

## ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ТЕХНІЧНОЮ ПІДГОТОВКОЮ СТИБУНІВ З ЖЕРДИНОЮ

Шутеев В. В., Шутеева Т. М., Подоляка О. Б.  
Харківська державна академія фізичної культури

**Анотація.** Теоретично обґрунтовано та запропоновано практичні варіанти застосування сучасних інструментальних комплексів у стрибках з жердиною. Проаналізовано та порівняно переваги та недоліки наявного інструментарію. Подано власні підходи до проведення біомеханічного моделювання технічної підготовки стрибунів з жердиною високої кваліфікації. Розроблено структурну схему для аналізу стрибка з жердиною. Встановлено, що система на основі нейро-нечіткої мережі має більш прийнятну структуру для прогнозування у стрибках з жердиною. За допомогою даного інструменту, що враховує індивідуальні біомеханічні особливості стрибкового стилю спортсмена, можна детально аналізувати всі фази стрибка, в модельному аналізі знайти раціональний варіант техніки для конкретного спортсмена, виходячи з запланованого для нього спортивного результату. Тренер і спортсмен фактично отримують модель «ідеального» стрибка на заданій висоті з конкретними значеннями кінематичних характеристик.

**Ключові слова:** біомеханічний аналіз, моделювання, нейро-нечітка мережа, стрибки з жердиною.

**Аннотация.** Шутеев В. В., Шутеева Т. М., Подоляка О. Б. Использование информационных технологий в управлении технической подготовкой прыгунов с шестом. Теоретически обоснованы и предложены практические варианты применения современных инструментальных комплексов в прыжках с шестом. Проанализированы и сравнены преимущества и недостатки имеющегося инструментария. Поданы собственные варианты биомеханического моделирования технической подготовки прыгунов с шестом высокой квалификации. Разработана структурная схема для анализа прыжка с шестом. Установлено, что система на основе нейро-нечеткой сети имеет более благоприятную структуру для прогнозирования в прыжках с шестом. С помощью данного инструмента, который учитывает индивидуальные биомеханические особенности прыжкового стиля спортсмена, можно детально анализировать все фазы прыжка, в модельном анализе найти рациональный вариант техники для конкретного спортсмена, исходя из запланированного для него спортивного результата. Тренер и спортсмен фактически получают модель «идеального» прыжка на заданной высоте с конкретными значениями кинематических характеристик.

**Ключевые слова:** биомеханический анализ, моделирование, нейро-нечеткая сеть, прыжки с шестом.

**Abstract.** Shutyeyev V., Shutyeyeva T., Podolyaka O. Use of information technologies in a management technical preparation of pole vaulter. In theory grounded and the practical variants of application of modern instrumental complexes are offered in the pole vault. Advantages and lacks of present tool are analysed and compared. The own going is given near conducting of biomechanics design of technical preparation of training pole vaulter of high qualification. A flow diagram is developed for the analysis of pole vaulting. It is set that the system on the basis of neuro-fuzzy network has more favourable structure for prognostication in pole vaulting. By this instrument which takes into account the individual biomechanics features of jump style of sportsman, it is possible in detail to analyse all of phases of jump, in a model analysis find the rational variant of technique for a concrete sportsman, coming from the sporting result planned for him. A trainer and sportsman actually get the model of «ideal» jump on a decision height with the concrete values of kinematics descriptions.

**Key words:** a biomechanics analysis, design, neuro-fuzzu network, pole vaulting.

**Постановка проблеми.** У наш час технічна підготовка спортсменів є центральним системоутворюючим елементом у багатогранній структурі процесу спортивного тренування. На сьогодні накопичений великий теоретичний матеріал і експериментальний досвід, що дозволяють ефективно управляти процесом удосконалення технічної майстерності спортсменів [2; 5; 15]. Головна спрямованість цього процесу – навчити спортсмена ефективним елементами спортивної техніки, що дозволить повною мірою реалізувати його руховий потенціал і досягати високих результатів у спорті [14; 16]. Впровадженням результатів моделювання техніки спортивних локомотивів є перспективний напрям методики спортивного тренування легкоатлетів [9; 15]. Вирішення проблем, пов'язаних з розробкою програм удосконалення технічної майстерності, можливе лише в результаті всебічного, комплексного вивчення спортивної техніки через призму прикладного використання сучасних комп'ютерних засобів і методів дослідження [2; 6; 22]. Проте в спортивному тренуванні легкоатлетів вони використовуються недостатньо. У той же час широке впровадження комп'ютерних інформаційних систем в практику підготовки легкоатлетів-стрибунів і пошук шляхів їх ефективного використання дозволили б вивести якість технічної підготовки на вищий рівень.

**Зв'язок теми з важливими науковими та практичними завданнями.** Роботу виконано згідно зі Зве-

деним планом НДР у сфері фізичної культури і спорту Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України на 2011–2015 рр. за темою 2.16 «Удосконалення засобів технічної і тактичної підготовки кваліфікованих спортсменів із використанням сучасних технологій вимірювання, аналізу і моделювання рухів».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Практичне та теоретичне значення інструментального прогнозування та моделювання у спорті дедалі ширше висвітлюється в науковій літературі та на сторінках Інтернету [18–20 та ін.]. Така сама тенденція спостерігається й у легкоатлетичних стрибках [11; 14]. Однак відзначимо поодинокість досліджень стрибків з жердиною. Характерне для сучасної спортивної науки широке впровадження сучасних комп'ютерних технологій здійснюється за багатьма напрямками, серед яких можна виділити два: перший – використання інструментальних систем для вимірювання та обробки інформації про характеристики рухів [8] і другий – створення моделей, що відображають суттєві елементи рухів спортсмена [2; 6; 15; 18]. Серед безконтактних методів контролю за рухами спортсмена найбільш популярним став біомеханічний аналіз на основі фото-, кіно- та відеозйомки. Біомеханічні характеристики допомагають розібратися в складних механізмах формування рухів і, отже, знайти шляхи оволодіння ними, їх вдосконалення та виправлення можливих помилок. На сьогодні високоточний кількісний біомеханічний аналіз рухових дій людини виконується за допомогою



різноманітних відеоаналізуючих систем, що використовують як стандартні цифрові відеокамери, так і спеціалізовані високошвидкісні відеокамери. Програмний комплекс «Biovideo» [17] дозволяє вивчати різні біомеханічні системи: «людина-людина», «спортсмен-снаряд» та ін. Програмний комплекс об'єднав у собі декілька модулів і знайшов своє застосування в порівняльному аналізі техніки виконання опорних стрибків на снарядах різної конструкції в спортивній гімнастиці [12], у моніторингу техніки бігу по прямій в шор-треку [2], у визначенні відмінності в атакуючих діях фехтувальників-рапіристів до і після змін правил змагань [4]. Робота автоматизованої оптикоелектронної системи Qualisys (Швеція) ґрунтується на реєстрації сигналів від розміщених на тілі спортсмена рефлексивних маркерів [1]. У разі застосування автоматизованих систем відеокомп'ютерного аналізу на змаганнях, де використання маркерів неможливо, координати точок розпізнаються за допомогою програмного забезпечення. Це так звані інтелектуальні системи (Vicon, Великобританія [7]; «Zenit-2000», Росія [6], в яких координати точок відстежуються за допомогою вирішення задачі штучного інтелекту – розпізнавання образів.

За функціональними можливостями програмного забезпечення системи відеокомп'ютерного аналізу поділяються на системи, в яких передбачено отримання кількісних параметрів рухової дії, і системи, в яких проводиться візуальний аналіз відеокліпів: накладення, стробування кадрів (наприклад, програмне забезпечення Dartfish). Як правило, системи, що мають можливість проведення кількісного біомеханічного аналізу, працюють не зі стандартним, а зі спеціалізованим відеоустаткуванням. Деякі системи, наприклад Simi (Німеччина), поєднують функції як кількісного біомеханічного аналізу, так і якісного візуального аналізу [2].

Сьогодні в практиці спорту застосовуються системи, що дозволяють визначити параметри стартової реакції, зусиль, що докладаються до колодок на старті в бігових дисциплінах, часу пробігання окремих ділянок і дистанції в цілому. Такі системи, як правило, складаються з вимірювача часових інтервалів, тензоколодок і фотодатчиків. Фірмою Microgate (Італія) розроблено оптоелектронну систему OptoJump [2] для вимірювання кінематичних характеристик різних локомоцій у реальному часі з точністю до 1/1000 с: довжини проєкції ступні і її положення на доріжці; часу фаз польоту і опори в бігу; миттєвої і середньої швидкості; прискорення; загальний часу виконання вправи.

**Мета дослідження:** аналіз сучасного стану застосування комп'ютерного програмного забезпечення для оптимізації навчально-тренувального процесу у стрибунів з жердиною.

**Завдання дослідження:**

1. За даними спеціальної науково-методичної літератури, вітчизняного і закордонного досвіду вивчити можливості інформаційних технологій, які використовуються при удосконаленні техніко-тактичної майстерності.
2. На основі отриманих даних визначити перспективні напрями оптимізації тренувального процесу стрибунів з жердиною.
3. Розробити структурну схему для аналізу

стрибка з жердиною.

**Методи дослідження:** аналіз та узагальнення даних спеціальної науково-методичної літератури; системологічний метод; метод формалізації і обробки даних.

**Виклад основного матеріалу.** Перш ніж почати практичну роботу з удосконалення техніки, тренер і спортсмен повинні переконатися в тому, що це призведе до поліпшення результативності. Тут важливо знати, що саме змінювати в техніці спортсмена і в якій мірі [10; 21]. Модель дозволяє це здійснити, прогнозуючи результативність [9; 11; 18 та ін.]. Фундаментально новий підхід до математичного моделювання в сучасній спортивній науці представляє використання засобів комп'ютерного імітаційного моделювання, а саме каскадної нейро-нечіткої мережі [11], яка надає можливість підтримки ухвалення рішень у ході тренувального і змагального процесів [10]. У порівнянні з традиційними методами математичної статистики, нейро-мережеві технології дозволяють виявляти нелінійні закономірності в сильно зашумлених неоднорідних даних, забезпечують високу якість рішень як при великому числі вхідних параметрів, так і при відносно невеликих обсягах розрізнених даних [13]. Дослідники у спортивній науці за допомогою нейронних мереж сподіваються моделювати вражаючі за своєю ефективністю процеси обробки інформації, що властиві живим істотам. М. П. Шестаков навіть визначив новий прикладний науковий напрямок «біокіберогогіку» (спортивно-педагогічну біомеханіку) [18], який пов'язаний з розробкою математичної теорії навчання людини руховим діям на підґрунті застосування нейронних мереж.

Штучні нейронні мережі можуть міняти свою поведінку залежно від зовнішнього середовища. Після пред'явлення вхідних сигналів (можливо, разом з необхідними виходами) вони самонастроюються, щоб забезпечити необхідну реакцію [13; 23]. Відгук мережі після навчання може бути до деякої міри нечутливий до невеликих змін вхідних сигналів. Ця внутрішньовластива здатність бачити образ крізь шум життєво важлива для розпізнавання образів у реальному світі [21]. Отже, системи з нейро-нечіткою мережею вимагають обов'язкового використання комп'ютерних засобів із спеціальним програмним забезпеченням. При цьому вони дають ряд переваг: користувач може сам переувчати систему при збільшенні кількості експериментів; інтерфейс програми дозволяє не тільки прогнозувати, але і моделювати умови, при яких спортсмен зробить успішний стрибок, шляхом зміни вхідних даних.

Стрибок може бути успіхом, коли висота взята, і неуспіхом, коли планка збита. Усі стрибки можна розділити на три вибірки з відповідними кінематичними параметрами (рис. 1).

Для побудови моделі успішності стрибка використовується каскадна нейро-нечітка мережа в пакеті «Medical Toolbox». Запропонований алгоритм нейро-нечіткої мережі складається з двох блоків: блоку дообробки і блоку нейро-нечіткого виходу (рис. 2).

Блок дообробки реалізується у вигляді експоненціальної функції для кожного вхідного сигналу і служить для забезпечення рівнозначності перетворених даних по діапазону і розподілу. Блок дообробки забезпечує приналежність перетворених даних єдино-



Рис. 1. Схема можливого результату стрибка і вибірки по параметрах

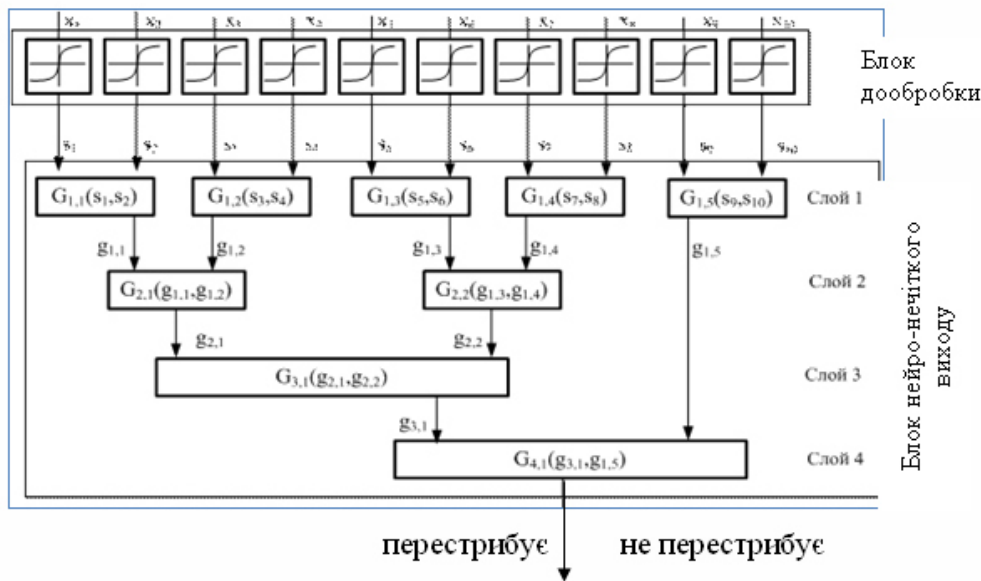


Рис. 2. Алгоритм каскадної нейро-нечіткої мережі для побудови моделі успішності стрибка

му діапазону  $(-1, 1)$  з рівномірним розподілом. Блок нейро-нечіткого виходу є деревовидною структурою, що сходиться, з чотирьох шарів з вузлами (на першому шарі п'ять вузлів, на другому – два, на третьому – один і на четвертому – один). У кожному вузлі знаходиться гібридна мережа з архітектурою ANFIS. Гібридні мережі мають однотипну структуру і відрізняються значеннями коефіцієнтів, які визначаються при навчанні мережі в програмі. Мережа навчається на вдалих і невдалих спробах з відповідними значеннями параметрів.

Для кожного спортсмена на основі розділення сукупності успішних і не успішних стрибків і проведення аналізу дискримінанта необхідно виділяти біомеханічні характеристики, які потім включаються в індивідуальні моделі прогнозування успішності стрибка. Для кожного стрибка з жердиною, на основі імітаційного моделювання техніки спортивних рухів і створеної інтерактивної системи прогнозування успішності стрибка, розробляється методика вдосконалення техніки рухових дій. За допомогою даної інтерактивної системи можна детально аналізувати фази стрибка, удосконалювати техніку за рахунок направленої корекції окремих рухів різних ланок тіла, досягати оптимальної комбінації кінематичних параметрів, що забезпечує реалізацію найвищого результату.

Щоб максимально адаптувати отримані нейро-сетеві моделі до тренувального процесу, необхідно

виділяти при їх побудові ті біомеханічні параметри, на які можна безпосередньо впливати тренувальними засобами, а також давати методичні вказівки в процесі технічної підготовки спортсмена. За допомогою програмних засобів, спочатку задаватиметься висота стрибка, у відповідність з якою в інтерактивному режимі система автоматично буде показувати оптимальне поєднання біомеханічних характеристик для успішного подолання планки на заданій висоті.

**Висновок:**

1. Установлено, що сучасні дослідження показників спортивної техніки стрибунів з жердиною виконуються відеоконп'ютерним аналізом рухів.
2. Розроблено структурну схему успіху та неуспіху взяття планки при аналізі стрибка з жердиною.
3. Система на основі нейро-нечіткої мережі має більш прийнятну структуру для прогнозування у стрибках з жердиною. За допомогою даного інструменту, що враховує індивідуальні біомеханічні особливості стрибкового стилю спортсмена, можна детально аналізувати всі фази стрибка, в модельному аналізі знайти раціональний варіант техніки для конкретного спортсмена, виходячи із запланованого для нього спортивного результату. Тренер і спортсмен фактично отримують модель «ідеального» стрибка на заданій висоті з конкретними значеннями кінематичних характеристик.

Перспективи подальших досліджень полягають

Шулеєв В. В., Шулеєва Т. М., Подольська О. Б. ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВ-

у розробці і подальшому вдосконаленні комп'ютерної програми управління технікою окремих рухів ланок тіла та досягнення оптимальної комбінації кінематичних параметрів у тренуванні стрибунів з жердиною.

#### Література:

1. Автоматизована оптикоелектронна система «Программа для обработки движений на стабиллоплатформе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к сайту Qualisys : <http://iisci.ru>.
2. Ахметов Р. Ф. Сучасні тенденції використання інформаційних технологій у технічній підготовці спортсменів / Р. Ф. Ахметов, Т. Б. Кутек // Вісник ЧДПУ. – Чернігів : 2011. – № 86. – С. 15–18.
3. Теоретические основы построения оценки физического развития и состояния физического здоровья обследуемого контингента / В. С. Ашанин, В. А. Друзь, Э. А. Задорожная и др. // Слобожанський науково-спортивний вісник : [наук.-теор. журн.] – Харків : ХДАФК, 2012. – № 2. – С. 131–137.
4. Бакум А. В. Особенности техники атакующих действий в фехтовании на рапирах в условиях новых правил соревнований / А. В. Бакум // Probleme actuale ale nejrriei si practicii culturii fizice. – Chisinau : USEFS. – 2010. – С. 157–162.
5. Гусаревич О. В. Програмоване управління технічною підготовкою в стрибках у довжину з розбігу / О. В. Гусаревич // Фізична культура, спорт та здоров'я нації, Вінниця, 2011. – С. 104–108.
6. Информационно-тренажерная система «Zenit-2000» / М. В. Шахматов, В. К. Зайцев, И. Д. Тихонов, А. В. Кузьмин. – М. : МФТИ, РГУФКСТ, ОАО «Импульс», 2003. – 70 с.
7. Інтелектуальна система Vicon [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vicon.com>.
8. Кашуба В. Современные оптико-электронные методы измерения и анализа двигательных действий спортсменов высокой квалификации / В. Кашуба, И. Хмельницкая // Наука в олимпийском спорте. – 2005. – № 1. – С. 123–128.
9. Клаус Н. Г. Сравнительный анализ программных пакетов Anylogic и Netlogo – инструментов для имитационного моделирования сложных систем и процессов / Н. Г. Клаус, В. П. Свечкарев, Ф. А. Сурков // Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ : [Материалы научно-метод. конф. : 11–13 мая 2011.] – Ростов н/Д : ЮГИНФО, 2011. – С. 153–154.
10. Косихин В. П. Технологии управления подготовкой легкоатлетов-многоборцев в прыжковых видах многоборья [Электронный ресурс] / В. П. Косихин // Сайт «Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта» 2009. – Режим доступа : <http://lesgaft-notes.spb.ru/?q=ru/node/396>.
11. Кривецкий И. Ю. Создание индивидуальной модели техники прыжка в высоту на основе каскадной нейро-нечеткой сети с целью оптимизации тренировочного процесса / И. Ю. Кривецкий, Г. И. Попов, Н. С. Безруков // Российский журнал биомеханики. – 2011. – Т. 15, № 3 (53). – С. 71–78.
12. Крупеня С. В. Особливості техніки відштовхування руками в опорному стрибку у кваліфікованих гімнасток в умовах зміненої конструкції снаряду / С. В. Крупеня // Слобожанський науково-спортивний вісник : [наук.-теор. журн.] – Харків : ХДАФК, 2008. – Вип. 1–2. – С. 49–51.
13. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rriai.org.ru/>
14. Оганджанов А. Л. Управление подготовкой квалифицированных легкоатлетов-прыгунов : [монография] / А. Л. Оганджанов. – М. : Физкультура и спорт, 2005. – 200 с.
15. Попов В. Б. Система спортивной подготовки высококвалифицированных легкоатлетов-прыгунов: (теория, практика, методика) : автореф. дис. д-ра пед. наук / В. Б. Попов. – М., 1988. – 51 с.
16. Пятисоцкая С. С. Проблема индивидуального подхода подготовки в спортивных единоборствах / С. С. Пятисоцкая // Слобожанський науково-спортивний вісник : [наук.-теор. журн.] – Харків : ХДАФК, 2009. – № 3. – С. 168–171.
17. Хмельницкая І. В. Програмний комплекс біомеханічного відеокomp'ютерного аналізу рухів людини / І. В. Хмельницкая // Теорія і методика фіз. виховання і спорту. – 2004. – № 2. – С. 150–156.
18. Шестаков М. П. Управление технической подготовкой в легкой атлетике на основе компьютерного моделирования / М. П. Шестаков // Наука в олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 187–196.
19. Ariel. High technology in athletic training and performance analysis // California, CA, U.S.A. XII Intern. Symposium on Biomechanics in sports. – Budapest, 1994. – P. 104.
20. Augulo R. V. Comparision Film and video Techniques for Estimating Three Dimensional Coordinates Within a Lange Field / R. V. Augulo, J. Dapena // Inter. J. Sport Biomech. – 1992. – № 2. – P. 145–151.
21. Hopfield J. J. Olfactory Computation and Object Perception / J. J. Hopfield // Proceed. Nat. Academ. Science, Aug. – 1991. – v. 88. – N 15. – p. 6462.
22. Joshua M. Epstein, Modeling civil violence: An agent-based computational approach, Proceedings of the National Academy of Sciences / M. Joshua // May 14 2002. – Vol. 99, Suppl. 3. – <http://www.pnas.org/content/99/suppl.3/7243.short>
23. Rumelhart D. E., McClelland and the PDP Research Group (1986). Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations, Cambridge. – MA : MIT Press.