



Використання теорії невизначеності при дослідженні показників просторового сприйняття в єдиноборствах

Михальський В. П., Романенко В. В.

Харківська державна академія фізичної культури, Харків, Україна

Анотація

Мета: дослідити показники просторового сприйняття єдиноборців з використанням положень теорій невизначеності.

Матеріал та методи. Методи дослідження: аналіз і узагальнення науково-методичної літератури, психофізіологічні вимірювання, математико-статичні методи з використанням ліцензійних програм RStudio та Numbers. Дослідження проведено в декілька етапів. На першому етапі, з урахуванням особливостей спортивної діяльності єдиноборців, розроблено мобільний застосунок «Spatial Perception» для оцінки їх просторового сприйняття. На другому етапі апробовано використання застосунку в «польових умовах» та розширені можливості мобільного застосунку з точки зору отримання детальної характеристики вимірювань з використанням положень теорії невизначеності. В дослідженні приймали участь таеквондисти-юніори 14-17 років (n=25, кваліфікація: 1-й розряд та кандидати в майстри спорту України).

Результати: згідно виконаних вимірювань досліджуваних єдиноборців можна зазначити, що найбільша частота показників часу реакції лежить в межах 583 мс (n=291). На другому етапі тестової вправи, де виконавцю необхідно реагувати на не рухомі 3D фігури, відмічається збільшення міжквартильного діапазону на 22 мс та порушення симетрії даних. Саме на цьому етапі відмічено найбільше значення стандартного відхилення (SD=172,0 мс). Це свідчить про високу варіативність часу реакції (V=22,7 %). Також, можна побачити збільшення часу реакції на четвертому етапі в порівнянні з результатом третього етапу на 11,5 мс та збільшення відсотка помилок на 1,4 % (на цьому етапі зафіксовано найбільший відсоток помилок 8,2 %). На підставі використання функцій належності створені нечіткі множини, що дозволило оцінити кожний показник за шкалою від 0 до 1. Аналіз виконання тестової вправи єдиноборцями, які мають розряд КМС (кандидат в майстри спорту) свідчить, що загальна оцінка за весь тест «Добре», коефіцієнт ваги 0,74, що є ближче до оцінки «Відмінно». Слід зазначити, що найбільший коефіцієнт ваги відмічено на другому етапі тестового завдання. Високий коефіцієнт ваги (0,79) на цьому етапі відображає здібності швидко розпізнавати 3D фігури у просторі на підставі аналізу окремих частин фігур. Також можна відмітити низький відсоток помилок (3 %) на четвертому, самому складному етапі. Це може свідчити про здатність утримувати увагу на об'єкті та стійкості до зорових стимулів, що заважають. Відповідно до результатів єдиноборців, які мають 1-й розряд відмічено, що вони виконали тестову вправу на оцінку «Добре» та мають загальний ваговий коефіцієнт 0,34. Оцінка на кожному з етапів тесту «Добре» але значення вагових коефіцієнтів ближче до оцінки «Задовільно». Значення вагових коефіцієнтів демонструють, що рівень просторового сприйняття цієї групи спортсменів нижче середнього рівня. Також слід зазначити збільшення відсотків помилок, особливо на четвертому етапі (11,7 %), що вказує на негативний вплив на час реакції додаткових зорових стимулів. Найбільша різниця між ваговими коефіцієнтами досліджуваних груп відмічена на другому етапі та складає 49%, найменша на четвертому етапі 27 %.

Висновки. Використання методів нечіткої логіки є перспективною сферою діяльності та знаходить своє застосування в спортивній діяльності. Визначено рівні прояву просторового сприйняття за ваговими коефіцієнтами. Так, група спортсменів з розрядом КМС отримала загальну оцінку за весь тест «Добре» з коефіцієнтом ваги 0,74, а єдиноборці 1-го розряду отримали загальну оцінку за весь тест «Добре» з коефіцієнтом ваги 0,34. Порівняння результатів оцінки часу реакції єдиноборців з розрядом КМС зі спортсменами 1-го розряду свідчить, що між показниками існують статистично значимі відмінності (p<0,05). Використання теорії невизначеності при оцінці просторового сприйняття надає можливість створювати гнучкі системи оцінки та дозволяє об'єднувати різні показники в один комплексний результат.

Ключові слова: просторове сприйняття, теорія невизначеності, вимірювання, єдиноборства, мобільні пристрої.

Abstract

Using the theory of uncertainty in the study of spatial perception in martial arts

Mikhalskyi V., Romanenko V.

Purpose: to study the indicators of spatial perception of martial artists using the provisions of uncertainty theories.



Material and Methods. Research methods: analysis and synthesis of scientific and methodological literature, psychophysiological measurements, mathematical and statistical methods using licensed programs RStudio and Numbers. The study was conducted in several stages. At the first stage, taking into account the peculiarities of martial artists' sports activities, a mobile application «Spatial Perception» was developed to assess their spatial perception. At the second stage, the use of the application in the field was tested and the capabilities of the mobile application were expanded in terms of obtaining detailed characteristics of measurements using the provisions of the theory of uncertainty. The study involved junior taekwondo athletes aged 14-17 years ($n=25$, qualification: 1st category and candidates for master of sports of Ukraine).

Results: according to the measurements of the studied martial artists, it can be noted that the highest frequency of reaction time indicators lies within 583 ms ($n=291$). At the second stage of the test exercise, where the performer needs to react to non-moving 3D figures, there is an increase in the interquartile range by 22 ms and a violation of the symmetry of the data. It was at this stage that the largest value of the standard deviation was noted ($SD=172,0$ ms). This indicates a high variability of reaction time ($V=22,7\%$). Also, we can see an increase in reaction time at the fourth stage compared to the result of the third stage by 11,5 ms and an increase in the percentage of errors by 1,4 % (at this stage, the highest percentage of errors was recorded at 8,2 %). Based on the use of membership functions, fuzzy sets were created, which made it possible to evaluate each indicator on a scale from 0 to 1. The analysis of the test exercise performance by martial artists who have the category of KMS (candidate for master of sports) shows that the overall score for the entire test is «Good», the weighting factor is 0,74, which is closer to the «Excellent» score. It should be noted that the highest weighting coefficient was observed in the second stage of the test task. The high weighting factor (0,79) at this stage reflects the ability to quickly recognize 3D shapes in space based on the analysis of individual parts of the shapes. We can also note the low percentage of errors (3 %) at the fourth, most difficult stage. This may indicate the ability to maintain attention on the object and resistance to disturbing visual stimuli. According to the results of the martial artists who have the 1st category, it was noted that they performed the test exercise with a score of «Good» and have a total weighting factor of 0,34. The score at each stage of the test is «Good», but the values of the weighting coefficients are closer to the «Satisfactory» score. The values of the weighting coefficients demonstrate that the level of spatial perception of this group of athletes is below average. It is also worth noting the increase in the percentage of errors, especially at the fourth stage (11,7 %), which indicates a negative impact on the reaction time of additional visual stimuli. The biggest difference between weight coefficients of the studied groups was noted at the second stage and made 49 %, the smallest at the fourth stage – 27 %.

Conclusions. The use of fuzzy logic methods is a promising area of activity and finds its application in sports activities. The levels of manifestation of spatial perception by weight coefficients have been determined. Thus, a group of sportsmen with a category of CMS received an overall mark for the whole test «Good» with a weight coefficient of 0,74, and martial artists of the 1st category received an overall mark for the whole test «Good» with a weight coefficient of 0,34. Comparison of results of the estimation of reaction time of martial artists with a category of CMS with sportsmen of the 1st category testifies that there are statistically significant differences between indicators ($p<0,05$). The use of the theory of uncertainty in the assessment of spatial perception makes it possible to create flexible assessment systems and allows combining different indicators into one complex result.

Keywords: spatial perception, uncertainty theory, measurement, martial arts, mobile devices.

Вступ

Концепція теорії невизначеності включає в себе ідею розмитих, а не точних імовірнісних міркувань з різним ступенем істинності. У 1920 році на підставі досліджень проблематики багатозначних логічних систем було запропоновано використовувати тризначну логіку, додавши невизначену умову на додаток до хибної та істинної (Łukasiewicz, 1920). Перша згадка про термін «нечітка логіка» датується 1965 роком, коли Лотфі Заде опублікував кілька наукових досліджень, в яких представив так звані нечіткі множини як ефективний інструмент для визначення більш реалістичних класів об'єктів, взятих з реального життя. Будь-які вимірювання можна вважати невизначеною множиною. Така множина характеризується функцією, яка присвоює кожному об'єкту ступінь приналежності в діапазоні від 0 до 1. Це дозволяє моделювати ситуації, де існують градації або невизначеність (Zadeh, 1965 a, b). Дослідження Заде створили основу для створення теорії невизначеності або теорії нечіткої логіки. Застосування теорії невизначеності дозволяє працювати з поняттями, які

не мають чітких границь або точних визначень. Нечітка логіка ближча за духом до людського мислення (Shih-Ming Bai, & Shyi-Ming Chen, 2008).

З кінця 1980-х років теорія невизначеності була прийнята як технологія, що розвивається. Це пов'язано з широким спектром успішних застосувань в різних галузях життєдіяльності людини. Так, в дослідженні (Jafari Petrudī, Pirouz & Pirouz, 2013) фахівцями розглянута проблема оцінки успішності студентів. Встановлено, що на фоні зростаючій конкуренції за кар'єру є край важливим успішність студентів у всіх секторах, включаючи академічні інститути. Фахівці запропонували новий метод оцінки успішності студентів, який було засновано на системах нечіткої логіки. В дослідженні (Das, Roy Chowdhury, & Saha, 2012) побудовано математичні моделі процесу прийняття рішень людиною в медичній діагностичній системі з використанням нечітких множин. Крім того, запропоновано та аналітично визначено показник точності нечіткої експертної системи.

В останні роки в спортивній науці відбулися значні



зміни в аналізі спортивних результатів, головним чином завдяки доступу до сучасних технологій (Пришляк, Некрасов, & Цап, 2024; Li, & Jawis, 2024; Podrigalo, et al., 2019; Romanenko, et al., 2022). В дослідженні (Zderčík, Hubáček, & Zháněl, 2018) представлено можливості оцінювання результатів тестування з використанням нечіткого підходу та порівняння їх з результатами, отриманими за допомогою класичного дискретного підходу в тенісі. Фахівці в своєму дослідженні (Novatchkov, & Vasa, 2013) запропонували використання нечіткої логіки для оцінювання якості силових тренувань. Основною метою даного дослідження було застосування ідеї нечіткої логіки та нечітких станів для оцінки та класифікації вправ, що виконуються на оснащених датчиками силових тренажерах, відповідно до рекомендацій та критеріїв безперервних силових тренувань. В дослідженні (Li, & Jawis, 2024) фахівці запропонували систему нечіткого логічного висновку на основі нечіткої логіки для оцінки якості гри в бадмінтоні. Було зроблено висновок, що нечітка логіка може бути ефективним інструментом у ситуаціях, де допускається як кількісна, так і якісна інтерпретація даних. Автори дослідження (Jun Jiang, Junjie Lv, & Muhammad Bilal Khan, 2023) розглянули проблематику вивчення візуальної інформації, яка стосується різних аспектів розвитку китайських бойових мистецтвах з використанням нейронних мереж, які побудовані на основі теорії нечітких множин.

Таким чином у спорті використання методів нечіткої логіки є перспективною сферою діяльності та знаходить своє застосування в таких напрямках як оцінка та аналіз різноманітних показників, які характеризують рівень здібностей або підготовленості спортсменів, управління тренувальним процесом, розробка адаптивних тренувальних програм та інші.

Слід зазначити, що в єдиноборствах, особливо на рівні високих досягнень, підвищуються вимоги до розвитку когнітивних здібностей, таких як пам'ять, увага, сприйняття та обробка зовнішньої інформації. Змагальна діяльність в єдиноборствах вимагає від спортсмена швидкого аналізу ситуації, складного вибору дій в умовах браку часу, а також здатності оперативно реагувати на подразники та стресові фактори (Коробейніков, та ін., 2013; Романенко, та ін., 2021). Водночас прояв когнітивних здібностей у змагальних умовах залежить від індивідуально-типологічних особливостей спортсмена, які визначають його індивідуальний стиль ведення бою.

Дослідження психофізіологічних показників єдиноборців має велике значення для визначення їх функціонального стану, прогнозування результатів спортивного вдосконалення та пошуку резервів щодо підвищення якості змагальної діяльності (Тропін, Романенко, & Латишев, 2021; Hromcik, Zvonar, & Balint, 2019; Surina-Marysheva, Erlikh, Kantjukov, & Naumova, 2019). Порівняння різноманітних показників, які мають різні значення та характеризують різні здібності є надзвичайно важливим для загальної оцінки підготовленості спортсменів (Тропін, et al., 2022; Romanenko, et al., 2020).

Застосування теорії нечіткої логіки для визначення рівня психофізіологічних здібностей, зокрема просторового сприйняття в єдиноборствах, може стати ефективним

засобом оцінки сприйняття візуальної інформації, а також швидкості та точності її обробки з урахуванням їхньої багатомірності та варіативності.

Зв'язок дослідження з науковими програмами, планами і темами. Дослідження проводилося відповідно до теми науково-дослідної роботи Харківської державної академії фізичної культури «Оптимізація тренувального процесу в єдиноборствах» (номер державної реєстрації 0121U112873).

Мета дослідження – дослідити показники просторового сприйняття єдиноборців з використанням теорії невизначеності.

Матеріал та методи дослідження

Дослідження проведено в декілька етапів. На першому етапі, з урахуванням особливостей спортивної діяльності єдиноборців, розроблено мобільний застосунок для оцінки їх просторового сприйняття. На другому етапі апробовано використання застосунку в «польових умовах» та розширені можливості мобільного застосунку з точки зору отримання детальної характеристики вимірювань з використанням положень теорії невизначеності.

Мобільний застосунок «Spatial Perception» розроблено для мобільних пристроїв під керування iPadOS, який дозволяє оцінювати рівень просторового сприйняття єдиноборців. Виконавцю тестового завдання необхідно швидко розпізнавати фігури та натискати «Correct» якщо фігури однакові та «Incorrect» якщо різні. Тестове завдання складається з чотирьох етапів. На першому етапі необхідно розпізнати прості двовимірні фігури, на другому тривимірні. Завдання третього етапу відрізняється від другого тим, що попередньо фігури обертаються в просторі, на четвертому етапі фігури відображаються як на третьому тільки додані візуальні сигнали, які заважають.

В дослідженні приймали участь тасквондисти-юніори 14-17 років (n=25, кваліфікація: 1-й розряд та кандидати в майстри спорту України). Згоду на участь в дослідженні неповнолітніх спортсменів дали їх батьки. Вони були проінформовані про мету, процедуру тестування та за бажанням були присутні під час проведення дослідження.

Для реалізації мети дослідження, згідно алгоритму тестового завдання, визначені рівні прояву здібностей на кожному з етапів окремо, а саме «Відмінно», «Добре» та «Задовільно».

Якщо значення відповідало умові:

$$\min < \chi \leq a$$

то таке значення можна було віднести до оцінки «Відмінно».

Якщо значення відповідало умові:

$$a < \chi \leq b$$

то таке значення можна було віднести до оцінки «Добре».

Якщо значення відповідало умові:

$$b < \chi$$

то таке значення можна було віднести до оцінки «Задовільно».

Для кожного з рівнів було створені нечіткі множини,



які дозволяють оцінювати рівень кожного показника за шкалою від 0 до 1. Причому 1 це найкращий результат, 0 – найгірший.

Функція належності для «Відмінно»:

$$\text{Відмінно} = \begin{cases} 1 - \frac{\chi - \min}{a - \min}, & \min < \chi \leq a \\ 0, & \chi > a \end{cases}$$

Функція належності для «Добре»:

$$\text{Добре} = \begin{cases} 0, & \chi < a \\ 1 - \frac{\chi - a}{b - a}, & a < \chi \leq b \\ 0, & \chi > b \end{cases}$$

Функція належності для «Задовільно»:

$$\text{Задовільно} = \begin{cases} 0, & \chi \leq b \\ 1 - \frac{\chi - b}{\max - b}, & b < \chi \leq \max \end{cases}$$

χ – вхідне значення, μ – середнє значення, σ – стандартне відхилення, $a = \mu - \sigma$, $b = \mu + \sigma$,

\min – мінімальне значення, \max – максимальне значення.

Результати дослідження та їх обговорення

На підставі виконаних вимірювань ($n=25$) мобільний застосунок демонструє основні характеристики показників досліджуваних спортсменів. Програма надає узагальнені значення часу реакції, стандартного відхилення, відсотки помилок, які були допущені виконавцями тестової вправи. Також, в наданому звіті можна побачити графік розподілу всіх вимірювань та графік box-and-whisker plot, який надає основні характеристики набору даних, такі як

медіана, міжквартильний діапазон, максимальні та мінімальні значення.

Результати оцінки просторового сприйняття досліджуваних спортсменів ($n=25$) з використанням мобільного застосунку «Spatial Perception» представлено на рисунку 1.

Згідно представленого аналізу виконаних вимірювань можна зазначити, що найбільша частота показників часу реакції лежить в межах 583 мс ($n=291$). Частина гістограми, яка знаходиться ліворуч демонструє найкращі результати вимірювань та має крутий кут нахилу, що свідчить про наближення вимірювань до граничних, фізіологічних значень. На другому етапі тестової вправи, де виконавцю необхідно реагувати на не рухомі 3D фігури, відмічається збільшення міжквартильного діапазону на 22 мс та порушення симетрії даних. На цьому етапі 3D фігури (куб, циліндр, сфера, шестигранна призма, октаедр) можуть бути представлені в будь-якому положенні. Треба уявити фігури в просторі, їх порівняти та швидко вирішити однакові фігури чи ні. Саме на цьому етапі відмічено найбільше значення стандартного відхилення ($SD=172,0$ мс). Це свідчить про високу варіативність часу реакції ($V=22,7\%$). Також, можна побачити збільшення часу реакції на четвертому етапі в порівнянні з результатом третього етапу на 11,5 мс та збільшення відсотка помилок на 1,4 % (на цьому етапі зафіксовано найбільший відсоток помилок 8,2 %). Завдання четвертого етапу пов'язано з порівнянням фігур на фоні зорових стимулів, що заважають, а це вимагає від респондента значної уваги. Виконавці, які показали кращий час реакції та менший відсоток помилок на цьому етапі мають здібності щодо утримання уваги на запропонованих об'єктах та високий рівень стресостійкості.

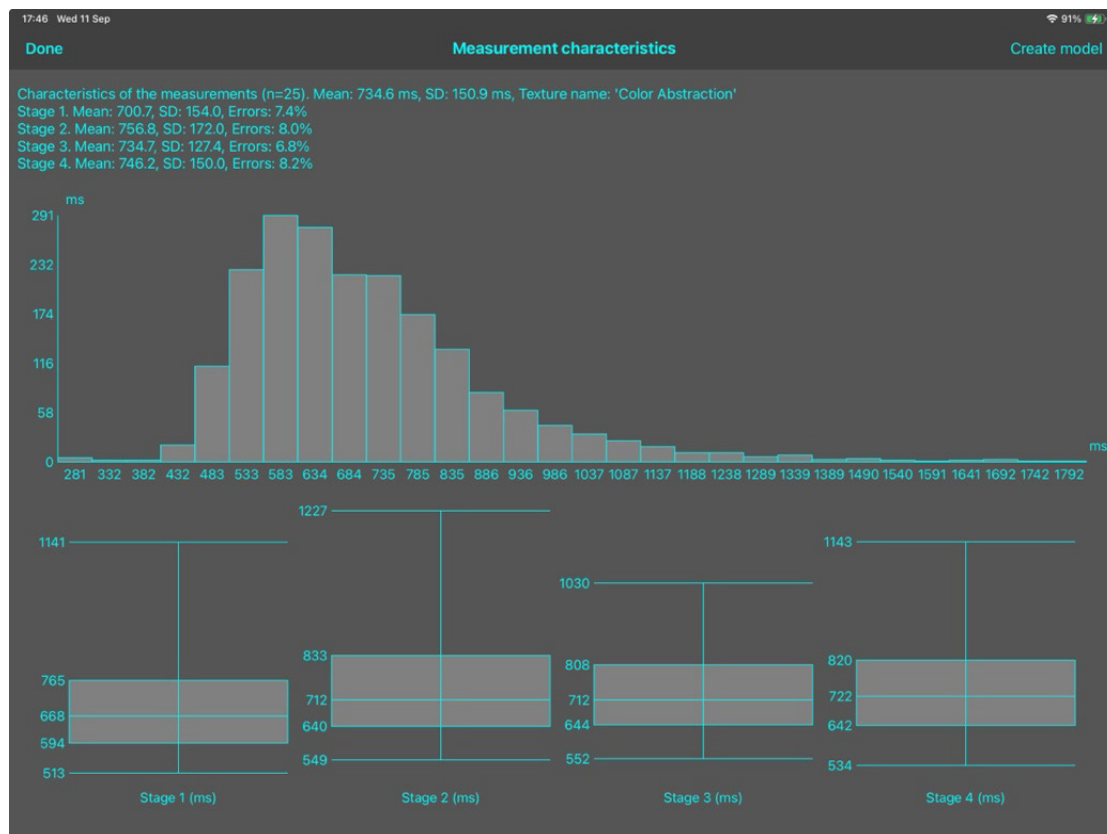


Рис. 1. Звіт щодо оцінки просторового сприйняття єдиборців ($n=25$)



Як було зазначено раніше, першим кроком для реалізації мети дослідження було створення часових інтервалів, які відносяться до відповідних оцінок, а саме «Відмінно», «Добре» та «Задовільно». Для створення таких інтервалів використано показники групи єдиноборців ($n=25$) (табл. 1).

На підставі використання функцій належності, які були зазначені раніше, створені нечіткі множини, до кожного рівня, що дозволило оцінити кожний показник за шкалою від 0 до 1.

Розширення функціональних можливостей застосунку дозволило отримати показники, які характеризують рівень прояву як окремого респондента, так і групи спортсменів. У зв'язку з тим, що в дослідженні приймали участь єдиноборці кваліфікації КМС та спортсмени 1-го розряду, для отримання більш детального звіту, єдиноборці розподілені на дві групи (спортсмени, які мають 1-й розряд, $n=15$ та спортсмени, які є кандидатами в майстри спорту, $n=10$). В таблиці 2 представлені результати групи спортсменів, які мають розряд КМС.

Аналіз виконання тестової вправи єдиноборцями, які мають розряд КМС свідчить, що загальна оцінка за весь тест «Добре», коефіцієнт ваги 0,74, що є ближче до оцінки «Відмінно». Слід зазначити, що найбільший коефіцієнт ваги відмічено на другому етапі тестового завдання. На цьому етапі необхідно реагувати на не рухомі 3D фігури. Високий коефіцієнт ваги (0,79) на цьому етапі відображає здібності швидко розпізнавати 3D фігури у просторі на підставі аналізу окремих частин фігур. Такі здібності мо-

жуть бути в нагоді коли необхідно швидко визначити положення рук або ніг супротивника в змагальному двобої. Також можна відмітити низький відсоток помилок (3 %) на четвертому, самому складному етапі. Це може свідчити про здатність утримувати увагу на об'єкті та стійкості до зорових стимулів, що заважають.

В таблиці 3 представлені результати групи спортсменів 1-го розряду.

Результати свідчать, що група єдиноборців, які мають 1-й розряд виконали тестову вправу на оцінку «Добре» та мають загальний ваговий коефіцієнт 0,34. Оцінка на кожному з етапів тесту «Добре» але значення вагових коефіцієнтів ближче до оцінки «Задовільно». Значення вагових коефіцієнтів демонструють, що рівень просторового сприйняття цієї групи спортсменів нижче середнього рівня. Також слід зазначити збільшення відсотків помилок, особливо на четвертому етапі (11,7 %), що вказує на негативний вплив на час реакції додаткових зорових стимулів.

Найбільша різниця між ваговими коефіцієнтами досліджуваних груп відмічена на другому етапі та складає 49 %, найменша на четвертому етапі 27 % (рис. 2).

Аналіз результатів оцінки просторового сприйняття єдиноборців показав, що ці здібності є вищими за рівнем у кваліфікованих спортсменів. Це можна пояснити особливостями спортивної діяльності єдиноборців де спортсмену необхідно постійно визначати положення супротивника, концентрувати увагу на будь яких його рухах, визначати хибні дії та інше.

Таблиця 1. Оціночна шкала часу реакції єдиноборців-юніорів ($n=25$)

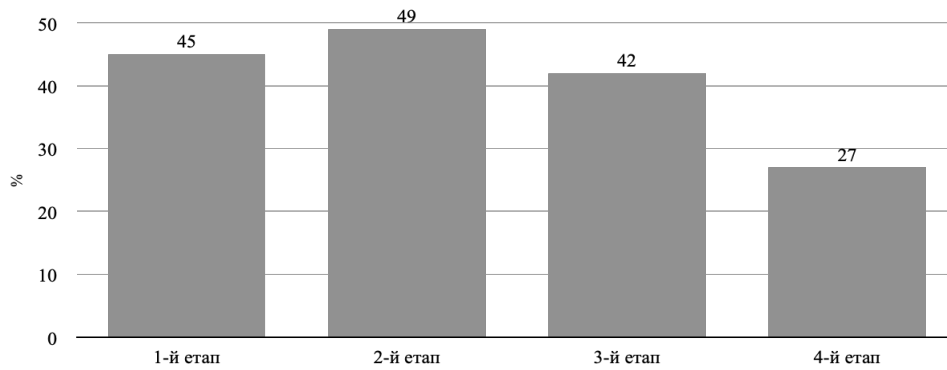
Оцінка	1-й етап	2-й етап	3-й етап	4-й етап
Відмінно (мс)	$\leq 546,7$	$\leq 584,8$	$\leq 607,2$	$\leq 596,2$
Добре (мс)	$> 546,7 \dots 854,7$	$> 584,8 \dots 928,8$	$> 607,2 \dots 862,2$	$> 596,2 \dots 896,2$
Задовільно (мс)	$> 854,7$	$> 928,8$	$> 862,2$	$> 896,2$

Таблиця 2. Результати оцінки просторового сприйняття групи спортсменів КМС ($n=10$)

Етапи тесту	Оцінка	Ваговий коефіцієнт	Середнє значення (мс)	Стандартне відхилення (мс)	Помилки (%)
1-й	Добре	0,77	616,6	105,7	5,0
2-й	Добре	0,79	655,6	134,4	5,5
3-й	Добре	0,75	671,5	100,2	6,5
4-й	Добре	0,66	697,3	116,3	3,0
Загальна оцінка за тест	Добре	0,74	660,3	121,8	5,0

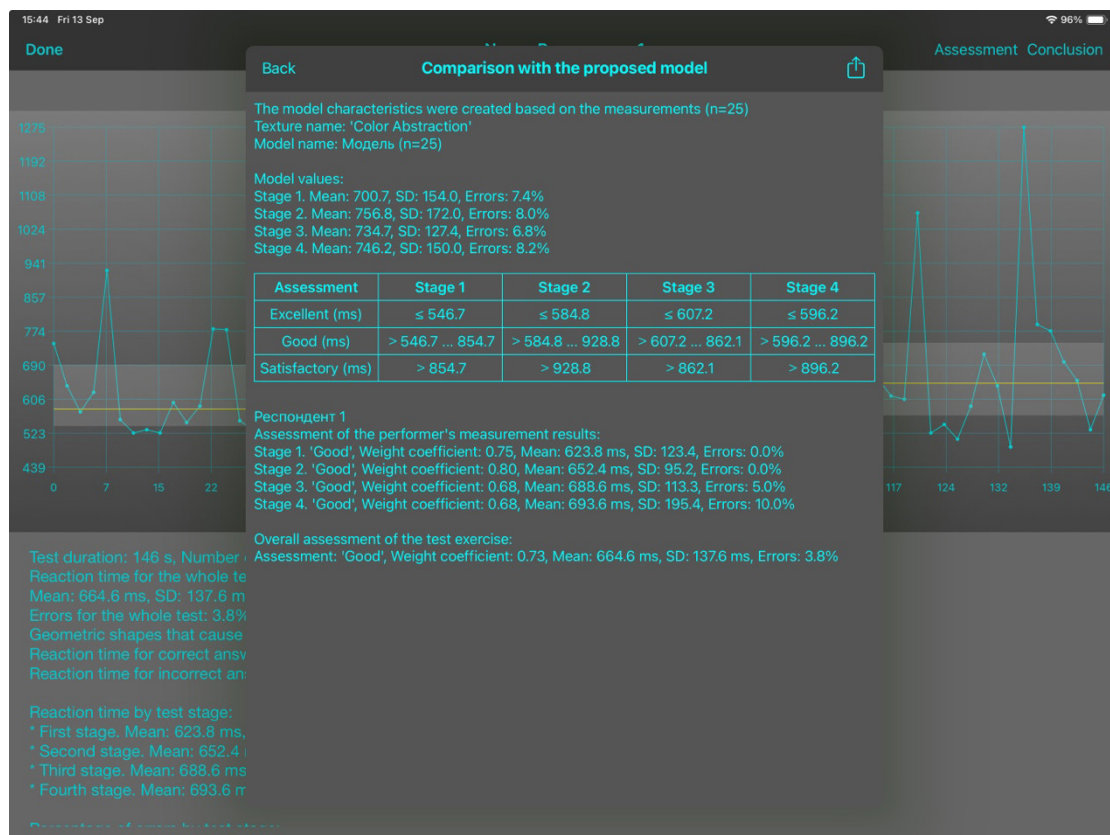
Таблиця 3. Результати оцінки просторового сприйняття групи спортсменів 1-го розряду ($n=15$)

Етапи тесту	Оцінка	Ваговий коефіцієнт	Середнє значення (мс)	Стандартне відхилення (мс)	Помилки (%)
1-й	Добре	0,32	756,8	186,2	9,0
2-й	Добре	0,30	824,2	197,1	9,7
3-й	Добре	0,33	776,8	145,6	7,0
4-й	Добре	0,39	778,8	172,4	11,7
Загальна оцінка за тест	Добре	0,34	784,1	186,6	9,3


Рис. 2. Різниця між ваговими коефіцієнтами досліджуваних груп.

Таблиця 4. Результати оцінки просторового сприйняття респондента

Етапи тесту	КМС Mean±SD (ms)	1-й розряд Mean±SD (ms)	Mann-Whitney' test
1-й	616,6±51,7	756,8±87,4	W = 4, p-value = 9,177e-05
2-й	655,6±60,8	824,2±63,9	W = 3, p-value = 4,283e-06
3-й	671,5±51,5	776,8±65,9	W = 12, p-value = 0,0001646
4-й	697,3±60,7	778,8±88,7	W = 35, p-value = 0,02642


Рис. 3. Результат оцінки просторового сприйняття окремим респондентом

Порівняння результатів оцінки часу реакції єдиноборців досліджуваних груп, на кожному етапі окремо, свідчить, що вони мають статистично значимі відмінності (табл. 4).

Також, застосунок дозволяє отримати оцінку одного респондента за вибором. В якості прикладу надана оцінка представника з групи спортсменів, які є КМС (рис. 3).

Згідно отриманих даних щодо окремого респондента можна стверджувати, що спортсмен має загальну оцінку «Добре» за виконання всієї тестової вправи з ваговим коефіцієнтом 0,73. Аналіз результатів свідчить, що на кожному з чотирьох етапів респондент отримав оцінку «Добре». Найбільший ваговий коефіцієнт відмічено на другому етапі, а саме 0,80, що є ближчим до оцінки «Відмінно».



Це свідчить, що спортсмен може швидко розпізнавати не рухомі 3D фігури в просторі. Найменші вагові коефіцієнти відмічені на третьому та четвертому етапах (0,68), що свідчить про вплив додаткових зорових стимулів, які негативно відображаються на часі реакції респондента. Також підтвердженням цього є збільшення відсотків помилок на третьому та четвертому етапах (5 % та 10 % відповідно).

Висновки

Використання методів нечіткої логіки є перспективною сферою діяльності та знаходить своє застосування в спортивній діяльності, а саме при оцінці та аналізі різноманітних показників, які характеризують рівень здібностей або підготовленості спортсменів, управлінні тренувальним процесом, розробки адаптивних тренувальних програм та інші.

Розширені можливості застосування «Spatial Perception» щодо аналізу результатів вимірювань з урахуванням положень теорії невизначеності.

Список літератури

- Коробейніков, Г., Приступа, Є., Коробейнікова, Л., & Бріскін, Ю. (2013). *Оцінювання психофізіологічних станів у спорті : монографія*. ЛДУФК, 312 с.
- Пришляк, В., Некрасов, Г., & Цап, І. (2024). Роль інновацій у розвитку сучасних спортивних ігор та їх вплив на фізичну активність і спортивні досягнення. *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*, 8(181), 209-213. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.8\(181\).38](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.8(181).38)
- Романенко, В.В., Тропін, Ю.М., & Куліда, А.О. (2021). Аналіз змагальної діяльності кваліфікованих тхеквондистів-юніорів. *Єдиноборства*, 2021, 3(21), 44–59. <https://doi.org/10.15391/ed.2021-3.05>
- Тропін, Ю.М., Романенко, В.В., & Латишев, М.В. (2021). Взаємозв'язок рівня прояву сенсомоторних реакцій з показниками фізичною підготовленістю у юних таеквондистів. *Єдиноборства*, 2(20), 93–104. <https://doi.org/10.15391/ed.2021-2.08>
- Das, S., Roy Chowdhury, S., & Saha, H. (2012). Accuracy enhancement in a fuzzy expert decision making system through appropriate determination of membership functions and its application in a medical diagnostic decision making system. *J Med Syst*, 36(3):1607-20. <https://doi.org/10.1007/s10916-010-9623-8>. Epub 2010 Nov 24. PMID: 21107889.
- Hromcik, A., Zvonar, M., & Balint, G. (2019). Differences in Sensorimotor Skills between Badminton Players and Non-Athlete Adults. *Brain-Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 10(2):47–54.
- Jafari Petrudi, S.H., Pirouz, M., & Pirouz, B. (2013). Application of fuzzy logic for performance evaluation of academic students. *13th Iranian Conference on Fuzzy Systems (IFSC), Qazvin, Iran*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IFSC.2013.6675615>.
- Jun Jiang, Junjie Lv, & Muhammad Bilal Khan. (2023). Visual analysis of knowledge graph based on fuzzy sets in Chinese martial arts routines[J]. *AIMS Mathematics*, 8(8): 18491-18511. <https://doi.org/10.3934/math.2023940>
- Li, Y., & Jawis, M.N. (2024). Modeling performance evaluation in badminton sports: a fuzzy logic approach. *Salud, Ciencia y Tecnologia – Serie de Conferencias*, 3:986. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024986>
- Lukasiewicz, J. (1920). «O logice trójwartościowej [On three-valued logic (in Polish)]». *Ruch filozoficzny*, 5, 170-171.
- Novatchkov, H., & Baca, A. (2013). Fuzzy logic in sports: a review and an illustrative case study in the field of strength training. *International Journal of Computer Applications*, 71(6), 8-14.
- Podrigalo, O.O., Borisova, O.V., Podrigalo, L.V., Iermakov, S.S., Romanenko, V.V., Podavalenko, O.V., Volodchenko, O.A., & Volodchenko, J.O. (2019). Comparative analysis of the athletes' functional condition in cyclic and situational sports. *Physical education of students*, 23(6):313–319. <https://doi.org/10.15561/20755279.2019.0606>
- Romanenko, V., Piatysotska, S., Tropin, Yu., Rydzik, L., Holokha, V., & Boychenko, N. (2022). Study of the reaction of the choice of combat athletes using computer technology. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 26(4), 97-103. doi.org/10.15391/snsv.2022-4.001
- Romanenko, V., Podrihalo, O., Podrigalo, L., Iermakov, S., Sotnikova-Meleshkina, Zh., & Bobrova, O. (2020). The study of functional asymmetry in students and schoolchildren practicing martial arts. *Physical Education of Students*, 24(3), 154–161. <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0305>
- Shih-Ming Bai, & Shyi-Ming Chen (2008). Evaluating students' learning achievement using fuzzy membership functions and fuzzy rules. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 399-410. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.09.010>.
- Surina-Marysheva, E., Erlikh, V., Kantjukov, S., & Naumova, K. (2019). Psychophysiological features in elite hockey players aged 15–16. *Human Sport Medicine*, 19, 36–41. <https://doi.org/10.14529/hsm190105>
- Tropin, Yu., Romanenko, V., Cynarski, W.J., Boychenko, N. & Kovalenko, Ju. (2022). Model characteristics of competitive activity of female MMA mixed martial arts fighters of different weight classes. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 26(2), 41-46. <https://doi.org/10.15391/snsv.2022-2.002>
- Zadeh, L.A. (1965a). Fuzzy sets and systems. In J. Fox, editor, *System*



Theory. *New York: Polytechnic Press*, 29-39.

Zadeh, L.A. (1965b). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(1), 3, 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

Zderčík, A., Hubáček, O., & Zháněl, J. (2018). Application of fuzzy

theory in diagnosis of performance preconditions in tennis. *Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita Brno*. Vol.12, No.2, 109-120. <https://doi.org/10.5817/StS2018-2-11>

References

Korobejnikov, G., Prystupa, Je., Korobejnikova, L., & Briskin, Ju. (2013). *Ocinjuvannja psyhofiziologichnyh staniv u sporti : monografija*. LDUFK, 312 s.

Pryshljak, V., Nekrasov, G., & Cap, I. (2024). Rol' innovacij u rozvytku suchasnyh sportyvnyh igor ta i'h vplyv na fizychnu aktyvnist' i sportyvni dosjagnennja. *Naukovyj chasopys Ukrai'ns'kogo derzhavnogo universytetu imeni Myhajla Dragomanova*, 8(181), 209-213. [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.8\(181\).38](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.8(181).38)

Romanenko, V.V., Tropin, Ju.M., & Kulida, A.O. (2021). Analiz zmagal'noi' dijál'nosti kvalifikovanyh thekvondystiv-junioriv. *Jedynoborstva*, 2021, 3(21), 44-59. <https://doi.org/10.15391/ed.2021-3.05>

Tropin, Ju.M., Romanenko, V.V., & Latyshev, M.V. (2021). Vzajemozv'jazok rivnja projavu sensomotornyh reakcij z pokaznykamy fizyčnoju pidgotovlenistju u junyh taekvondystiv. *Jedynoborstva*, 2(20), 93-104. <https://doi.org/10.15391/ed.2021-2.08>

Das, S., Roy Chowdhury, S., & Saha, H. (2012). Accuracy enhancement in a fuzzy expert decision making system through appropriate determination of membership functions and its application in a medical diagnostic decision making system. *J Med Syst*, 36(3):1607-20. <https://doi.org/10.1007/s10916-010-9623-8>. Epub 2010 Nov 24. PMID: 21107889.

Hromcik, A., Zvonar, M., & Balint, G. (2019). Differences in Sensorimotor Skills between Badminton Players and Non-Athlete Adults. *Brain-Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 10(2):47-54.

Jafari Petrudi, S.H., Pirouz, M., & Pirouz, B. (2013). Application of fuzzy logic for performance evaluation of academic students. *13th Iranian Conference on Fuzzy Systems (IFSC), Qazvin, Iran*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IFSC.2013.6675615>.

Jun Jiang, Junjie Lv, & Muhammad Bilal Khan. (2023). Visual analysis of knowledge graph based on fuzzy sets in Chinese martial arts routines[J]. *AIMS Mathematics*, 8(8): 18491-18511. <https://doi.org/10.3934/math.2023940>

Li, Y., & Jawis, M.N. (2024). Modeling performance evaluation in badminton sports: a fuzzy logic approach. *Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias*, 3:986. <https://doi.org/10.56294/sctconf2024986>

Lukasiewicz, J. (1920). «O logice trójwartościowej [On three-valued

logic (in Polish)]». *Ruch filozoficzny*, 5, 170-171.

Novatchkov, H., & Baca, A. (2013). Fuzzy logic in sports: a review and an illustrative case study in the field of strength training. *International Journal of Computer Applications*, 71(6), 8-14.

Podrigalo, O.O., Borisova, O.V., Podrigalo, L.V., Iermakov, S.S., Romanenko, V.V., Podavalenko, O.V., Volodchenko, O.A., & Volodchenko, J.O. (2019). Comparative analysis of the athletes' functional condition in cyclic and situational sports. *Physical education of students*, 23(6):313-319. <https://doi.org/10.15561/20755279.2019.0606>

Romanenko, V., Piatyotska, S., Tropin, Yu., Rydzik, L., Holokha, V., & Boychenko, N. (2022). Study of the reaction of the choice of combat athletes using computer technology. *Slobzhanskyi Herald of Science and Sport*, 26(4), 97-103. <https://doi.org/10.15391/snsv.2022-4.001>

Romanenko, V., Podrihalo, O., Podrigalo, L., Iermakov, S., Sotnikova-Meleshkina, Zh., & Bobrova, O. (2020). The study of functional asymmetry in students and schoolchildren practicing martial arts. *Physical Education of Students*, 24(3), 154-161. <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0305>

Shih-Ming Bai, & Shyi-Ming Chen (2008). Evaluating students' learning achievement using fuzzy membership functions and fuzzy rules. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 399-410. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.09.010>

Surina-Marysheva, E., Erlikh, V., Kantyukov, S., & Naumova, K. (2019). Psychophysiological features in elite hockey players aged 15-16. *Human Sport Medicine*, 19, 36-41. <https://doi.org/10.14529/hsm190105>

Tropin, Yu., Romanenko, V., Cynarski, W.J., Boychenko, N. & Kovalenko, Ju. (2022). Model characteristics of competitive activity of female MMA mixed martial arts fighters of different weight classes. *Slobzhanskyi Herald of Science and Sport*, 26(2), 41-46. <https://doi.org/10.15391/snsv.2022-2.002>

Zadeh, L.A. (1965a). Fuzzy sets and systems. In J. Fox, editor, *System Theory. New York: Polytechnic Press*, 29-39.

Zadeh, L.A. (1965b). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(1), 3, 338-353. [http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

Zderčík, A., Hubáček, O., & Zháněl, J. (2018). Application of fuzzy theory in diagnosis of performance preconditions in tennis. *Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita Brno*. Vol.12, No.2, 109-120. <https://doi.org/10.5817/StS2018-2-11>

Додаткова інформація

Відомості про статтю:

Онлайн-версія доступна за посиланням:
<https://doi.org/10.15391/ed.2024-4.05>

Це стаття відкритого доступу, яка розповсюджується відповідно до ліцензії Creative Commons Attribution License, яка дозволяє необмежене використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії за умови належного цитування оригінального твору (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Авторське право: © 2024 за авторами

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Отримано: 05.09.2024; Прийнято: 06.10.2024

Опубліковано: 01.11.2024

Відомості про авторів

Михальський Володимир Петрович:

аспірант; Харківська державна академія фізичної культури, вул. Клочківська, 99, Харків, 61058, Україна.

<https://orcid.org/0009-0009-4912-1747>,
mykhalskyivolodymyr@gmail.com

Романенко Вячеслав Валерійович:

к.фіз.вих., доцент; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська, 99, м. Харків, 61058, Україна.

<https://orcid.org/0000-0002-3878-0861>,
slavaromash@gmail.com

Information about the Authors

Volodymyr Mikhalskyi:

Postgraduate Student; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska st., 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

Vyacheslav Romanenko:

PhD (Physical Education and Sport), Associate Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska st., 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.