

МЕТОД ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТІВ І ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ В ОБРОБЦІ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ФІЗИЧНІЙ КУЛЬТУРІ ТА СПОРТІ

¹Хмельницька Ірина, ¹Кашуба Віталій, ¹Шевчук Олена,

¹Кардаков Віктор, ¹Верзлова Каріна, ²Прудивус Наталія

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України

²Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Анотація. Актуальність теми дослідження. Факторний аналіз і метод головних компонентів належать до математичних дисциплін, призначених для опису багатовимірних об'єктів, і тому дуже широко використовуються у біологічних дослідженнях. Проте матеріалів, що допомагають користувачу, в тому числі, й спеціалісту сфери фізичної культури та спорту на практиці адекватно та коректно використовувати сучасні методи багатфакторного статистичного аналізу, на сьогодні недостатньо. **Мета дослідження** – описати методичні вимоги до використання факторного аналізу при проведенні досліджень у сфері фізичної культури та спорту. **Методи дослідження:** аналіз науково-методичної літератури, факторний аналіз. **Результати дослідження.** Факторний аналіз не вимагає апріорного поділу змінних на залежні та незалежні й усі змінні в ньому розглядають як рівноправні. У межах факторного аналізу немає необхідності припускати незалежність (некорельованість) змінних, як, наприклад, у регресійному або кореляційному аналізах. Навпаки, передбачається, що ці початкові змінні саме і є взаємозалежними. У факторному аналізі немає обмежень на кількість ознак, що первинно враховуються. І чим їх більше, тим для факторного аналізу краще, тим інформативнішими стають фактори. Пріоритетним аспектом організації та виконання факторного аналізу є встановлення кількості факторів, достатньої для адекватного представлення набору змінних. Наведено приклад використання факторного аналізу у визначенні факторної структури компонент біогеометричного профілю постави жінок вікового інтервалу 36-39 років за допомогою прикладного програмного забезпечення Statistica 14.0. **Висновки.**

THE FACTOR ANALYSIS AND THE PRINCIPAL COMPONENTS METHOD IN RESULTS PROCESSING OF SCIENTIFIC RESEARCH IN PHYSICAL CULTURE AND SPORTS

Khmelnitska Irene, Kashuba Vitalii, Shevchuk Olena, Kardakov Viktor, Verzhlova Karina, Prudyvus Nataliia

Abstract. Relevance of the research topic.

Factor analysis and the principal components method belong to mathematical disciplines designed to describe multidimensional objects, and therefore are very widely used in biological research. However, materials that help the user, including a specialist in the field of physical culture and sports, to use adequately and correctly the modern methods of multifactorial statistical analysis in practice, are currently insufficient. **The purpose of the study** is to describe the methodological requirements for the use of factor analysis when conducting research in the field of physical culture and sports. **Methods:** analysis of scientific and methodical literature, factor analysis. **Results.** Factor analysis does not require an a priori division of variables into dependent and independent, and all variables in it are considered equal. Within factor analysis, there is no need to assume independence (non-correlation) of variables, as for example in regression or correlation analyses. On the contrary, it is assumed that these initial variables are interdependent. There are no restrictions in factor analysis on the number of features that are initially taken into account. And the better factors for factor analysis become the more of them, the more informative. A priority aspect of organizing and performing factor analysis is establishing the number of factors sufficient to adequately represent the set of variables. An example of the factor analysis use in determining the factor structure of the components of the biogeometric posture profile of women aged

Факторний аналіз і метод головних компонентів у остаточному підсумку призначені для редукції розмірності первинного простору ознак. Факторний аналіз і метод головних компонентів мають загальну стратегію застосування, але різну технологію досягнення мети. Головні компоненти визначають на основі дисперсійного критерію, а загальні фактори конструюють так, щоб максимально пояснити наявні між ознаками кореляції.

36–39 years with the Statistica 14.0 application software was provided. **Conclusions.** Factor analysis and the principal components method are ultimately designed to reduce the dimensionality of the primary feature space. Factor analysis and the principal components analysis have a common strategy of application, but a different technology for achieving the goal. The main components are determined on the basis of the variance criterion, and the general factors are constructed in such a way as to maximally explain the existing correlations between the features.

Ключові слова: фактор, головні компоненти, факторне навантаження, методика, прикладна статистика, обробка результатів наукових досліджень фізична культура та спорт.

Keywords: factor, principal components, factor loading, methodology, applied statistics, processing of scientific research results, physical culture and sports.

Постановка проблеми. Сьогодні до статистичних методів як одного з найважливіших аналітичних інструментів у дослідженнях сфери фізичної культури та спорту пред'являється підвищений інтерес. Ми дотримуємося думки, що в педагогічному експерименті для аналізу даних необхідне застосування статистики, інакше висновки не можна вважати науково обґрунтованими. Тому представлення математичних методів, що використовуються для оброблення, а також математичних доказів вірогідності отриманих висновків має стати стандартом викладу будь-яких наукових результатів. Наукові роботи повинні задовольняти вимогам коректного, з точки зору математики, викладу наукових результатів [1].

Кожний біологічний об'єкт характеризується множиною ознак і є багатовимірним за своєю суттю, як ніякий інший. Однак, під час урахування множини показників, що описують біологічний об'єкт, часто виявляється, що чимало з них тісно взаємозалежні між собою. І це зовсім природно, оскільки, як правило, ознаки, що враховуються як різні, насправді описують (хоча й із різних сторін) ті самі характеристики біооб'єкта. У літературі цей момент носить назву постулату апріорної надмірності початкового опису досліджуваної системи [1].

Надмірність виникає внаслідок того, що багато ознак свідомо взаємозалежні. Проблема мультиколінеарності може бути вирішено за допомогою низки математичних методів, які дають змогу виявляти ті сховані від реєстрації («глибинні») характеристики, що викликають зміну реєстрованих («поверхневих») показників. За допомогою цих методів можна визначити нові змінні, називані в методі головних компонентів компонентами, а у факторному аналізі – факторами, знайти формули, що зв'язують вимірювані ознаки з факторами й головними компонентами, оцінити їхні значення для кожного дослідженого об'єкта [1].

Факторний аналіз (ФА) і метод головних компонентів належать до математичних дисциплін, призначених для опису багатовимірних об'єктів, і тому дуже широко використовуються у біологічних дослідженнях [1]. Проте матеріалів, що допомагають користувачу, в тому числі, й спеціалісту сфери фізичної культури та спорту на практиці адекватно та коректно використовувати сучасні методи багатфакторного статистичного аналізу, на сьогодні недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж останніх трьох десятиліть у наукових дослідженнях у фізичній культурі та спорті почали використовувати ФА [6, 8, 17]. Наприклад, у спортивних іграх факторний аналіз може використовуватись як один із методів вивчення особливостей змагальної діяльності [18]. Однією з перших таких робіт стало дослідження В. З. Бабушкіна. ФА дозволив виявити ряд факторів, що визначають успішність змагальної діяльності воротарів у футболі. Перший фактор інтерпретований як психологічний, другий фактор – антропометричний, третій фактор – ефективність діяльності, четвертий фактор названий особисто-ігровим [2].

ФА дає можливість більш економного опису вихідних взаємозв'язків при використанні меншого числа факторів, ніж вихідних показників. У дослідженні В. Кличко [7], яке засноване на 20 показниках спеціальних здібностей боксерів вищої кваліфікації, припущення факторного аналізу полягало в тому, що результати, які показують піддослідні, є результатом сукупної дії невеликої кількості факторів, що не спостерігаються. Проведений ФА цих показників дозволив виділити у структурі спеціальних здібностей боксерів вищої кваліфікації п'ять факторів. У першому, найбільш істотному, генеральному факторові (35,0 %) найвищу «вагу» має комплекс показників, що характеризують ефективність комбінації сили ударів правої-лівої й спеціальну працездатність боксерів. У другому факторові (18,0 %) системоутворючими є показники, що відбивають насамперед силу удару. Третій фактор (12,0 %) із найбільш значущим внеском (вагою) містить показники, що в основному характеризують силу удару з різних вихідних бойових положень – бічного, прямого. Четвертий (7,0 %) і п'ятий (6,0 %) фактори впливають на рівень розвитку спеціальних здібностей боксерів [7].

У публікації авторів В. О. Кашуба і С. П. Савлюк [3] описані результати ФА на основі інформативних показників просторової організації тіла та фізичного стану дітей 6-10 років із депривацією зору та слуху. Шляхом факторного аналізу в структурі просторової організації тіла та фізичного стану дітей 6-10 років із депривацією слуху визначено 11 факторів, ідентифікованих як: «інтегрований фізичний стан», «інтегрований», «морфофункціональний», «соматометричний компонент фізичного розвитку», «стан біогеометричного профілю постави в сагітальній площині», «стан біогеометричного профілю постави у фронтальній площині», «оцінювання біогеометричного профілю постави», «фізична підготовленість», «фізичний розвиток», «функціональний стан дихальної системи», «функціональний стан серцево-судинної системи», а у дітей із депривацією зору – 13 факторів, серед яких 11 ідентичні факторам, визначеним для дітей із

депривацією слуху, а інші – «силовий» і «швидкісно-силові можливості» – дібрано для дітей із депривацією зору [3].

Аналіз наукової літератури показав, що вивченню різних аспектів використання ФА в практиці фізичної культури та спорту присвячена значна частка досліджень [3, 4, 5, 6, 7, 18]. Однак цей напрямок не можна назвати вичерпним, адже проведення багатомірного факторного аналізу є достатньо складним і потребує допомоги з боку фахівців в області прикладної статистики [1].

Зв'язок із науковими планами, темами. Роботу виконано згідно до Плану НДР Національного університету фізичного виховання і спорту України на 2021–2025 рр. за темою 3.2 «Теоретико-методичні основи біомеханічних технологій у фізичному вихованні, спорті, реабілітації з урахуванням індивідуальних особливостей моторики людини» (номер держреєстрації 0121U107944).

Мета дослідження – описати методичні вимоги до використання факторного аналізу при проведенні досліджень у сфері фізичної культури та спорту.

Методи дослідження: аналіз науково-методичної літератури, факторний аналіз.

Результати дослідження. Основними завданнями ФА є: 1) визначення факторних навантажень, 2) оцінювання кількості загальних факторів, 3) їх інтерпретація й 4) оцінювання (розрахунки) факторів. ФА призначено для знаходження загальних факторів, що в ідеалі не повинні корелювати один з одним. Отже, виходить, що всі фактори (загальні, характерні й випадкові) не корелюють між собою.

У ФА під фактором розуміється гіпотетична (латентна, прихована) змінна, яку безпосередньо не вимірюють у дослідженні. Більше того, її не може бути експериментально (інструментально) виміряно. Але передбачається, що ті змінні, які в дослідженні реєструють й аналізують, є проявом дії цих факторів. Іноді загальні фактори навіть називають причинами, а спостережувані ознаки – їхніми наслідками.

Завдання ФА полягає в тому, щоб визначити кількість і природу первинних факторів. ФА багато в чому є аналогічним методу головних компонентів, однак критерії переходу до нової системи ознак інші. Якщо головні компоненти визначають на основі дисперсійного критерію (пошук вісі з максимальною дисперсією), то загальні фактори конструюють таким чином, щоб максимально пояснити наявні між ознаками кореляції. Перший загальний фактор знаходиться з умови, щоб парні кореляції між вихідними ознаками були якнайменшими, якщо вплив цього фактора враховано. Наступний загальний фактор повинен бути некорельованим із першим. Він знаходиться з умови максимального ослаблення кореляцій, що залишилися, і т.д.

Доцільність переходу від безпосередньо вимірюваних змінних до штучно формованих факторів (компонентів) визначається як мінімум за трьома причинами. По-перше, здійснюється перехід від великої початкової сукупності ознак до набагато

меншої (на порядок) кількості факторів. По-друге, цей перехід надає можливість позбутися «інформаційного шуму», наявного в початковій множині змінних. І, нарешті, ці нові змінні можуть дійсно мати нову якість, принципово не вимірювану в дослідженні, але яка й генерує ті показники, які реєструються в дослідженні.

Для того, щоб ці методи використати ефективно, початкові дані повинні відповідати таким умовам.

1. Ознаки повинні бути рівноправні між собою й характеризувати стан біооб'єкта. У число аналізованих змінних не рекомендується одночасно включати змінні, які, наприклад, характеризують і рівні деякого впливу на об'єкт, і відгуки на ці впливи.

2. Вимірювані ознаки повинні бути безперервними випадковими величинами, тобто належати до змінних шкали відношень.

3. Бажано, щоб їхній багатовимірний розподіл відповідав нормальному закону розподілу.

4. Значення змінних повинні бути безпосередньо зареєстровані у дослідженні. У таблиці даних не повинно бути таких змінних, які є похідними від первинних змінних, тобто таких, які розраховуються з первинних за допомогою деяких функцій перетворення.

Основною перевагою методу головних компонентів (МГК) є те, що опис об'єктів у просторі головних компонентів має найменші викривлення особливостей їхнього взаємного розташування, в порівнянні з описом у будь-якому іншому підпросторі такої ж розмірності.

ФА не вимагає апріорного поділу змінних на залежні та незалежні й усі змінні в ньому розглядають як рівноправні. У межах факторного аналізу немає необхідності припускати незалежність (некорельованість) змінних, як, наприклад, у регресійному або кореляційному аналізах. Навпаки, передбачається, що ці початкові змінні саме і є взаємозалежними. Крім того, у факторному аналізі немає обмежень на кількість ознак, що первинно враховуються. І, чим їх більше, тим для факторного аналізу краще, тим інформативнішими стають фактори.

Вимога до змінних бути кількісними й мати нормальний розподіл не настільки жорстка й окремі етапи факторного аналізу можна виконувати й для рангових змінних, і за істотних відхилень розподілу від нормального закону.

Сформовані за допомогою факторного аналізу нові змінні самі можуть виступати в якості незалежних змінних, наприклад, у моделях множинної регресії або вважатися інтегральними (комплексними) змінними.

Пріоритетним аспектом організації та виконання ФА є встановлення кількості факторів, достатньої для адекватного представлення набору змінних. Оскільки процес ФА вимагає передусім попереднього задання кількості факторів, перший етап ФА передбачає проведення аналізу його базових компонент.

Визначення кількості загальних факторів. Кількість загальних факторів можна визначати як за формальними, так і за змістовними критеріями. Як і для оцінювання кількості головних компонентів, є різні підходи до розв'язання цього

завдання. Найпоширеніший із них пов'язаний із розглядом внесків факторів у дисперсію ознак.

У разі використання звичайної кореляційної матриці число загальних факторів можна вважати рівним кількості власних значень, більших або рівних одиниці (критерій Кайзера). Тобто, відбирають тільки ті фактори, які обумовлюють «окрему» дисперсію, еквівалентну, принаймні, дисперсії однієї змінної.

Якщо власні числа відкласти на графіку залежно від порядкового номера фактора (попередньо проранжувавши їх у порядку «зменшення значущості»), то кількість факторів можна виділити за «точкою перегину» крутої ділянки графіка у положу ділянку. Цей прийом, запропонований Кеттелом, зветься «критерієм кам'янистого осипу».

Для всіх цих підходів може бути застосовано покрокові процедури як послідовного додання факторів, так і послідовного зменшення їхньої кількості.

У ФА вважається цілком припустимим вибір кількості факторів експертним шляхом, тобто, фактично за волею дослідника. Якщо в результаті розрахунків «гіпотеза» про їхню кількість підтверджується, усе добре й усі задоволені. Якщо ні, тоді це число змінюють у той або інший бік, поки результати не стануть задовільними.

Трактування факторів – найменш формалізований і найбільш творчий етап ФА. Основна ідея з'ясування «глибинних зв'язків» і «загальних причин» полягає в аналізі коефіцієнтів кореляції між початковими змінними й факторами. Для кожного фактора виявляють деяку кількість початкових характеристик біооб'єкта, взаємопов'язаних із ним (із урахуванням знака зв'язку!), а далі включають ерудицію для трактування цього зв'язку й уяву – для пошуку назви фактора.

Взаємозв'язок факторів із початковими змінними оцінюють або за допомогою кореляційного аналізу, або шляхом розгляду й аналізу факторних навантажень.

Слід зазначити, що факторний аналіз – це одна з досить складних тем, яка не вимагає докладного висвітлення з наведенням конкретних формул, оскільки нині у цьому немає потреби у зв'язку з доступністю і широким використанням комп'ютерів для обробки числової інформації. Це дало можливість для подачі у навчальний час нового матеріалу, який необхідний фахівцю сфери фізичного виховання та спорту для того, щоб за допомогою прикладної статистики навчитися застосовувати правильні рішення у складних ситуаціях [1, 14].

У другій половині XX століття ФА було включено у всі основні пакети статистичної обробки даних, у тому числі, R, SAS, SPSS, Statistica, Stata, JMP і Systat [16, 20, 21].

Наведемо приклад використання ФА у визначенні факторної структури компонент біогеометричного профілю постави жінок вікового інтервалу 36-39 років за допомогою прикладного програмного забезпечення Statistica 14.0 [8].

Для з'ясування кількості факторів використовували критерій відсіювання Р. Кеттелла (scree-test), що потребувало побудову графіка власних значень (рис. 1).

Кількість факторів визначалася приблизно за точкою перегину на графіку своїх значень до його виходу на пологую пряму після різкого спаду.

Вивчення графіка, наведеного на рис. 1, дає підстави зробити висновок про доцільність виокремлення у структурі біогеометричного профілю постави жінок 36-39 років двох факторів (табл. 1), що відображають компонентні навантаження показників факторної структури біогеометричного профілю постави жінок 36-39 років [8].

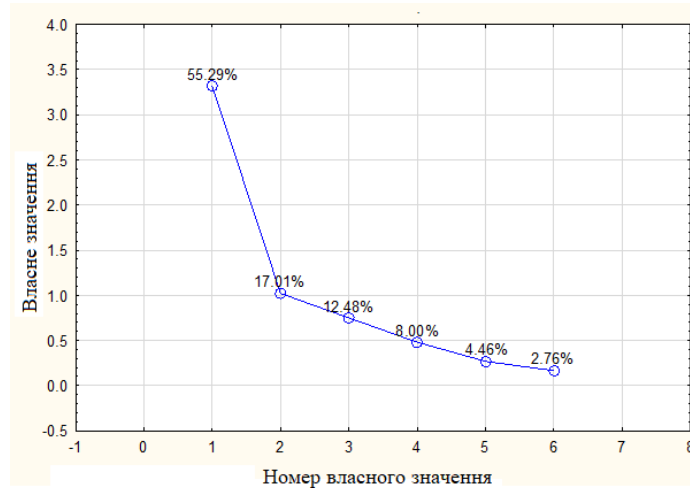


Рис. 1. Графік власних значень кореляційної матриці компонент стану біогеометричного профілю постави жінок 36–39 років [8]

Таблиця 1

Факторні навантаження показників біогеометричного профілю постави жінок 36–39 років [8]

Площина	Показники біогеометричного профілю постави жінок		Фактор 1 (55,29 %)	Фактор 2 (17,01 %)
сагітальна площина	кут нахилу голови (α_1)		-0.284	-0.931
	грудний кіфоз (відстань l_1)		-0.852	0.329
	кут нахилу тулуба (α_2)		-0.742	-0.145
	живіт (відстань l_2)		-0.879	0.138
	поперековий лордоз (відстань l_3)		-0.674	0.036
	кут у колінному суглобі (α_3)		-0.856	-0.063
фронтальна площина	вигляд спереду	положення кісток тазу (α_4)	-0.385	-0.369
	вигляд ззаду	симетричність надпліч (α_5)	-0.265	-0.591

Факторні навантаження компонент рівня стану біогеометричного профілю постави жінок часового зрізу 36-39 років зображено на рис. 2.

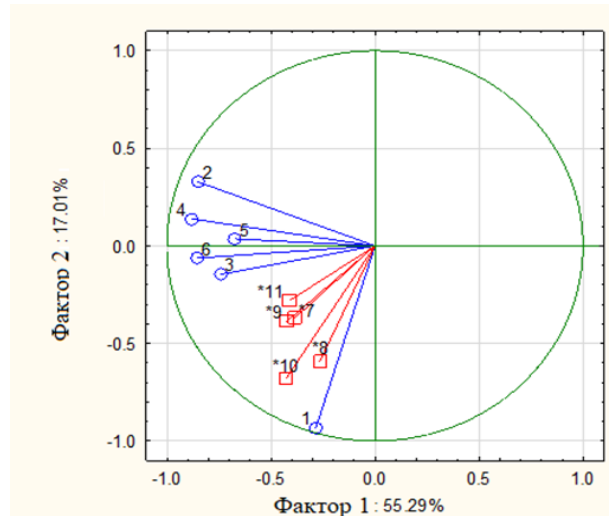


Рис. 2. Факторні навантаження компонент рівня стану біогеометричного профілю постави жінок 36–39 років [8]:

□ - *сагітальна площина* : кут нахилу голови (α_1), грудний кіфоз (відстань l_1), кут нахилу тулуба (α_2), живіт (відстань l_2), поперековий лордоз (відстань l_3), кут у колінному суглобі (α_3);

□ - *фронтальна площина*: положення кісток тазу (α_4), симетричність надпліч (α_5), трикутники талії, симетричність нижніх кутів лопаток (α_6), постановка стоп [8].

Дискусія. Метод головних компонентів і факторний аналіз настільки схожі за своєю ідеологією, що часто метод головних компонентів вважається одним із прийомів ФА [9, 11, 13].

У багатьох посібниках з ФА викладають елементи МГК і навпаки [1, 10, 12, 15]. Який із підходів є частиною іншого – питання скоріше термінологічне, а не змістовне. І факторний аналіз, і метод головних компонентів в остаточному підсумку призначено для зменшення розмірності первинного простору ознак, його згортки (редукції) [19, 22].

Незважаючи на загальну стратегію застосування, ФА й МГК мають різну тактику (технологію) досягнення мети. Якщо головні компоненти визначають на основі дисперсійного критерію, то загальні фактори конструюють так, щоб максимально пояснити наявні між ознаками кореляції.

МГК є переважно алгебраїчним підходом до розв'язку поставленого завдання. Головні компоненти визначають за початковою інформацією однозначно і тому мають деякі цінні властивості. На жаль, змістовно інтерпретувати модель головних компонентів, як правило, не вдається.

ФА дає можливість вибрати з набору математично еквівалентних розв'язків той, який максимально відповідає апріорним і змістовним уявленням дослідника й унаслідок цього одержати більш логічну й

У ФА та МГК, як і в більшості інших статистичних методів, використовують моделі лінійного типу. Тому, перш ніж приступати до аналізу, бажано переконатися, наприклад, за допомогою діаграм розсіювання (скаттерграм), що спільна зміна будь-яких двох вимірюваних ознак описується лінійною залежністю. У випадку явних нелінійних відповідностей ознаки слід призвести до більш лінійного виду (лінеаризувати) [19, 22].

Висновки

1. Аналіз наукової літератури показав, що методика використання факторного аналізу при проведенні досліджень у сфері фізичної культури та спорту висвітлена недостатньо.

2. Факторний аналіз і метод головних компонентів в остаточному підсумку призначені для редукції розмірності первинного простору ознак.

3. Факторний аналіз і метод головних компонентів мають загальну стратегію застосування, але різну технологію досягнення мети. Головні компоненти визначають на основі дисперсійного критерію, а загальні фактори конструюють так, щоб максимально пояснити наявні між ознаками кореляції.

4. У якості прикладу використання факторного аналізу за допомогою прикладного програмного забезпечення Statistica 14.0 представлено визначення факторної структури компонент біогеометричного профілю постави жінок вікового інтервалу 36-39 років.

Список літературних джерел:

1. Антомонов М.Ю., Коробейніков Г.В., Хмельницька І.В., Харковлюк-Балакіна Н.В. Математичні методи оброблення та моделювання результатів експериментальних досліджень: навчальний посібник. Олімпійська література. К., 2021, 216 с.
2. Бабушкін В. З. Факторний аналіз ігрової діяльності спортсменів. У кн.: Спеціалізація у спортивних іграх. К.: Здоров'я, 1991. С. 78 - 129.
3. Кашуба В., Савлюк С. Теоретико-методичні основи профілактики та корекції просторової організації тіла дітей 6–10 років з депривацією сенсорних систем у процесі адаптивного фізичного виховання [Електронний ресурс]. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2018. № 3. С. 70-79. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/TMFVS_2018_3_13
4. Кашуба В., Футорний С., Афанасьєв С. та ін. Теоретико-методичні основи корекційно-профілактичних технологій у процесі занять оздоровчим фітнесом осіб зрілого віку з порушеннями просторової організації тіла. Спортивна медицина, фізична терапія та

References:

1. Antomonov M.Yu., Korobeinikov G.V., Khmelnytska I.V., Kharkovlyuk-Balakina N.V. Mathematical methods for compiling and modeling the results of experimental research: a basic guide. Olympic literature. K., 2021, 216 p.
2. Babushkin V. Z. Factor analysis of the gaming activity of athletes. In the book: Specialization in sports games. K.: Health, 1991. P. 78 - 129.
3. Kashuba V., Savlyuk S. Theoretical and methodological foundations of prevention and correction of spatial organization of the body of children 6–10 years of age with deprivation of sensory systems in the process of adaptive development izichnogo vyhovannya [Electronic resource]. Theory and methodology of physical training and sports. 2018. No. 3. P. 70-79. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/TMFVS_2018_3_13
4. Kashuba V., Futornii S., Afanasyev S. and in. Theoretical and methodological foundations of corrective and preventive technologies in the process of engaging in healthy fitness in adulthood with impaired spatial organization of the body. Sports

- ерготерапія. 2021. № 2. С. 65–72. DOI: 10.32652/spmed.2021.2.65-72.
5. Кашуба В., Ткачева А., Футорний С. Диференційований підхід при організації профілактико-оздоровчих занять з особами зрілого віку із урахуванням морфофункціональних та біомеханічних показників. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*. 2023. № 15. Вип. 34. С. 28–36. DOI:10.31652/2071-5285-2023-15(34)-28-36
6. Климчук В.О. Факторний аналіз: використання у психологічних дослідженнях. *Практична психологія та соціальна робота*. 2006. №8. С. 43-48.
7. Кличко В. Формування структури спеціальних здібностей боксерів найвищої кваліфікації. *Наука у олімпійському спорті*. № 1. 2000. С. 11.
8. Лазько О., Бондарь О., В. Луцький та ін. Структура та зміст технології корекції порушень кістково-м'язової системи жінок 36-45 років засобами оздоровчого фітнесу. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць: Випуск 13 (32)*. Вінниця, 2022. С. 324-335. DOI: 10.31652/2071-5285-2022-13(32)-324-335.
9. Alpaydin. *Introduction to Machine Learning* (5th ed.). 2020. pp. 528–9.
10. Brown J. D. Principal components analysis and exploratory factor analysis – Definitions, differences and choices. (January 2009). Shiken: JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter. Retrieved 16 April 2012.
11. Bartholomew D., Knotts M., Moustaki I. *Latent variable models and factor analysis: A unified approach*. (3rd ed.). West Sussex, UK: John Wiley & Sons. 2011.
12. Child D. *The essentials of factor analysis*. (3rd ed.). New York, NY: Continuum International Publishing Group. 2006.
13. Costello A.B., Osborne J.W. Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 2005. 10(7), 1-9.
14. Effect of health fitness on the state of posture's biogeometric profile and physical preparedness of 36-45-year-old men / V. Kashuba et al. *J. Phys. Educ. Sport*. 2021. No. 21(S5). P. 2850–2856.
15. Field A. *Discovering Statistics Using SPSS: Introducing Statistical Method* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications. 2009.
16. Fog A. *Two-Dimensional Models of Cultural Differences: Statistical and Theoretical Analysis*. *CrossCultural Research*, 2023. 57(2-3), 115-165.
- 10.32652/spmed.2021.2.65-72.
5. Kashuba V., Tkacheva A., Futornyi S. Differential approaches when organizing preventive and health-improving activities for adults in adulthood due to the regulation of morphofunctional and biomechanical indicators. *Physical culture, sports and the health of the nation*. 2023. No. 15. VIP. 34. pp. 28–36. DOI:10.31652/2071-5285-2023-15(34)-28-36
6. Klimchuk V.O. Factor analysis: research in psychological research. *Practical psychology and social work*. 2006. No. 8. pp. 43-48.
7. Klitschko V. Formation of the structure of special abilities of boxers of the highest qualification. *Science in Olympic sports*. No. 1. 2000. P. 11.
8. Lazko O., Bondar O., V. Lutsky and in. The structure and replacement of technology for correction of damage to the cystic-muscle system of women 36-45 years old through the means of healthy fitness. *Physical culture, sports and national health: collection of scientific works: Issue 13 (32)*. Vinnytsia, 2022. pp. 324-335. DOI: 10.31652/2071-5285-2022-13(32)-324-335.
9. Alpaydin. *Introduction to Machine Learning* (5th ed.). 2020. pp. 528–9.
10. Brown J. D. Principal components analysis and exploratory factor analysis – Definitions, differences and choices. (January 2009). Shiken: JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter. Retrieved 16 April 2012.
11. Bartholomew D., Knotts M., Moustaki I. *Latent variable models and factor analysis: A unified approach*. (3rd ed.). West Sussex, UK: John Wiley & Sons. 2011.
12. Child D. *The essentials of factor analysis*. (3rd ed.). New York, NY: Continuum International Publishing Group. 2006.
13. Costello A.B., Osborne J.W. Best practices in

- Cultural Differences: Statistical and Theoretical Analysis. CrossCultural Research, 2023. 57(2-3), 115-165.
<https://doi.org/10.1177/10693971221135703>
17. Kashuba V., Khmel'nitska I., Andrieieva O. et al. Biogeometric profile of the posture as a factor of men's functional assessment of movements in the early middle age. Sport Mont. 2021. No. 19(2). P. 35–39. DOI:10.26773/smj.210907
18. Kostyukevych V.M., Lysenchuk G.A., Perepelytsya O.A. General Principles of Athlete Training Management. Theoretical and Methodical Foundations of Managing the Training Process of Athletes of Various Qualifications: Collective Monograph / ed. by V. M. Kostyukevych. Vinnytsia: Planer LLC. 2018. P. 6-33.
19. Mulaik, Stanley A. Foundations of Factor Analysis. Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press. 2010. p. 6.
20. Ritter, N. A comparison of distribution-free and non-distribution free methods in factor analysis. Paper presented at Southwestern Educational Research Association (SERA) Conference 2012, New Orleans, LA (ED529153).
21. Tabachnick B. G., Fidell L. S. Using multivariate statistics (5th ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon. 2007.
22. Tutorials in Quantitative Methods for Psychology. 2013. Vol. 9(2). p. 79-94.
<https://doi.org/10.1177/10693971221135703>
17. Kashuba V., Khmel'nitska I., Andrieieva O. et al. Biogeometric profile of the posture as a factor of men's functional assessment of movements in the early middle age. Sport Mont. 2021. No. 19(2). P. 35–39. DOI:10.26773/smj.210907
18. Kostyukevych V.M., Lysenchuk G.A., Perepelytsya O.A. General Principles of Athlete Training Management. Theoretical and Methodical Foundations of Managing the Training Process of Athletes of Various Qualifications: Collective Monograph / ed. by V. M. Kostyukevych. Vinnytsia: Planer LLC. 2018. P. 6-33.
19. Mulaik, Stanley A. Foundations of Factor Analysis. Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press. 2010. p. 6.
20. Ritter, N. A comparison of distribution-free and non-distribution free methods in factor analysis. Paper presented at Southwestern Educational Research Association (SERA) Conference 2012, New Orleans, LA (ED529153).
21. Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. Using multivariate statistics (5th ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon. 2007.
22. Tutorials in Quantitative Methods for Psychology 2013, Vol. 9(2), p. 79-94.

DOI: 10.31652/2071-5285-2024-18(37)-279-289

Відомості про авторів:

Хмельницька І.; orcid.org/0000-0003-0141-3301; khmeln.irene@gmail.com;
Національний університет фізичного виховання і спорту України

Кашуба В.; orcid.org/0000-0001-6669-738X; Vitaliy_kashuba@ukr.net;
Національний університет фізичного виховання і спорту України

Шевчук О.; orcid.org/0000-0003-4117-1474; el.zhezel@gmail.com;
Національний університет фізичного виховання і спорту України

Кардаков В.; orcid.org/0009-0008-5026-7746; victorkardakov7@gmail.com;
Національний університет фізичного виховання і спорту України

Верзлова К.; orcid.org/0009-0009-9363-6430; Національний університет
фізичного виховання і спорту України

Прудивус Н.; orcid.org/0009-0003-1761-9467; xiaomi95195@gmail.com;
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського