} = \kappa_1 X_{\text{отн. Кетле}} + \kappa_2 X_{\text{отн. Пирке}} + \kappa_3 X_{\text{отн. Пинье}} + \kappa_4 X_{\text{отн. Эрисмана}} \quad (9)$$

где $X_{\text{отн. физ. разв.}}$ – обобщенная нормированная оценка физического развития, на основе которой выносится комплексный диагностический вывод. Коэффициенты $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \kappa_4$ избираются так, чтобы их сумма была равна единице.

Для наглядной интерпретации результатов оценки по формуле (9) предлагается следующая диагностическая шкала (рис. 2): нулевое значение – соответствует существенному отклонению от нормы, значение ближе к единице – практической норме.

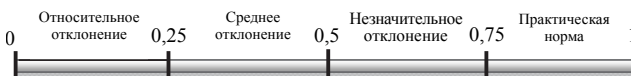


Рис. 2. Обобщенная нормированная диагностическая шкала

Описанная процедура применяется также для показателей функциональной и физической подготовленности и адаптации.

В развитии проблемы количественной диагностики здоровья остается разработка так называемых интегра-

Преобразование реальных диагностических границ изменения индекса Кетле в нормированные

Реальные диагностические границы изменения показателя	Формулы преобразований	Границы диагностических диапазонов после нормирования	Диагностическая характеристика показателя
$X \leq 10$	$X_{\text{отн}} = 0$	$X_{\text{отн}} = 0$	выраженный дефицит тела
$10 < X \leq 16$	$X_{\text{отн}} = \frac{X - 10}{6} * 0,25$	$0 < X_{\text{отн}} \leq 0,25$	выраженный дефицит тела
$16 < X \leq 18,5$	$X_{\text{отн}} = 0,25 + \frac{X - 16}{2,5} * 0,5$	$0,25 < X_{\text{отн}} \leq 0,75$	недостаточная масса тела
$18,5 < X \leq 21,75$	$X_{\text{отн}} = 0,75 + \frac{X - 18,5}{3,25} * 0,25$	$0,75 < X_{\text{отн}} \leq 1$	норма
$21,75 < X \leq 24,9$	$X_{\text{отн}} = 1 + \frac{21,75 - X}{3,25} * 0,25$	$0,75 < X_{\text{отн}} \leq 1$	норма
$24,9 < X \leq 30$	$X_{\text{отн}} = 0,75 + \frac{24,9 - X}{5,1} * 0,25$	$0,5 < X_{\text{отн}} \leq 0,75$	избыточная масса
$30 < X \leq 35$	$X_{\text{отн}} = 0,5 + \frac{30 - X}{5} * 0,25$	$0,25 < X_{\text{отн}} \leq 0,5$	ожирение I степени
$35 < X \leq 40$	$X_{\text{отн}} = 0,25 + \frac{35 - X}{5} * 0,25$	$0 < X_{\text{отн}} \leq 0,25$	ожирение II степени
$X > 40$	$X_{\text{отн}} = 0$	$X_{\text{отн}} = 0$	ожирение III степени

ционных методов, в основе которых – количественный критерий обобщенной оценки уровня здоровья субъекта по совокупности различных показателей [13].

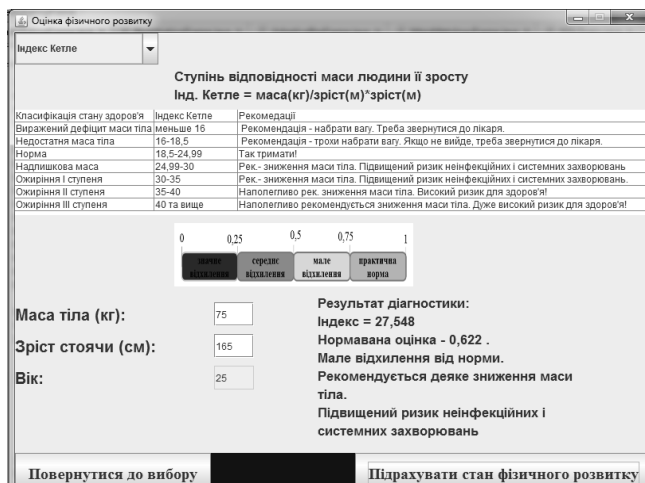


Рис. 3. Диагностический вывод работы программного модуля оценки состояния физической составляющей здоровья по индексу Кетле

Описанная процедура сбора данных, их обработки: нормирование, шкалирование, свертки в комплексные оценки, их интерпретация, хранение для дальнейших сравнений при повторных обследованиях послужили основой разработки компьютерно-информационной системы оценки физических возможностей организма. Работа программы, которая дает информацию о диагностическом выводе

при оценке одного из компонентов физического развития, а именно оценки по индексу Кетле, показана на рис. 3.

Программное обеспечение создано в среде *Java* для дальнейшего внедрения в мобильные технологии.

Отметим, что для более информативной характеристики уровня ФЗ, необходимо комплексное сочетание объективных оценок, основанных на результатах реальных измерений и субъективных подходов, основу которых составляют оценки по результатам тестов–опросников.

Заключение. Расширение информационной структуры оценки ФЗ с учетом его дополнительной составляющей – исполнительных возможностей – по показателям физического развития, физической и функциональной подготовленности и адаптационных резервов, и включение этих компонентов в общую систему оценки ФЗ, будут способствовать повышению разрешения оценки здоровья в целом.

Реализация предложенной информационной технологии позволит проводить обследование физического состояния, вести базу данных, содержащую результаты комплексных тестовых испытаний, проводить их последующий анализ. Комплексное исследование ФЗ позволит с помощью сведений о состоянии здоровья определить методики повышения уровня ФЗ. Разработанная на этом основании компьютерно-информационная система с использованием современных информационных технологий позволит автоматизировать сбор данных, проанализировать динамику результатов диагностики, и может быть эффективным инструментом информационной поддержки при выборе методик оздоровления для поддержания уровня здоровья.

UDC 004.451.642

V.V. Makarycheva

The Information-Computer System Assessment of Physical Health Component

Keywords: physical health, criteria of quantitative assessment and methods for assessing physical health, normalization algorithm and harmonization of indicators of physical health status, multidimensional scaling, information and computer technology, software implementation.

The human health has been and remains difficult, difficult solvable problem. Human health has been and remains difficult, difficult solvable problem. The problem of health is complemented its new production – the preservation and maintenance of health throughout life. The effectiveness of scientific research on the issue of health requires the use of modern information technology.

The article is described the basic problems of diagnosis component of health – physical health. The information technology system diagnosis physical health is proposed which remains open, that is, with the possibility to supplement it with new modules. Attention is drawn to methodological aspects of physical health and its components by component (adaptive potential, functional and physical training, physical development). It is offers normalization procedure by which the transformation is performed indicators suitable for comparison the relative form. To convert a range of estimates obtained by known methods (Quetelet index, Pirke, Erisman, Test Cooper, adaptive potential Bayevsky, Ghencea test, Stange's test, test Martin) in normalized information. The procedure of normalization is offered, by which the transformation is performed indicators suitable for comparison of the relative form.

The method of unification indicators helps correctly to correlate various qualities full-scale performance that are measured in different units. The diagnostic scale is proposed for evident interpretation.

Information technology is proposed. It is useful for developing computer technology. In the article is introduced the functional stages of information and computer technology evaluation and interpretation of verbal performing physical organism.