

Нечітко-логічна експертна система для інтегральної оцінки рівня спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовкиІвченко О.М.¹, Мітова О.О.², М'ячин В.Г.¹¹Державний вищий навчальний заклад Дніпропетровський державний хіміко-технологічний університет²Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту

Анотація. Мета даного дослідження полягає у побудові нечіткої експертної системи для оцінки рівня спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки за допомогою нечітко-логічного підходу.

Методологічну основу дослідження склали наукові праці вітчизняних і закордонних вчених і провідних фахівців. Для побудови інтегрального індикатора вводиться нечіткий висновок. В якості входних змінних обрано два показники. Перший показник X_1 – це результати тесту «Човниковий біг 3X10 м з оббіганням набивних м'ячів». Другим показником X_2 є результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів». Вихідна змінна визначається показником Y , що являє «інтегральну оцінку спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки». Моделювання інтегральної оцінки та рівня спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки було виконано в програмному забезпеченні Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab (версія R2021a) фірми MathWorks, що вплинуло на настройку і представлення дзвонуватої функції належності. Як входні змінні, так і вихідні перетворюються в нечіткість за допомогою побудови функцій належності. Обґрунтовано тип і параметри функції належності та обрано дзвонувату функцію належності для опису невизначеності значень, що потрапляють під нормальний розподіл. Кількість нечітких множин на кожному вході розглядається як $z=3$, кількість входних змінних як $\omega=2$. Для досягнення повноти моделі кількість логічних правил визначалася як $r=3^2=9$. Слід відзначити, що нечітко-логічна модель, яка була розроблена для визначення інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки, виконується за наступним алгоритмом, а саме: залучення двох показників, один з яких описує результати тесту «Човниковий біг 3X10 м з оббіганням набивних м'ячів», а інший – результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів»; вибір параметрів і типу функції належності для двох входних змінних і однієї вихідної змінної; розробка системи з створенням 9-ти логічних правил; розрахунок інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки з використанням нечіткого висновку Мамдані; та завершальна складова, - це перевірка адекватності моделі.

Ключові слова: баскетболісти; етап попередньої базової підготовки; нечітка експертна система; нечітка логіка; функція належності; дефазифікація.

Вступ. Останніми роками гра в баскетбол стала значно інтенсивніше, що, зрештою, ускладнило процес спеціальної фізичної підготовки та відзначило необхідність реалізації такої підготовки баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки, яка дозволить спортсмену мати і забезпечувати здатність методичної літератури та до її реалізації у

взаємозв'язку з технікою та тактикою гри. Аналіз науково-експериментальних досліджень не дають підстав стверджувати, що існує ефективна універсальна програма розвитку спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів. Тому пошук нових, ефективних, форм підготовки баскетболістів 12–13 років, які дозволять заповнити прогалину, що спостерігається у питаннях виявлення значущих параметрів

для розвитку спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки вважаємо актуальним (Мітова, & Івченко, 2017; Мітова, 2020; NBCA, 2017). Звісно, останніми роками ми можемо спостерігати суттєві зміни системи багаторічної підготовки, як в загальній теорії спорту, представленими В. М. Платоновим (2015) у двох стадіях: перша стадія «становлення та розвитку можливостей спортсменів», а друга стадія «максимальної реалізації спортивної майстерності» та етапи підготовки, які проходять на кожній стадії, в баскетболі зокрема (Шинкарук, & Мітова, 2017; Koryahin, et al, 2020; Kozina, et al, 2016; Mondoni, 2020; Giorgio Gandolfi, 2014). Такі стрімкі зміни вимагають від фахівців з баскетболу наукового обґрунтування різних складових системи підготовки спортсменів – управління, контролю, моделювання та інших (Івченко, 2019; Мітова, & Івченко, 2017).

Зв'язок роботи з важливими науковими програмами або практичними завданнями. Дослідження виконувалися відповідно тематичному плану наукових досліджень ДВНЗ Український державний хіміко-технологічний університет на 2021-2023 р.р. за темою: «Дослідження щодо застосування інтерактивних програмних комплексів для реалізації дистанційного режиму на заняттях з фізично культури» (номер державної реєстрації 0121U111876)

Мета дослідження полягає у побудові нечіткої експертної системи для оцінки рівня спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки за допомогою нечітко-логічного підходу.

Матеріал та методи дослідження. Для досягнення визначеної мети даного етапу дослідження було використано наступні методи дослідження: методи теоретичного рівня дослідження: аналіз і узагальнення спеціальної літератури, документальних матеріалів, інформації, розміщеної в мережі Інтернет, які дозволили визначити проблемне поле

дослідження, отримати загальне уявлення про ступінь розробленості досліджуваної проблеми; методи емпіричного рівня дослідження; методи математичної статистики. Аналіз документальних матеріалів проводився з метою оцінки системи контролю у навчальних програмах з баскетболу для ДЮСШ, СДЮСШОР та ШВСМ, які використовуються в Україні протягом 2019 року, та з 2019 року до теперішнього часу (Івченко, 2019; 2020; Ivchenko, & Mitova, 2020; Mitova, et al, 2022).

Результати дослідження та їх обговорення. Оскільки баскетбол – спортивна гра, що характеризується високою руховою активністю, великою інтенсивністю ігрових дій, що вимагає від гравців максимального використання функціональних можливостей, швидко-силових якостей, спеціальна фізична підготовленість баскетболістів повинна бути на високому рівні.

Для реалізації нечітко-логічного підходу до визначення інтегрального показника *інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки* (Y) ми виділили основні групи вхідних показників, що впливають на цільовий показник, а саме: *результати тесту «Човниковий біг 3X10 м з оббіганням набивних м'ячів» (X1)* і *результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів» (X2)*.

На рис. 1 представлено загальну схему нечіткої експертної системи як перетворення даних всередині самої системи.

Наступний етап побудови нечіткої експертної системи заснований на виборі функції приналежності. Нечітка модель досить ускладнює модель, якщо вона заснована на значній кількості вхідних змінних, що відповідно, проілюстровано далі. У зв'язку з тим, що кількість вхідних змінних вимагає обґрунтованого оптимального скорочення. Крім того, функція приналежності запитує відповідну корекцію з урахуванням вищезазначеного скорочення; в будь-якому випадку діапазон значень повинен залишатися

незмінним для лінгвістичного опису змінних для кожного вхідного значення (Sivanandam, & Sumathi, 2006).

Дзвонувата функція належності візуально має вигляд симетричної кривої, яка нагадує форму дзвону.

Означена функція задається формулою, параметри якої інтерпретуються наступним чином:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}, \quad (1)$$

де a – коефіцієнт концентрації функції належності; b – коефіцієнт кривини функції належності; c – координата максимуму функції належності.

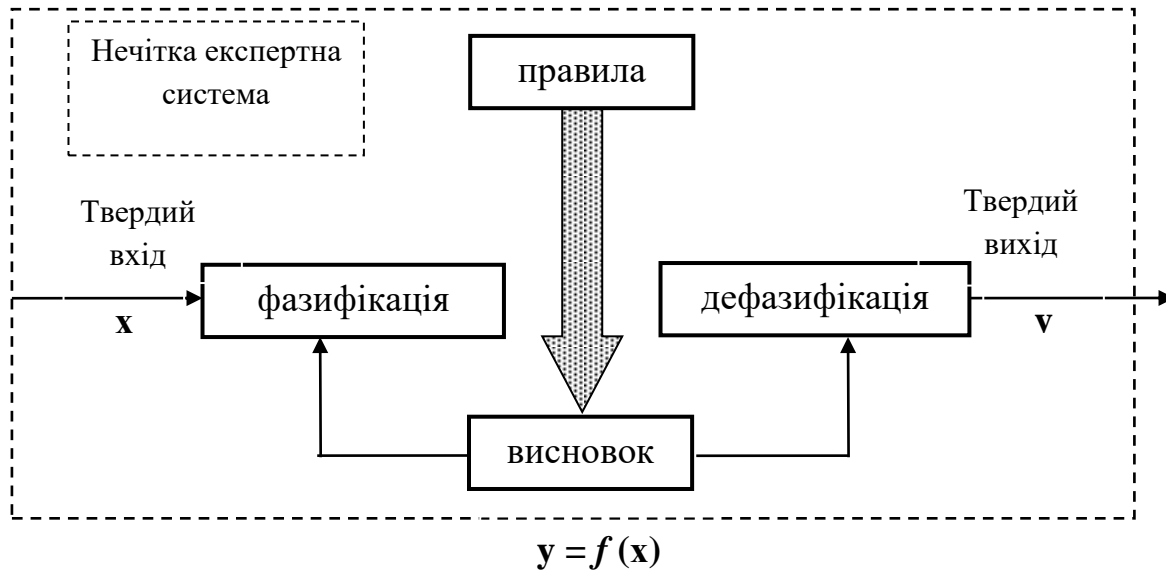


Рис. 1. Загальна схема нечіткої експертної системи

Наступним етапом побудови нечіткої моделі є ідентифікація нечітко-логічних правил. Враховуючи, що кількість вхідних даних моделі (вхідних змінних) дорівнює ω , а кожен вхід має z нечітких множин (функцій належності), то кількість правил нечіткої логіки можна визначити наступною формулою:

$$r = z^\omega \quad (2)$$

У табл. 1 представлено кореляцію між кількістю нечітких правил моделі, що забезпечують повноту моделі, і вхідними даними моделі (вхідними змінними) ω , а також кількістю нечітких множин z на кожному вході.

Таблиця 1.

Кореляція між кількістю нечітких правил моделі, що забезпечують повноту моделі, і вхідними даними моделі (вхідними змінними) ω , а також кількістю нечітких множин z на кожному вході

| Кількість нечітких множин z на кожному вході | Кількість вхідних даних моделі ω (кількість вхідних змінних) | | | | |
|--|---|------------|------------|------------|------------|
| | $\omega=1$ | $\omega=2$ | $\omega=3$ | $\omega=4$ | $\omega=5$ |
| $z=1$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $z=2$ | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |
| $z=3$ | 3 | 9 | 27 | 81 | 243 |
| $z=4$ | 4 | 16 | 64 | 256 | 1024 |
| $z=5$ | 5 | 25 | 125 | 625 | 3125 |

Табл. 1 показує, що збільшення кількості вхідних даних моделі (вхідних змінних) ω поряд зі збільшенням кількості нечітких множин z призводить до

збільшення нечітких правил, що робить побудову моделі досить ускладненою (Пегат, 2009).

Кількість нечітких множин на кожному вході приймаємо як $z=3$, кількість

вхідних змінних приймаємо як $\omega=2$. Тоді кількість правил нечіткої логіки повинна бути $r=3^2=9$ для забезпечення повноти моделі.

Моделювання інтегральної оцінки та рівня спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки було виконано в програмному забезпеченні *Fuzzy Logic Toolbox* середовища *Matlab* (версія *R2021a*) фірми *MathWorks*, що вплинуло на настройку і представлення дзвонуватої функції належності. Налаштування функції виглядає наступним чином: $\mu(x) = gbellmf(x, [abc])$,

де x – вхідна змінна, a , b і c – вищезгадані параметри (формула (1)).

На наступних рис. 2-4 представлено атрибути та функції належності для двох вхідних змінних і однієї вихідної змінної. На рис. 2 представлено вхідну змінна $X1$, яка являє собою *результати тесту «Човниковий біг 3X10 м з оббіганням набивних м'ячів»* і має три атрибути (функції належності): *Low* – низький рівень, *Medium* – середній рівень, *High* – високий рівень. Ця функція є дзвонуватою і приймає значення в діапазоні (Мітова, 2020; Мітова, & Шинкарук, 2022; Поплавський, & Окіпняк, 1999).

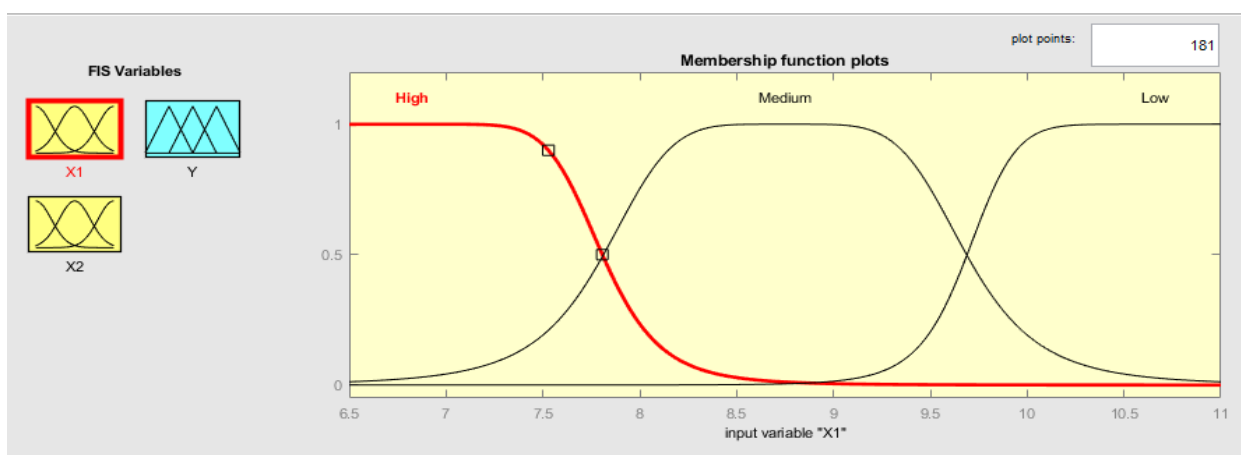


Рис. 2. Функція належності для вхідної лінгвістичної змінної $X1$ (*результати тесту «Човниковий біг 3X10 м з оббіганням набивних м'ячів»*)

На рис. 3 представлено вхідну змінну $X2$ (*результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів»*), що має три атрибути (функції належності): *Low* –

низький рівень *ННІ*, *Medium* – середній рівень *ННІ*, *High* – високий рівень *ННІ*. Ця функція дзвонувата і приймає значення в діапазоні (Мітова, 2020; Поплавський, & Окіпняк, 1999).

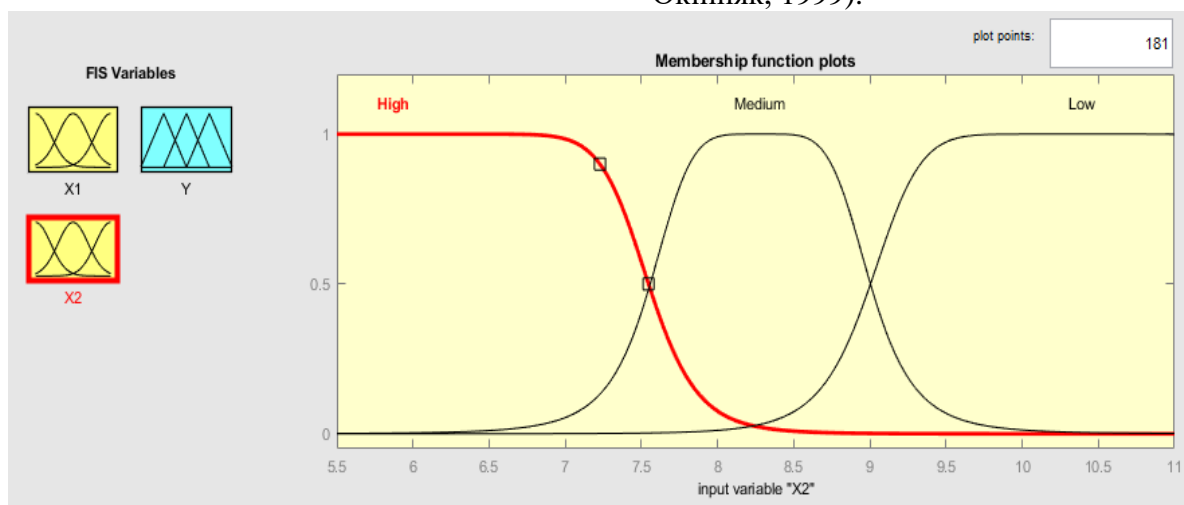


Рис. 3. Функція належності для вхідної лінгвістичної змінної $X2$ (*результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів»*)

На рис. 4 представлено вихідну змінну Y ("інтегральна оцінка спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки") і має три атрибути (функції належності):

Low – низький ступінь, $Medium$ – середній ступінь, $High$ – високий ступінь. Ця функція є дзвонуватою за формою і приймає значення в діапазоні від 0 до 10.

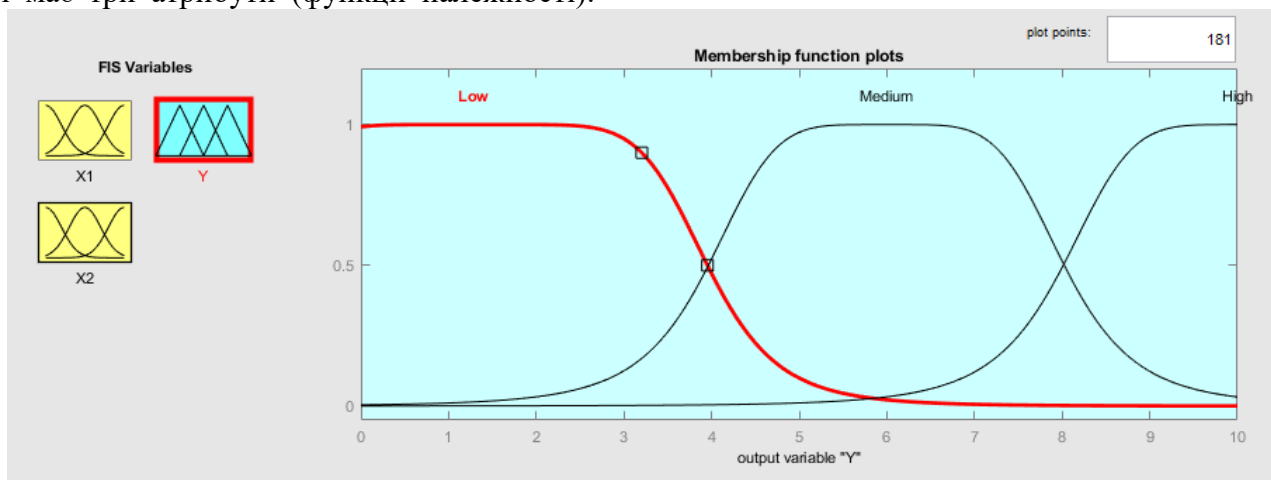


Рис.4. Функція належності для вихідної лінгвістичної змінної Y ("інтегральна оцінка спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки")

На підставі опису двох вхідних і однієї вихідної змінних визначимо $3^2=9$ нечітких правил для висновку вихідної змінної.

Правила нечіткої логіки представимо наступним чином:

Правило 1: If ($X1$ is Low) and ($X2$ is Low) then (Y is Low);

Правило 2: If ($X1$ is Low) and ($X2$ is Medium) then (Y is Low);

Правило 3: If ($X1$ is Low) and ($X2$ is High) then (Y is Medium);

Правило 4: If ($X1$ is Medium) and ($X2$ is Low) then (Y is Low);

Правило 5: If ($X1$ is Medium) and ($X2$ is Medium) then (Y is Medium);

Правило 6: If ($X1$ is Medium) and ($X2$ is High) then (Y is High);

Правило 7: If ($X1$ is High) and ($X2$ is Low) then (Y is Medium);

Правило 8: If ($X1$ is High) and ($X2$ is Medium) then (Y is High);

Правило 9: If ($X1$ is High) and ($X2$ is High) then (Y is High).

Лівий стовпчик на рис. 5 являє собою всі 9 визначених нечітких правил, наступні два стовпчики показують значення $X1=8,58$ та $X2=7,28$ для значень вхідних змінних. Значення Y показано у правому стовпчику для кожного нечіткого

правила як рівень інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки.

Наприклад, при означених вище вхідних значеннях вихідне значення дорівнює $Y=7,71$. Результати візуалізації у середовищі *Matlab* представлено за допомогою візуалізатора *RuleViewer* (рис. 5).

Побудована модель нечіткого висновку дозволяє оцінити інтегральну оцінку спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки Y в залежності від змінної $X1$, що являє собою результати тесту «Човникового бігу 3×10 м з оббіганням набивних м'ячів», та $X2$, що являє собою результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів». Залежність вихідної змінної Y , яка є інтегральною оцінкою спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки, від вхідних змінних являє собою нескінченність значень Y , представлених у вигляді поверхні відгуку, побудованої за допомогою візуалізатора *Surface Viewer* (рис.6).

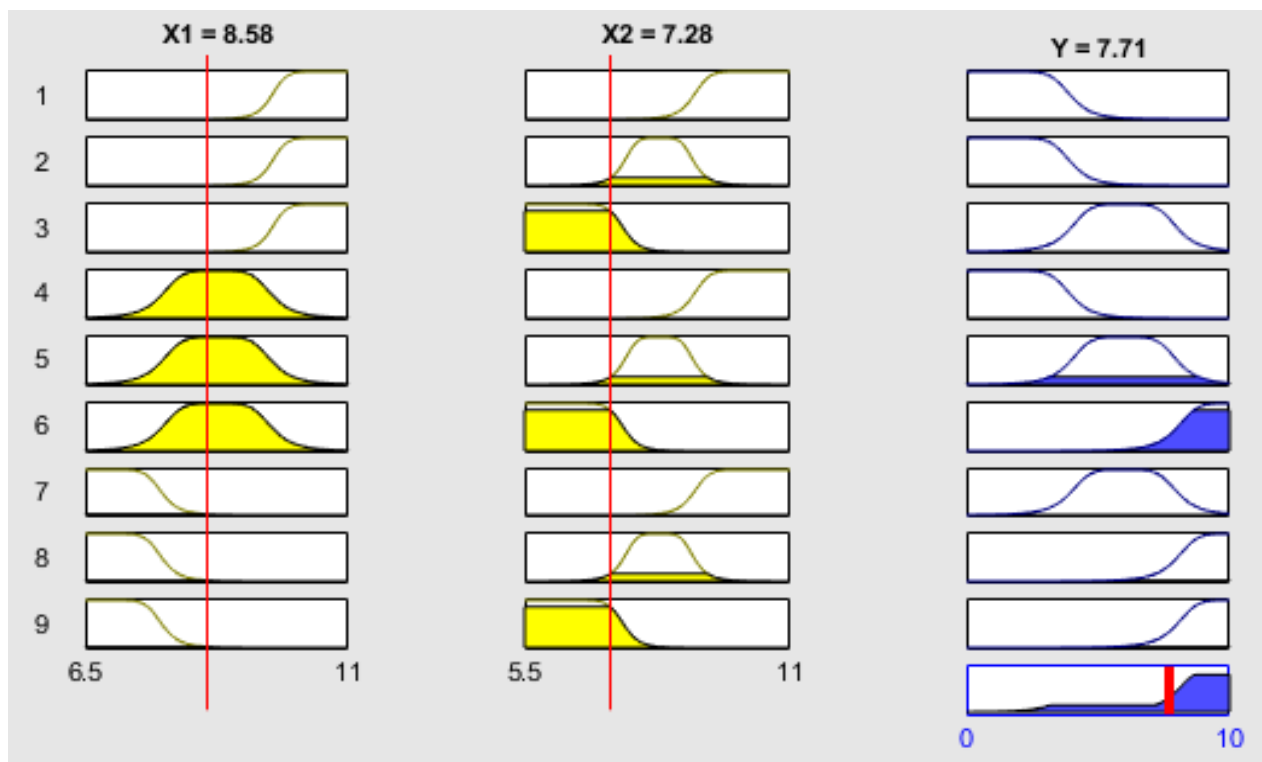


Рис.5. Реалізація нечіткого висновку *Мамдані* в пакеті *FuzzyLogic Toolbox* у середовищі *Matlab* фірми *MathWorks* для визначення рівня інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки

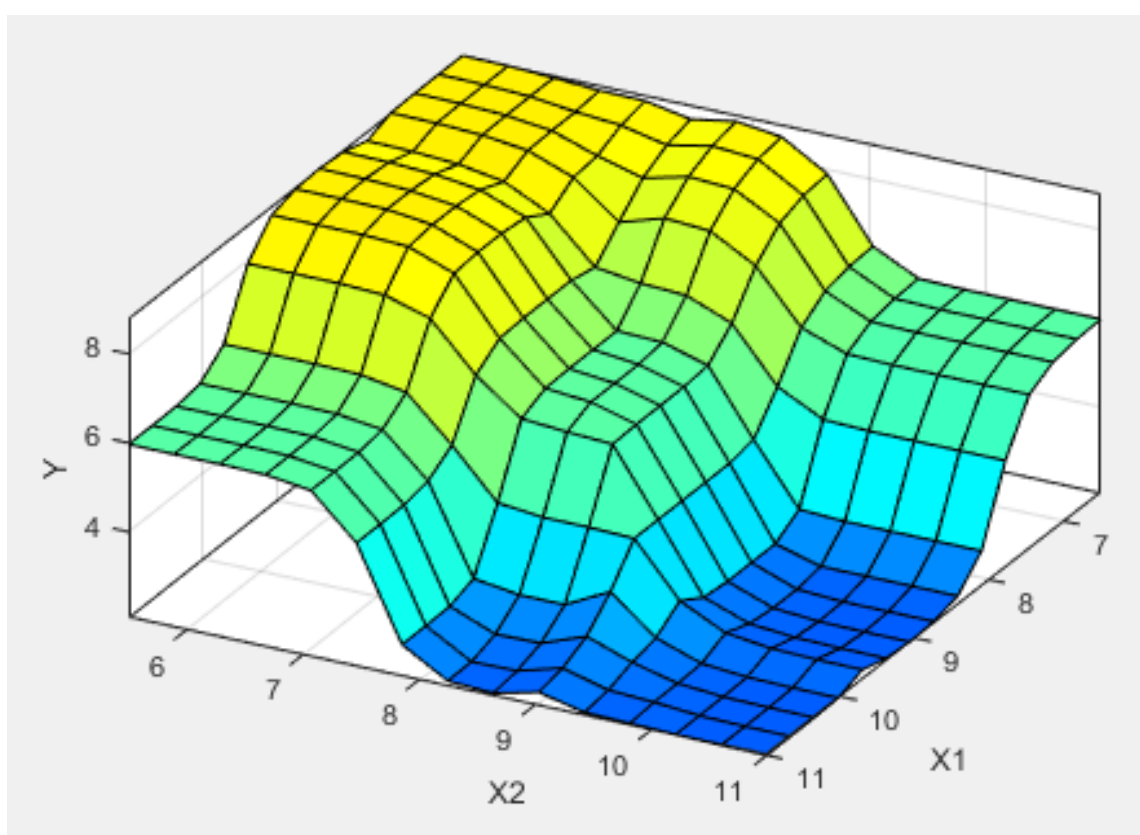


Рис. 6. Залежність вихідної змінної *Y*, що визначає рівень інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки, від вхідної змінної *X1* (результати тесту «Човниковий біг 3X10 м з оббіганням набивних м'ячів») та вхідної змінної *X2* (результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів»).

Візуалізація поверхні «вхід-вихід» дозволяє визначити, що вихідний індикатор Y , який є ступенем інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки, досягає свого максимуму при максимальному значенні індикатора $X1$, який є результатом тесту «Човниковий біг 3×10 м з оббіганням набивних м'ячів», поряд з великим значенням $X2$, який є результатом тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів».

Висновки. Підбиваючи підсумок вищевикладеному, слід констатувати, що для визначення ступеня інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки метод нечітких множин вважається найбільш ефективними в порівнянні з лінійними моделями. Модель теоретично дозволяє залучити значну кількість показників. Проте, практичний вибір повинен бути обґрунтований вагою показників, з одного боку, і інтенсивністю збору даних, необхідних для визначення ступеня інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки, з іншого боку.

Для реалізації нечітко-логічного підходу до визначення інтегрального показника інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки (Y) ми виділили основні групи вхідних показників, що впливають на цільовий показник, а саме: результати тесту «Човниковий біг 3×10 м з оббіганням набивних м'ячів» ($X1$) і результати тесту

«Біг до пронумерованих набивних м'ячів» ($X2$).

Нечітко-логічна модель, розроблена для визначення інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки, виконується за наступними етапами: 1) залучення двох показників, один з яких описує результати тесту «Човниковий біг 3×10 м з оббіганням набивних м'ячів», а інший – результати тесту «Біг до пронумерованих набивних м'ячів»; 2) вибір параметрів і типу функції належності для двох вхідних змінних і однієї вихідної змінної; 3) розробка системи з створенням 9-ти логічних правил; 4) розрахунок інтегральної оцінки спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки з використанням нечіткого висновку Мамдані; 5) перевірка адекватності моделі.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку полягають в подальшому використанні сучасних методів обробки даних, методів математичного моделювання для знаходження або відкриття прихованих залежностей між вхідними та вихідними змінними, що сприятиме удоскоhlenню сучасних методик тренувань баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки.

Конфлікт інтересів. Автори відзначають, що не існує ніякого конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Ця стаття не отримала фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Івченко, О.М. (2019). *Комплексний контроль підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки* [дисертація]. Дніпро.
- Івченко, О.М. (2020). Обґрунтування контролю змагальної діяльності баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки. Матеріали XI Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми та перспективи розвитку фізичного виховання здоров'я і професійної підготовки майбутніх фахівців з фізичного виховання та спорту», 19-20 березня 2020 року м. Київ, 182-185.
- Мітова, О.О., & Івченко, О.М. (2017). Вдосконалення системи тестів для контролю технічної та спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки на основі факторного аналізу. *Науковий часопис НПУ імені*

М.П.Драгоманова, Серія 15, 12(94), 58–62.

- Мітова, О.О., & Івченко, О.М. (2020). Інтегральна оцінка та нормативні шкали оцінювання показників спеціальної фізичної підготовленості баскетболістів на етапі попередньої базової підготовки. *Науковий часопис національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова*, 8(128), 120–124 DOI 10.31392/NPU-nc.series.15.2020.8(128).26. 2020. С. 121-124.
- Мітова, О. (2020). Формування системи тестів для контролю підготовленості гравців у командних спортивних іграх. *Спортивна наука та здоров'я людини*, 2, 88–101.
- Мітова, О., & Шинкарук, О. (2022). Обґрунтування підходу до формування системи контролю в командних спортивних іграх. *Спортивний вісник Придніпров'я*, 1, 191–200. DOI: 10.32540/2071-1476-2022-1-191
- Мітова, О. (2022). Динаміка розвитку командних спортивних ігор як підґрунтя формування сучасної системи контролю у командних спортивних іграх. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації*, 13(32), 198-211.
- Мітова, О., Івченко, О., Онищенко, В., Полякова, А., & Ганчева, В. (2022). Аналіз думки тренерів щодо проблем педагогічного контролю у сучасному баскетболі. *Спортивні ігри*, 3(25), 86-96. doi: 10.15391/si.2022-3.08
- Мітова, О., Івченко, О., Онищенко В., Полякова А., & Ханюкова, О. (2022). Визначення значущості сторін підготовленості та показників змагальної діяльності як підґрунтя розробки комплексної системи контролю гравців у баскетболі. *Спортивні ігри*, 4(26), 86-96. doi: 10.15391/si.2022-4.02
- Платонов, В.Н. (2015). *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник [для тренеров]: в 2 кн.* К.: Олимпийская литература.
- Поплавський, Л.Ю., & Окіпняк, В.Г. (1999). Баскетбол. *Навчальна програма для дитячо-юнацьких спортивних шкіл, спеціалізованих дитячо-юнацьких шкіл олімпійського резерву та шкіл вищої спортивної майстерності (навчально-тренувальні групи та групи спортивного удосконалення)*. К.
- Поплавський, Л.Ю., Маслова, О.В., Безмилов, М.М., Мітова, О.О., Мурзін, Є.В., & Четвертак, О.А. (2019). *Баскетбол. Навчальна програма для дитячо-юнацьких спортивних шкіл, спеціалізованих дитячо-юнацьких спортивних шкіл олімпійського резерву, шкіл вищої спортивної майстерності та спеціалізованих навчальних закладів спортивного профілю*. Київ: Республіканський науково-методичний кабінет Міністерства молоді та спорту України.
- Пегат, А. (2013). *Нечёткое моделирование и управление*. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.
- Sivanandam, S.N., & Sumathi, S.D.S. (2006). *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer-VerlagBerlinHeidelberg.
- Ivchenko, O., & Mitova, O. (2020). Component of psychological training of basketball players at the stage of preliminary basic training in the preparatory period. *Slobozhanskyi herald of science and sport: [scientific and the oretical journal]*, 8 (4), 69–80.
- Solovey, O.M., Mitova, O.O., Solovey, D.O., Boguslavskiy, V.V., & Ivchenko, O.M. (2020). Analys is and generalization of competitive activity result sof hand ball club sin the game development aspect. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 01, 36-43. doi:10.15561/18189172.2020.0106
- Koryahin, V., Blavt. O., Doroshenko, E., Prystynskiy, V., & Stadnyk, V. (2020). Training effect of special basketball exercises. *Teoriâ Ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, 20(3), 137–141.
- Kozina, Zh.L., Sobko, I.N., Yermakova, T., Cielicka, M., Zukow, W., Chia, M, Goncharenko, V, Goncharenko, O, & Korobeinik, V. (2016). Psycho-physiological characteristics of female basketball players with hearing problems as the basis for the technical tactic. *Journal of Physical Educationand Sport*, 16(4), 261348-1359. DOI:10.7752/jpes.2016.04213
- Mitova, O., Griban, G., Oleniev, D., Yakovenko, A., Onyshchenko, V., Mozolev, O., Semeniv, B.,

Lytvynenko, A., Khurtenko, O., Zamrozovuch-Shadrina, S., Kozibroda, L., & Hres, M. (2022). The impact of mini-basketball training sessions on the 6-7-year-old boys' physical fitness and physical development. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 10 (4), 754-767. doi: 10.13189/saj.2022.100416.

Mondoni, M. (2020). *General guidelines of mini basketball*. Italy, Roma.

National Basketball Coaches Association (NBCA) (2017). *NBA coaches play book: techniques, tactics, and teaching points*. South Californian University in LA.

Sushko, R. & Doroshenko, E. (2017). Professionalization issues of concerns as a factor of sports games globalization (based on basketball). *Fundamental and Applied Studies in EU and CIS Countries* : proceedings of the VII International Academic Congress, 26–28 February 2017. United Kingdom, Cambridge, England, Vol. VII, 128–132.

Giorgio, Gandolfi (2014). *NBA Coaches Playbook. Techniques, tactics, and teaching points*. Gandolfi Giorgio. Human Kinetics.

Стаття надійшла до редакції: 15.01.2023

Опубліковано: 03.02.2023

Abstract. *Ivchenko Oksana, Mitova Elena, Myachin Valentyn Fuzzy-logic expert system for integral assessment of basketball players' special physical fitness level at the stage of preliminary basic training. The purpose of this research is to build a fuzzy expert system for assessing the level of special physical fitness of basketball players at the stage of preliminary basic training using a fuzzy-logical approach. The methodological basis of the study was formed by scientific works of domestic and foreign scientists and leading experts. To build an integral indicator, fuzzy inference is introduced. Two indicators are selected as input variables. The first indicator X_1 is the results of the test "Shuttle run 3X10 m with running around stuffed balls". The second indicator X_2 is the results of the test "Running to numbered stuffed balls". The output variable is determined by the indicator Y , which represents "an integral assessment of basketball players' special physical fitness at the stage of preliminary basic training". The modeling of the integral assessment and the level of special physical fitness of basketball players at the stage of the previous basic preparation was carried out in the software Fuzzy Logic Toolbox of the Matlab environment (version R2021a) of the firm MathWorks that influenced the setting and representation of the bell-shaped function of membership. Both input variables and output variables are converted into fuzziness by constructing membership functions. The type and parameters of the membership function are substantiated and the bell-shaped membership function is chosen to describe the uncertainty of values falling under the normal distribution. The number of fuzzy sets at each input is considered as $z=3$, the number of input variables as $\omega=2$. To achieve the completeness of the model, the number of logical rules was defined as $r=3^2=9$. It should be noted that the fuzzy-logical model, which was developed to determine the integral assessment of special physical fitness of basketball players at the stage of preliminary basic training, is carried out according to the following algorithm, namely involvement of two indicators, one of which describes the results of the test "Shuttle run 3X10 m with running around stuffed balls", and the other - the results of the test "Running to numbered stuffed balls"; selection of parameters and type of membership function for two input variables and one output variable; development of the system with the creation of 9 logical rules; calculation of the integral assessment of basketball players' special physical fitness at the stage of preliminary basic training using Mamdani's fuzzy inference; and the final component is the verification of the model's adequacy.*

Keywords: *basketball players; stage of preliminary basic training; fuzzy expert system; fuzzy logic; membership function; defuzzification*

References

- Ivchenko, O.M. (2019). *Kompleksnyj kontrol' pidgotovlenosti basketbolistiv na etapi poperedn'oi' bazovoi' pidgotovky* [Comprehensive control of basketball players' fitness at the stage of preliminary basic training] dysertacija. Dnipro. [in Ukrainian].
- Ivchenko, O.M. (2020). Obg'runtuvannja kontrolju zmagal'noi' dijal'nosti basketbolistiv na etapi poperedn'oi' bazovoi' pidgotovky [Substantiation of control of basketball players' competitive activity at the stage of preliminary basic training]. *Materialy XI Mizhnarodna naukovo-praktychna konferencija «Suchasni problemy ta perspektyvy rozvytku fizychnogo vyhovannja zdorov'ja i profesijnoi' pidgotovky majbutnih fahivciv z fizychnogo vyhovannja ta sportu»* [Modern problems and prospects for the development of physical education of health and professional training of future specialists in physical education and sports], 19–20 bereznja 2020 roku m. Kyi'v, 182–185. [in Ukrainian].
- Mitova, O.O., & Ivchenko, O.M. (2017). Vdoskonalennja systemy testiv dlja kontrolju tehnicnoi' ta special'noi' fizychnoi' pidgotovlenosti basketbolistiv na etapi poperedn'oi' bazovoi' pidgotovky na osnovi faktornogo analizu [Improving the system of tests for controlling the technical and special physical fitness of basketball players at the stage of preliminary basic training based on factor analysis]. *Naukovyj chasopys NPU imeni M.P.Dragomanova* [Scientific Journal of the National Pedagogical Dragomanov University], Serija 15, 12(94), 58–62. [in Ukrainian].
- Mitova, O.O., & Ivchenko, O.M. (2020). Integral'na ocinka ta normatyvni shkaly ocinjuvannja pokaznykiv special'noi' fizychnoi' pidgotovlenosti basketbolistiv na etapi poperedn'oi' bazovoi' pidgotovky [Integral assessment and normative scales of assessment of indicators of special physical fitness of basketball players at the stage of preliminary basic training]. *Naukovyj chasopys nacional'nogo pedagogichnogo universytetu im. M.P. Dragomanova* [Scientific Journal of the National Pedagogical Dragomanov University], no 8(128), 120–124 DOI 10.31392/NPU-nc.series.15.2020.8(128).26. 2020. S. 121-124. [in Ukrainian].
- Mitova, O. (2020). Formuvannja systemy testiv dlja kontrolju pidgotovlenosti graciv u komandnyh sportyvnyh igrah [Formation of a test system for monitoring the preparedness of players in team sports games]. *Sportyvna nauka ta zdorov'ja ljudyny* [Sports science and human health], no 2, 88–101. [in Ukrainian].
- Mitova, O., & Shynkaruk, O. (2022). Obg'runtuvannja pidhodu do formuvannja systemy kontrolju v komandnyh sportyvnyh igrah [Substantiation of the approach to the formation of a control system in team sports games]. *Sportyvnyj visnyk Prydniprovia* [Sports Bulletin of Prydniprovia], no 1, 191–200. DOI: 10.32540/2071-1476-2022-1-191. [in Ukrainian].
- Mitova, O. (2022). Dynamika rozvytku komandnyh sportyvnyh igrah jak pidgruntja formuvannja suchasnoi' systemy kontrolju u komandnyh sportyvnyh igrah [The dynamics of team sports games development as a basis for the formation of a modern control system in team sports games]. *Fizychna kul'tura, sport ta zdorov'ja nacii'* [Physical culture, sports and national health], no 13(32), 198–211. [in Ukrainian].
- Mitova, O., Ivchenko, O., Onyshhenko, V., Poljakova, A., & Gancheva, V. (2022). Analiz dumky treneriv shhodo problem pedagogichnogo kontrolju u suchasnomu basketboli [Analysis of coaches' opinions on the problems of pedagogical control in modern basketball]. *Sportyvni igry* [Sports games], no 3(25), 86–96. doi: 10.15391/si.2022-3.08. [in Ukrainian].
- Mitova, O., Ivchenko, O., Onyshhenko V., Poljakova A., & Hanjukova, O. (2022). Vyznachennja znachushhosti storin pidgotovlenosti ta pokaznykiv zmagal'noi' dijal'nosti jak pidgruntja rozrobky kompleksnoi' systemy kontrolju graciv u basketboli [Determination of the significance of preparedness aspects and indicators of competitive activity as a basis for the development of a comprehensive system of player control in basketball]. *Sportyvni igry* [Sports games], no 4(26), 86–96. doi: 10.15391/si.2022-4.02 . [in Ukrainian].

- Platonov, V.N. (2015). *Systema podgotovky sportsmenov v olymпыjskom sporte. Obshhaja teoryja y ee praktycheskыe prylozhenyja: uchebnyk* [The system of athlete training in Olympic sport. General theory and its practical applications] [dlja trenerov]: v 2 kn. K.: Olimpijskaja literatura/. [in Ukrainian].
- Poplavs'kyj, L.Ju., & Okipnjak, V.G. (1999). *Basketbol. Navchal'na programa dlja dytjachojunac'kyh sportyvnyh shkil, specializovanyh dytjacho-junac'kyh shkil olimpijs'kogo rezervu ta shkil vyshhoi' sportyvnoi' majsternosti (navchal'no-trenuval'ni grupy ta grupy sportyvnoho udoskonalennja)* [Basketball. Curriculum for children's and youth sports schools, specialized children's and youth schools of the Olympic reserve and schools of higher sports skills (training groups and sports improvement groups)]. K. [in Ukrainian].
- Poplavs'kyj, L.Ju., Maslova, O.V., Bezmylov, M.M., Mitova, O.O., Murzin, Je.V., & Chetvertak, O.A. (2019). *Basketbol. Navchal'na programa dlja dytjacho-junac'kyh sportyvnyh shkil, specializovanyh dytjacho-junac'kyh sportyvnyh shkil olimpijs'kogo rezervu, shkil vyshhoi' sportyvnoi' majsternosti ta specializovanyh navchal'nyh zakladiv sportyvnoho profilju* [Баскетбол. Навчальна програма для дитячо-юнацьких спортивних шкіл, спеціалізованих дитячо-юнацьких спортивних шкіл олімпійського резерву, шкіл вищої спортивної майстерності та спеціалізованих навчальних закладів спортивного профілю]. Kyi'v: Respublikans'kyj naukovo-metodychnyj kabinet Ministerstva molodi ta sportu Ukraїny. [in Ukrainian].
- Pegat, A. (2013). *Nechjotkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy modelling and control]. 2-e izd. M.: BINOM. Laboratorija znaniј. [in Russian].
- Sivanandam, S.N., & Sumathi, S.D.S. (2006). *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer-VerlagBerlinHeidelberg.
- Ivchenko, O., & Mitova, O. (2020). Component of psychological training of basketball players at the stage of preliminary basic training in the preparatory period. *Slobozhanskyi herald of science and sport: [scientificand the oretical journal, no 8 (4), 69–80.*
- Solovey, O.M., Mitova, O.O., Solovey, D.O., Boguslavskiy, V.V., & Ivchenko, O.M. (2020). Analys is and generalization of competitive activity result sof hand ball club sin the game development aspect. Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports, no 01, 36-43. doi:10.15561/18189172.2020.0106
- Koryahin, V., Blavt. O., Doroshenko, E., Prystynskiy, V., & Stadnyk, V. (2020). Training effect of special basketball exercises. *Teoriâ Ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ, no 20(3), 137–141.*
- Kozina, Zh.L., Sobko, I.N., Yermakova, T., Cielicka, M., Zukow, W., Chia, M, Goncharenko, V, Goncharenko, O, & Korobeinik, V. (2016). Psycho-physiological characteristics of female basketball players with hearing problems as the basis for the technical tactic. *Journal of Physical Educationand Sport, no 16(4), 261348-1359. DOI:10.7752/jpes.2016.04213*
- Mitova, O., Griban, G., Oleniev, D., Yakovenko, A., Onyshchenko, V., Mozolev, O., Semeniv, B., Lytvynenko, A., Khurtenko, O., Zamrozevuch-Shadrina, S., Kozibroda, L., & Hres, M. (2022). The impact of mini-basketball training sessions on the 6-7-year-old boys' physical fitness and physical development. *International Journal of Human Movementand Sports Sciences, no 10 (4), 754-767. doi: 10.13189/saj.2022.100416.*
- Mondoni, M. (2020). *General guidelines of mini basketball*. Italy, Roma.
- National Basketball Coaches Association (NBCA) (2017). *NBA coaches play book: techniques, tactics, andteachingpoints*. South Californian University in LA.
- Sushko, R. & Doroshenko, E. (2017). Professionalizatsionissues of concernsas a factor of sports games globalization (basingonbasketball). *Fundamental and Applied Studiesin EU and CIS Countries : proceedings of the VII International Academic Congress, 26–28 February 2017. United Kingdom, Cambridge, England, Vol. VII, 128–132.*
- Giorgio, Gandolfi (2014). *NBA Coaches Playbook. Techniques, tactics, andteachingpoints*. Gandolfi Giorgio. HumanKinetics.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Івченко Оксана Миколаївна: к. фіз. вих, доцент, доцент кафедри фізичної культури, спорту та здоров'я, Державний вищий навчальний заклад Український державний хіміко-технологічний університет: Пр. Гагаріна 8. м. Дніпро, 49094, Україна

Ivchenko Oksana Mykolayivna: Candidate of Physical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Culture, Sports and Health Ukrainian State University of Chemical Technology: Pr. Gagarina 8. Dnipro, 49094, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-0806-0860>

E-mail: basket.ivchenko@gmail.com

Мітова Олена Олександрівна: д.фіз.вих, доцент, завідувач кафедри спортивних ігор Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту: вул. Набережна перемоги 10, Дніпро, 49094, Україна

Mitova Elena: D., Associate Professor, Head of the Department of Sports Games Prydniprovsk State Academy of Physical Culture and Sports; str. Naberezhna peremohy 10, Dnipro, 49094, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-4309-9261>

E-mail: elenamitova@ukr.net

М'ячин Валентин Георгійович: д. е. н., професор, професор кафедри підприємництва, організації виробництва та теоретичної і прикладної економіки, Державний вищий навчальний заклад Український державний хіміко-технологічний університет: Пр. Гагаріна 8, м. Дніпро, 49094, Україна.

Myachin Valentyn Georgiyovych: Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Entrepreneurship, Production Organization and Theoretical and Applied Economics, Ukrainian State University of Chemical Technology: Pr. Gagarina 8, Dnipro, 49094, Ukraine.

<http://orcid.org/0000-0002-1491-5100>

E-mail: myachin2020fuzzy@gmail.com