

*До 100-річчя
Національної академії наук України*

Моделювання та інформаційні технології у фізичному вихованні та спорті



**Львів
2018**

Центр математичного моделювання
Інституту прикладних проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача Національної академії наук України
Львівський державний університет фізичної культури
Харківський національний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди

*До 100-річчя
Національної академії наук України*

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ ТА СПОРТІ**

*Збірник матеріалів
XIV Міжнародної наукової конференції*

*Секція 1: моделювання як метод наукового пізнання складних об'єктів і процесів, розроблення математичних моделей їх дослідження та застосування у фізичному вихованні та спорті,
(ЗНЦ НАН України, 27 червня 2018 р.)*

Львів
Растр-7
2018

УДК 303.094.7:796
М 74

*Рекомендовано до друку Вченою радою Центру математичного моделювання
Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача
Національної академії наук України
(протокол № 8 від 5.12.2018 року)*

Рецензенти:

доктор фізико-математичних наук, професор
Михайло МАРЧУК
*(Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача Національної академії наук України);*

доктор фізико-математичних наук,
провідний науковий співробітник
Тарас НАГІРНИЙ
*(Центр математичного моделювання
Інституту прикладних проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача Національної академії наук України)*

М 74 Моделювання та інформаційні технології у фізичному вихованні та спорті : зб. матеріалів XIV Міжнар. наук. конф. Секція 1. – Львів : Видавництво «Растр-7», 2018. – 60 с.

ISBN 978-617-7726-39-4 (серія)

ISBN 978-617-7726-41-7

Збірник містить матеріали доповідей учених з України і зарубіжних країн з актуальних питань моделювання систем й інформаційного забезпечення процесів та явищ у фізичному вихованні і спорті. Книга буде корисною для науковців, учителів і викладачів фізичного виховання, тренерів, спортсменів, фізичних реабілітологів, докторантів, аспірантів, студентів та усіх, хто цікавиться сучасними проблемами моделювання у фізичному вихованні і спорті.

УДК 303.094.7:796

© Центр математичного моделювання ППММ
ім. Я. С. Підстригача НАН України, 2018

© Львівський державний університет
фізичної культури, 2018

ISBN 978-617-7726-39-4 (серія)

ISBN 978-617-7726-41-7

© Видавництво «Растр-7», 2018

Оргкомітет

Голова оргкомітету

П'ЯНИЛО Ярослав Данилович

доктор технічних наук, професор

(Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України)

Заступник голови оргкомітету

ВИНОГРАДСЬКИЙ Богдан Анатолійович

доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор

(Львівський державний університет фізичної культури)

Заступник голови оргкомітету

ХУДОЛІЙ Олег Миколайович

доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор

(Харківський національний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди)

ЗАНЕВСЬКИЙ Ігор Пилипович

доктор технічних наук, професор

(Львівський державний університет фізичної культури)

РИБАК Олег Юрійович

доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор

(Львівський державний університет фізичної культури)

ВЛАСОВ Андрій Петрович

кандидат фізико-математичних, доцент

(Львівський державний університет фізичної культури)

ЛОПАТЬЄВ Анатолій Олександрович

кандидат фізико-математичних наук, доцент

(Львівський державний університет фізичної культури)

(Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України)

ТОРСЬКИЙ Адріан Романович

кандидат технічних наук

(Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України)

Секретар оргкомітету

ДЕМІЧКОВСЬКИЙ Андрій Павлович

(Львівський державний університет фізичної культури)

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ЧИСЛОВИХ РЯДІВ
Ярослав П'янило¹, Анатолій Лопатьєв^{1,2}, Андрій Власов², Галина П'янило¹,
Андрій Демічковський²

¹*Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем
механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України*

²*Львівський державний університет фізичної культури*

Вступ. Дослідження багатьох фізичних, природних, біологічних та технологічних процесів базується на замірах певних параметрів досліджуваних процесів. Коректне оброблення отриманої цифрової інформації дозволяє знайти певні закономірності досліджуваного процесу. Особливо це стосується випадку, коли отримані цифрові дані отримані в умовах значної невизначеності.

Тому важливим є питання ефективного застосування теорії статистичного та ймовірностного оброблення числової інформації.

Часові ряди досліджуються з різними цілями. В одному ряді випадках буває достатньо отримати опис характерних особливостей ряду, а в іншому ряді випадків потрібне не тільки передбачати майбутні значення часового ряду, а й управляти його поведінкою. Метод аналізу часового ряду визначається, з одного боку, цілями аналізу, а з іншого боку, ймовірнісною природою формування його значень.

Поширеними методами аналізу часових рядів є: спектральний аналіз, кореляційний аналіз, моделі авторегресії і ковзного середнього, багатоканальні моделі авторегресії, прогноз експоненціально зваженим ковзаючим середнім тощо.

Метою праці є розроблення методики оброблення числових рядів, що мають місце в тренувальній та змагальній діяльності спортсменів та пошук закономірностей та зв'язків між процесами, що досліджуються.

Об'єктом дослідження є цифрова інформація про відповідні процеси, що досліджуються та основні способи її вивчення.

Основні числові характеристики вибіркової сукупності. Вибіркова середня:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Вибіркова дисперсія:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n n_i x_i^2 - n \bar{x}^2 \right).$$

Вибіркове середньоквадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Нехай x_1, x_2, \dots, x_n – випадкова вибірка з розподілу $F_1(x)$, а y_1, y_2, \dots, y_n – випадкова вибірка з розподілу $F_2(x)$. Вибірковим коефіцієнтом кореляції називають:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Аналіз статистичних зв'язків. При аналізі багатовимірних даних важливу роль відіграє поняття типу змінних, які описують об'єкт. Виділяють два типи змінних: кількісні і номінальні. Значення кількісних змінних отримують шляхом вимірювання або підрахунку (ріст, вага, час, температура, число організмів і т. д.). Для кількісної змінної має зміст обчислити середнє із декількох її значень. Номінальні змінні можуть приймати два і більше значень, які не є числами і не впорядковані між собою. Значення номінальної змінної відповідає віднесенню об'єкта до деякого класу або категорії (стать, вид, колір, місце проживання і т. д.).

Формою представлення багатовимірних даних є матриця, яка містить N рядків і M стовпчиків:

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{1M} \\ \dots & \dots \\ M & M \\ \dots & \dots \\ x_{N1} & x_{NM} \end{pmatrix}.$$

Тут елемент x_{ij} цієї матриці визначає значення j -тої змінної X_j для i -того спостереження.

У якості міри зв'язку між кількісними змінними використовують коефіцієнт кореляції між ними:

$$R_{jl} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{ij} - A_j)(x_{il} - A_l)}{(N-1)S_j S_l},$$

де A_j і A_l – середні значення змінних X_j та X_l , відповідно; S_j і S_l – середні квадратичні відхилення цих змінних.

Метод аналізу зв'язку припускає розбиття вихідної сукупності змінних на дві множини M_1 і M_2 . Нехай, наприклад, перша множина змінних X_1, \dots, X_{M-1} ($M_1=M-1$) відіграє роль пояснюючих змінних, а друга множина змінних Y ($M_2=1$) – роль пояснювальної змінної.

На практиці можуть реалізуватися такі випадки:

1. Якщо X_1, \dots, X_{M-1} та Y – кількісні змінні, то має місце регресійний аналіз.
2. Якщо X_1, \dots, X_{M-1} – кількісні змінні, а Y – номінальна змінна, то задача розв'язується методом дискримінантного аналізу.
3. Якщо X_1, \dots, X_{M-1} – номінальні змінні, а Y – кількісна змінна, то має місце дисперсійний аналіз.
4. Якщо X_1, \dots, X_{M-1} та Y – номінальні змінні, то така задача носить назву розпізнання образів.

Основними задачами при обробці інформації є:

- апроксимація сигналів;
- стиск інформації;
- фільтрація сигналів.

На даний час існує велика кількість методів обробки цифрової інформації. Основними з них є спектральні в таких базисах, де існують швидкі перетворення. Це, зокрема, базиси тригонометричних функцій, Фур'є, Хаара, Уолша і деякі інші. З проведеного аналізу випливає що вони задовольняють не всім вимогам, які на даний час ставляться при розв'язуванні прикладних задач.

Названі вище ортогональні базиси задовольняють критеріям оптимальності, швидкодії і деяким іншим. Однак, оскільки задачі обробки інформації є некоректними за Тихоновим, ці базиси не дозволяють ефективно використати апріорну інформацію для побудови регуляризуючих розв'язків і, як наслідок, не завжди вдається дотриматись критеріїв достовірності та точності кінцевого результату. В зв'язку з тим за останній час широкого вжитку при розв'язуванні задач обробки інформації набули інші ортогональні базиси, зокрема базиси класичних ортогональних многочленів Якобі та Чебишева-Лагерра.

Знаходження узагальнених спектрів на основі квадратурних формул.

Спектральні методи уможливають розв'язувати задачі у тому випадку, коли функції, що входять у математичну модель опису фізичного процесу, зображаються збіжними рядами за даним базисом. У теорії ортогональних рядів наводяться теореми, у яких сформульовано умови збіжності.

При внесенні вхідних значень у дискретній формі, тобто відомі значення функції $\varphi(x_j)$ в точках x_j , $j = \overline{1, N}$, то для знаходження узагальнених спектрів можна використати квадратурні формули для обчислення інтегралів (1.3) і (1.4), метод найменших квадратів або ж інші способи. У деяких випадках, залежно від вхідної інформації, можна вказати оптимальні у класі L_2 формули для обчислення узагальнених спектрів.

Нехай многочлени $u_n(x)$ ортогональні на проміжку $[a, b]$ і функція $\varphi(x)$ подається ортогональним рядом за даними многочленами

$$\varphi(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\varphi_n}{r_n} u_n(x). \quad (1)$$

Відомо, що $N+1$ -ий ортогональний многочлен має $N+1$ дійсний корінь, який належить до проміжку ортогональності. Для обчислення узагальнених спектрів φ_n є оптимальна в L_2 квадратурна формула

$$\varphi_n = \sum_{j=0}^N \rho_j^2 u_n(x_j) \varphi(x_j), \quad (2)$$

де x_j - корені многочлена $u_{N+1}(x)$, тобто $u_{N+1}(x_j) = 0$, а

$$\rho_j^{-2} = \sum_{i=0}^N u_i^2(x_j).$$

У випадку розв'язування прикладних задач інформація, зазвичай, фіксується у рівновіддалених точках t_j , водночас, як корені многочленів, що входять у квадратурні формули типу (2) розміщені на проміжку ортогональності у загальному нерівномірно. Тому, щоб використати формулу (2) для обчислення коефіцієнтів Фур'є-Якобі, треба, щоб значення функції $\varphi(x)$ були задані у коренях відповідного многочлена Якобі. Для опрацювання даних треба знайти залежність, яка уможливила б переведення рівновіддалених точок t_i у відповідні корені многочленів Якобі.

Якщо проміжок ортогональності $[-1,1]$ перевести в $[0, \pi]$ за формулою

$$x = \cos \Theta, \quad \Theta = \arccos x,$$

то корені $\Theta_i = \arccos x_i$ будуть майже рівномірно, із точністю до кількох значних цифр, розміщені на проміжку $[0, \pi]$. Звідси наслідком є спосіб переведення рівномірної шкали t_i у корені x_i для многочлена Якобі.

Лінійною заміною $\Theta = at + b$ (3)

значення t_i , $i = \overline{1, N+1}$, переведемо у корені Θ_i так, щоб t_1 переходило в Θ_1 , а t_{N+1} в Θ_{N+1} . Тоді формула (3) буде такою

$$\Theta = \frac{\Theta_{N+1} - \Theta_1}{t_{N+1} - t_1} t + \frac{\Theta_1 t_{N+1} - \Theta_{N+1} t_1}{t_{N+1} - t_1}.$$

Переходячи в останній формулі до змінної x , отримуємо

$$x_i = \cos \left[\frac{\Theta_{N+1} - \Theta_1}{t_{N+1} - t_1} t_1 + \frac{\Theta_1 t_{N+1} - \Theta_{N+1} t_1}{t_{N+1} - t_1} \right], \quad i = \overline{1, N+1}. \quad (4)$$

Ця формула уможливує переведення точки t_i рівномірної шкали у точки x_i , які є коренями многочлена $P_{N+1}(x_i) = 0$.

Для прикладу розглянемо рівномірну шкалу $t_i = 2i$. Результати обчислень для $N = 47$ відображено у таблиці 1, де x_i – точне значення кореня, а \tilde{x}_i – значення кореня, обчислене за формулою (4).

Таблиця 1

Точні x_i та наближені \tilde{x}_i значення коренів, обчислені за формулою (4) для $N = 47, i = \overline{1, 7}$.

| i | t_i | Θ_i | \tilde{x}_i | x_i | ε |
|---|-------|------------|---------------|----------|---------------|
| | | | наближене | точне | |
| 1 | 2 | 3.09201 | -0.99877 | -0.99877 | 0.000002 |
| 2 | 4 | 3.02727 | -0.99347 | -0.99353 | 0.0057 |
| 3 | 6 | 2.96254 | -0.98401 | -0.98412 | 0.011 |
| 4 | 8 | 2.89781 | -0.97043 | -0.97059 | 0.016 |
| 5 | 10 | 2.83307 | -0.95278 | -0.95298 | 0.021 |
| 6 | 12 | 2.76834 | -0.93114 | -0.93138 | 0.025 |
| 7 | 14 | 2.70361 | -0.90561 | -0.90587 | 0.029 |

Із вже наведених результатів зрозуміло, що формула (4) дає можливість отримати 3–4 точних цифри значень коренів многочленів Якобі.

Коефіцієнти φ_n залежать від значень коренів x_i і значень функції $\varphi(x_i)$. Аналіз результатів обчислювального експерименту дає можливість зробити висновок, що похибка у значеннях функції $\varphi(x_i)$ має значно менший вплив на точність обчислень коефіцієнтів φ_n , ніж похибка у визначенні значень коренів x_i . Якщо взяти до уваги, що при реальних вимірюваннях значення t_i визначаються із деякою похибкою (загалом, не більше 3-4 точних значних цифри), то можна вважати, що формула (4) уможливило задовільне переведення точки t_i у корені x_i . Тому, будемо вважати, що значення функції $\varphi(x_i)$ задаються у відповідному i -му корені многочлена Якобі.

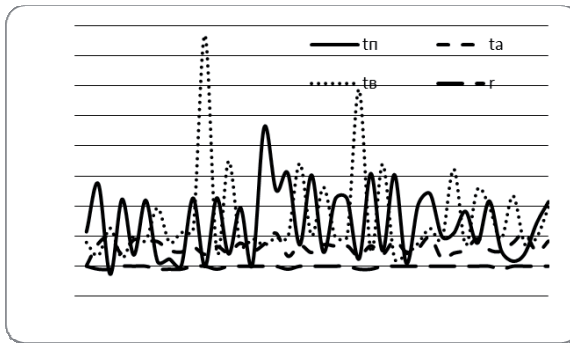


Рис. 1. Значення часів підготовки до пострілу t_n , пострілу t_a та відпочинку t_e для 40 пострілів. По осі абсцис – порядковий номер пострілу, по осі ординат – час.

Значення коефіцієнтів кореляції (жінки) для різних серій пострілів подано в таблиці 2.

Таблиця 2.

Значення коефіцієнтів кореляції (жінки) для різних серій пострілів.

| коефіцієнт кореляції 1-10 пострілів | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| прицілювання | актв. постріл | відпочинок | загальний час | Результат |
| п/а | а/в | а/р | з/р | п/р |
| -0,14291194 | 0,371148699 | -0,28662594 | 0,344193 | 0,357294342 |
| коефіцієнт кореляції 11-20 пострілів | | | | |
| 0,294484824 | -0,36615805 | 0,254499444 | 0,182651 | -0,2794239 |
| коефіцієнт кореляції 21-30 пострілів | | | | |
| 0,720470538 | -0,61548239 | 0,35657976 | -0,54163 | -0,00987533 |
| коефіцієнт кореляції 31-40 пострілів | | | | |
| -0,26080042 | 0,116597854 | 0,190692867 | 0,450629 | 0,307274612 |
| коефіцієнт кореляції 1-40 пострілів | | | | |
| 0,13731981 | -0,22057252 | 0,059290609 | 0,167098 | 0,114792445 |

Висновки. Як видно з рисунків, ЧСС людини змінюється на протязі дня в залежності від часу і має коливний характер з певними періодами. Періоди ЧСС, в свою чергу, залежать від активності людини та періоду доби. Разом з тим, ЧСС має тенденцію до зменшення амплітуди. Окрім цього, значення ЧСС суттєво залежить від навантаженості людини. Все це підтверджує необхідність в проведенні достатньо детальних досліджень ЧСС людини та вплив на неї як зовнішніх, так і внутрішніх факторів і кореляцію між ними.

Список літератури

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 319 с.
2. Годик М.А. Спортивная метрология: Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – С. 26-28.
3. П'янило Я. Д. Проекційно-ітераційні методи розв'язування прямих та обернених задач переносу. – Львів: Сплاین, 2011.- 248 с.
4. Hotra O., Pyanylo Ja. Approximation of sensor output data using Chebyshev-Laguerre polynomials // Rzegład elektrotechniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 10b/2012 P.85-87.
5. Mika P. Tarvainen. Kubios HRV version 2.0, user's guide / Mika P. Tarvainen, Uha-Pekka Niskanen. – University of Kuopio, Kuopio, Finland, 2008. – P. 53.

МЕТОДИ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИХОВАНИХ ПЕРІОДИЧНОСТЕЙ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ ПРИТАМАННИХ СПОРТИВНИЙ ДІЯЛЬНОСТІ
Ярослав П'янило¹, Анатолій Лопатєв^{1,2}, Андрій Власов², Галина П'янило¹, Олена Гапка¹

¹Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України
²Львівський державний університет фізичної культури

Вступ. Основним джерелом вхідної інформації для проведення досліджень природних, біологічних та технологічних процесів є заміри певних параметрів досліджуваних процесів. Очевидно, що заміри отримуються застосуванням відповідних приладів. Кожен з них має певну похибку, яку необхідно враховувати в процесі дослідження. У зв'язку з тим необхідно проводити попередню обробку вхідної інформації. Разом з тим, на базі заміряної інформації можна отримати важливу інформацію про досліджуваний об'єкт. Це буває тоді, коли не вдається на базі певних фізичних, суспільних або інших законів побудувати відповідні математичні моделі. Інший випадок, коли процеси відбуваються в умовах значної невизначеності, наприклад, медична інформація. У зв'язку з тим, важливим є питання ефективного застосування теорії статистичного та ймовірностного оброблення цифрової інформації. Зауважимо, що в певному сенсі покази приладів можна вважати випадковими величинами.

Метою праці є пошук та інтерпретація прихованих періодичностей стосовно числових рядів, що мають місце в тренувальній та змагальній діяльності спортсменів.

Об'єктом дослідження є цифрова інформація про відповідні процеси, що досліджуються та основні способи її вивчення.

Результати дослідження. Часові ряди досліджуються з різними цілями. В одному ряді випадках буває достатньо отримати опис характерних особливостей ряду, а в іншому ряді випадків потрібно не тільки передбачати майбутні значення часового ряду, а й управляти його поведінкою. Метод аналізу часового ряду визначається, з одного боку, цілями аналізу, а з іншого боку, ймовірнісною природою формування його значень.

Поширеними методами аналізу часових рядів є: спектральний аналіз, кореляційний аналіз, моделі авторегресії і ковзного середнього, багатоканальні моделі авторегресії, прогноз експоненціально зваженим ковзаючим середнім тощо.

Зазвичай аналіз цифрової інформації можна поділити на такі етапи:

1. Графічне подання і опис поведінки цифрового ряду.
2. Виділення та видалення закономірних складових ряду, що залежать від часу: тренд, циклічні складові.
3. Виділення та видалення низько- або високочастотних складових процесу (фільтрація).

4. Дослідження випадкової складової ряду, що залишилася після видалення перерахованих вище складових.
5. Побудова (підбір) математичної моделі для опису випадкової складової і перевірка її адекватності.
6. Прогнозування майбутнього розвитку процесу.

На практиці не завжди вдається одержати закон розподілу випадкової величини, тому що цей закон є надто складним для практичних розрахунків. Отож, з'явилася потреба характеризувати випадкову величину з допомогою таких числових характеристик: математичне сподівання, дисперсія та середнє квадратичне відхилення.

Математичним сподіванням $M(\xi)$ випадкової величини ξ називається число, яке дорівнює сумі добутків усіх можливих значень x на відповідні їм ймовірності, якщо ξ - дискретна випадкова величина:

$$M(\xi) = \sum_i x_i p_i$$

Математичне сподівання дискретної випадкової величини ξ характеризує її середнє значення $\bar{\xi}$ (середнє арифметичне):

$$\bar{\xi} = \xi_c = M(\xi) = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n}$$

із врахуванням ймовірностей його можливих значень. На практиці під математичним сподіванням розуміють центр розподілу випадкової величини.

Математичним сподіванням $M(\xi)$ випадкової величини ξ , якщо ξ - неперервна випадкова величина має такий вигляд:

$$M(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx,$$

Дисперсією $D(\xi)$ дискретної випадкової величини ξ називається число, яке дорівнює математичному сподіванню квадрата відхилення випадкової величини від її математичного сподівання:

$$D(\xi) = M\left(\left[\xi - M(\xi)\right]^2\right).$$

Дисперсією $D(\xi)$ неперервної випадкової величини визначають так:

$$D(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - M(x))^2 f(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 f(x) dx - [M(\xi)]^2.$$

Дисперсія випадкової величини характеризує розсіювання можливих значень випадкової величини відносно центру розподілу. Дисперсія вимірюється у квадратних одиницях розмірності випадкової величини.

Середньоквадратичне відхилення $\sigma(\xi)$ випадкової величини ξ дорівнює квадратному кореню з дисперсії:

$$\sigma(\xi) = \sqrt{D(\xi)}.$$

Середньоквадратичне відхилення має розмірність випадкової величини.

В дискретному варіанті приведені вище величини обчислюються за наступними формулами.

Вибіркова середня:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Вибіркова дисперсія:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n n_i x_i^2 - n \bar{x}^2 \right).$$

Вибіркове середньоквадратичне відхилення:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Нехай x_1, x_2, \dots, x_n – випадкова вибірка з розподілу $F_1(x)$, а y_1, y_2, \dots, y_n – випадкова вибірка з розподілу $F_2(x)$. Вибірковий коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}.$$

Методи визначення скритих періодичностей. Оброблення деяких часових рядів, наприклад часових рядів споживання енергії або електрокардіограми, ми стикаємося з тим, що вони мають періодичну компоненту. Існує кілька методів виявлення періодів: алгоритми автокореляційної функції, метод найменших квадратів, застосування перетворення Фур'є та інтегрального перетворення Лапласа.

Автокореляційна функція досліджує цифровий ряд на наявність періодичної компоненти, розбиваючи ряд на кілька тимчасових відліків і порівнюючи з самим собою. Більш докладно алгоритм автокореляційної функції представлений в книгах [1, 5, 4].

Автоковаріацією γ_k часового ряду z_t з затримкою k називають вираз:

$$\gamma_k = \text{cov}\{z_t, z_{t+k}\} = E\{(z_t - \mu)(z_{t+k} - \mu)\} \quad (1)$$

в якому E — символ обчислення математичного очікування від виразу, що стоїть у фігурних дужках. Зрозуміло, що

$$\gamma_0 = E\{(z_t - \mu)^2\} = \sigma_z^2$$

— дисперсія часового ряду z_t .

Для отримання статистичної оцінки γ_k^* автоковаріації γ_k використовують вираз

$$\gamma_k^* = \frac{1}{N-k} \sum_{t=1}^{N-k} (z_t - \mu)(z_{t+k} - \mu). \quad (2)$$

Автоковаріація γ_k характеризує ступінь лінійного зв'язку між значеннями часового ряду z_t та z_{t+k} . Зрозуміло, що:

$$\begin{cases} |\gamma_k| \leq \gamma_0, \\ \gamma_k = \gamma_{-k}. \end{cases}$$

Автокореляцією ρ_k часового ряду z_t із затримкою k називають вираз:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{E\{(z_t - \mu)(z_{t+k} - \mu)\}}{E\{(z_t - \mu)^2\}}. \quad (3)$$

Метод найменших квадратів (МНК) обчислює тригонометричну апроксимацію даного на вхід ряду. Так як будь-яка послідовність, що володіє періодичністю може бути розкладена в ряд Фур'є, необхідно прийняти коефіцієнти перед синусами і косинусами за коефіцієнти регресії і оцінити їх величину. Якщо знайдена кореляція (коефіцієнт при певному синусі або косинусі) велика, то можна зробити висновок, що існує періодичність на відповідній частоті в даних.

Застосування інтегрального перетворення Лапласа. Поряд з перетворенням Фур'є останнім часом для обробки експериментальних даних застосовуються і інші ортогональні бази (Якобі, Лагерра і т.п.) та інтегральні перетворення (Лапласа, Мелліна і т.п.), які дають можливість більш адекватно врахувати особливості процесу, що аналізується і різні класи сигналів. Разом з тим деякі інтегральні перетворення, зокрема Лапласа, періодичних функцій мають спеціальний попередньо відомий вид. Його можна використати для виявлення прихованих періодичностей.

Перетворення Лапласа $X(p)$ оригіналу $x(t)$ задається формулою

$$X(p) = \int_0^{\infty} x(t) e^{-pt} dt, \quad (4)$$

де p - параметр перетворення. Якщо функція $x_1(t)$ періодична з періодом T , то її зображення Лапласа $X_1(p)$ має вид [3,4]

$$X_1(p) = \frac{\int_0^T x_1(t) e^{-pt} dt}{1 - \exp(-pT)}. \quad (5)$$

Співвідношення (5) запишемо у вигляді

$$(1 - \exp(-pT)) X_1(p) - \int_0^T x_1(t) e^{-pt} dt = 0. \quad (6)$$

Очевидно, що розв'язками рівняння (6) будуть числа, кратні періодам вихідного сигналу. Оскільки сигнал $x_1(t)$ періодичний, то множина розв'язків рівняння (6) обмежена знизу періодом T . На практиці, як правило, відомі дискретні значення сигналів $x_1(t)$ в точках $t_j, j=1, \dots, J$. Тому для обчислення інтегралів, що входять в рівняння (6), необхідно застосовувати квадратурні формули. Вибір цих формул залежить як від необхідної точності обчислення, так і від розміщення точок відліку.

Один з варіантів обчислення інтегралів, що входять в рівняння (6), тісно пов'язаний із задачею апроксимації сигналів спектральним методом в базисі многочленів Якобі $P_n^{(\alpha, \beta)}(x)$.

Асимптотичний метод. Для апробації методу розглянемо функцію $f(t) = \sin(bt)$. Очевидно, що її періодом є число $T = 2\pi/b$. В цьому випадку рівняння

$$(1 - \exp(-pT))X_1(p) - \int_0^T x_1(t) e^{-pt} dt = 0$$

переходить в рівняння

$$bp(1 - \exp(-pT)) - e^{-pT}[-p \sin(bT) + p \cos(bT)] + p = 0.$$

Нехай параметри b та p є достатньо малими. Тоді

$$e^{-pT} \approx 1, \quad \cos(bT) \approx 1, \quad \sin(bT) \approx bT, \quad 1 - \exp(-pT) \approx 0$$

і для знаходження прихованого періоду отримується рівняння $\sin(bT) = 0$, звідки $T = 2\pi/b$.

За таких припущень отримується точний результат.

Застосування перетворення Фур'є. Задача виявлення прихованих періодичностей полягає в тому, щоб із заданого набору значень вихідного сигналу $x(t)$, визначеного на проміжку $[a, b]$, виділити періодичну складову $x_1(t)$ [1,2,8], тобто отримати співвідношення

$$x(t) = x_1(t) + u(t),$$

де $u(t)$ - випадковий залишок. Оскільки складова сигналу $x_1(t)$ періодична, то її доцільно розкласти в ряд за періодичними функціями, наприклад, в ряд Фур'є

$$x_1(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \omega t + b_n \sin \omega t.$$

Основна ідея полягає в тому, щоб вихідний сигнал $x(t)$ перетворити таким чином, щоб підсилити роль періодичної компоненти і використання явища резонансу. Так, у випадку застосування перетворень Фур'є

$$A(\omega) = \int_0^T x_1(t) \cos \omega t dt$$

та

$$B(\omega) = \int_0^T x_1(t) \sin \omega t dt,$$

якщо частоти ω_j гармонічних компонент, що входять у вихідний сигнал не є досить близькими, то графік функції

$$r(\omega) = \sqrt{A^2(\omega) + B^2(\omega)}$$

відносно ω є крива з різко вираженими максимумами в точках $\omega = \omega_j$.

На рисунку 1 подані дані частоти серцевих скорочень (ЧСС) людини через кожні 12 секунд. Окрім цього, подана поліноміальна лінія тренду шостого порядку та значення достовірності інформації.

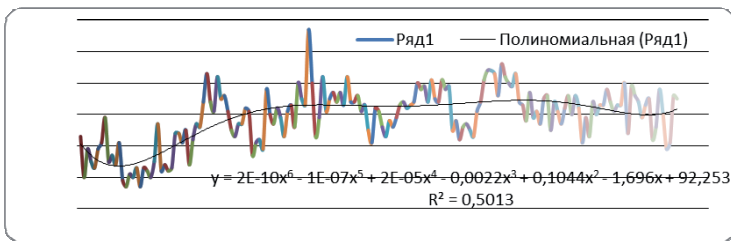


Рис.1. Значення частоти серцевих скорочень (ЧСС) людини через кожні 12 секунд та відповідна лінія тренду

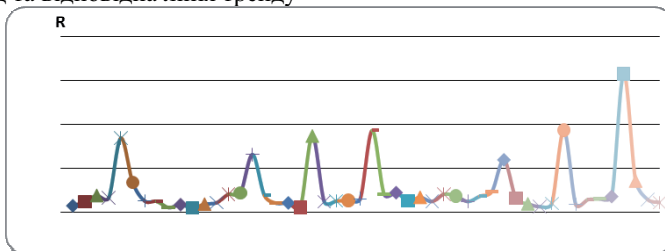


Рис.2. Значення функції $r(\omega)$ від ω на проміжку $\omega \in [0,5]$.

Висновки. Як показують числові експерименти, приведені методи визначення прихованих періодичностей дають можливість достатньо точно і достовірно знаходити їх на базі заданої цифрової інформації. Разом з тим, як видно з рис.2, коректний аналіз поведінки функції $r(\omega)$ дозволяє отримати додаткову корисну інформацію.

Список літератури

1. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 319 с.
2. П'янило Я. Д. Проекційно-ітераційні методи розв'язування прямих та обернених задач переносу. – Львів: Сплайн, 2011.- 248 с.
3. А. Власов, А. Демічковський, О. Івашенко, А. Лопатьєв, М. Пітин, Я. П'янило, О. Худолій Системний підхід і математичне моделювання біологічних та природних об'єктів і процесів / Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології, - 2016, № 23, с.17-28.
4. Бат М. Спектральний аналіз в геофізиці / М. Бат. - Москва: Недра, 1980. - 535 с.
5. Голд Б. Цифрова обробка сигналів / Б. Голд, Ч. Рэйдер. — Москва: Сов. радио, 1973. — 368 с.
6. Толстов Г. П. Ряды Фурье / Г. П. Толстов. -Москва: Наука, 1980. - 384 с.
7. Серебренников, М. Г. Выявление скрытых периодичностей / М.Г.Серебренников, А. А. Первозванский. - Москва: Наука, 1965. - 244 с.

МЕХАНІКО–МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ СТРІЛЕЦЬ – ЛУК

Ігор Заневський

Львівський державний університет фізичної культури

Вступ. Спортивна вправа стрільби з лука за правилами WA (Міжнародної федерації стрільби з лука) складається з трьох послідовних дій стрільця: розтягування лука, прицілювання й випуску тятиви. Загалом ціла вправа триває декілька секунд, а остання фаза – прискорення стріли тятивою – на два-три порядки менше, тобто малу частку секунди. Саме цей швидкоплинний процес визначає напрямок та інші параметри балістики стріли, а зрештою, і спортивний результат.

Метою роботи є створення механіко-математичної моделі взаємодії стрільця з луком, яка б дозволила врахувати біомеханічні параметри тіла стрільця для аналізу поведінки системи у вертикальній площині.

Результати й обговорення. Першим кроком до розуміння внутрішньої балістики стріли було пояснення відомого вже понад два століття феномена у стрільбі з лука, названого парадоксом лучника. Дослідження проводили з використанням стробоскопії з метою з'ясувати, як рухається стріла після випуску тятиви та яким чином вона оминає руківку лука [3]. Було виявлено, що стріла не рухається поступально у вертикальній площині, а разом з тятивою має ще й латеральні переміщення, а також згинні деформації. У положенні випуску тятиви стріла знаходиться під деяким кутом до головної площини лука. Цей напрямок визначається спеціальними пристроями на руківці: плунжером та полчиною. Перший з них дає змогу встановити кут стріли до площини лука, а друга – кут піднесення у цій площині. Отже, пришвиджуюча сила від тятиви не діє вздовж осі стріли. Латеральні рухи системи залежать також від бокового імпульсу пальців, коли стрілець випускає тятиву. До причин виникнення цих рухів варто також додати невеликі відхилення плечей та руківки від головної площини лука, а також натуральну криволінійність осі стріли. Сприятливе або ні поєднання названих факторів спричинює або ні огинання стрілою руківки лука.

Механіко-математичну модель парадокса лучника розробив Пенкальський [6] та вдосконалили Коої [4] і ми [8, 9]. Ми також започаткували моделювання рухів системи стрілець-лук у вертикальній площині методом псевдостатистики [2, 10], а також з використанням методів аналітичної динаміки [11]. Існує дослідження динаміки системи лук-стріла для традиційного японського лука [5], принципова схема якого істотно відрізняється від сучасного спортивного лука. Окрім того, у відомих дослідженнях фактор стрільця враховували тільки з огляду на те, що рука стрільця забезпечувала нерухомість точки упору на руківці лука. Таким чином, у відомих теоретичних моделях не враховано біомеханічних властивостей тіла стрільця для аналізу взаємодії складових системи стрілець-лук-стріла.

Важливість фази спільного руху стріли з тятивою, а отже, й з цілим луком, що тримає стрілець, пояснює пильний інтерес дослідників до аналізу динаміки цієї взаємодії. Ці дослідження провадяться з використанням експериментальних і аналітичних методів. У результаті акселерометричних досліджень встановлено загальний час тривалості процесу, закони імпульсного переміщення характерних точок руківки лука у трьох ортогональних напрямках [12]. За допомоги швидкісної відеозйомки отримано картину просторових переміщень стріли з гніздом тятиви, а також картину її взаємодії з поличкою та плунжером на руківці лука [7].

Висновки. Аналітичні дослідження стосувалися розробки механіко-математичних моделей спільного руху стріли з луком, причому припускалося, що руківка лука (або одна її точка контакту з кистю стрільця) є нерухомою [4–6]. Таким чином, тіло стрільця у відомих дослідженнях не брали до уваги, хоча за результатами згаданих вище експериментальних досліджень рука, що утримує лук, разом з руківкою лука під час спільного прискореного руху стріли з тятивою також не залишається нерухомою. Отож на часі є створення аналітичної моделі взаємодії тіла стрільця з луком під час спільного прискореного руху стріли з тятивою [1].

Список літератури

1. Edelmann-Nusser J., Gollhofer A. Coordinative aspects of archery – an approach using surface electromyography // XVI Int. Symp. Biomechanics in Sports Ed.: H.J. Riehle. Proc. II. - Konstanz: UVK, 1998. – P.153-156.
2. Gros H., Zanevskyy I. Archer-bow-arrow system adjustment in the vertical plane // Scientific proceeding of the XX International Symposium of Biomechanics in Sports Ed. K.E.Gianikellis. – Spain: Extremadura, 2002. – P.469-472.
3. Hickman C.N., Nagler F., Klopsteg P.E. Archery: the technical side. – Redlands: National Field Archery Association, 1947. – 148 p.
4. Kooi B.W. Bow-arrow interaction in archery // Journal of Sports Sciences. – 1998. – №16. – P. 721-731.
5. Ohsima S. & Ohtsuki A. Simulation of the shape and dynamics of Japanese bow – Application of large deflection theory // The book of the 4th Int. conf. on the Engineering of Sport. - Kyoto, Japan, 2002. - P.102-107.
6. Pekalski R. Modelling and simulation research of the competitor-bow-arrow system: Unpublished doctoral dissertation. – Warszawa: AWF, 1987.
7. Werner Beiter Zeigt. Highspeed film. – 1992.
8. Zanevskyy I. Dynamics of “arrow-bow” system // Journal of Automation and Information Sciences. – 1999. - №31 (3). - P.11-17
9. Zanevskyy I. Lateral deflection of archery arrows // Sports Engineering.- 2001.- Vo 4. - No 1. - P.23-42.
10. Заневський І.П. Технічний аспект налаштування спортивного лука // Технічні вісті. - 2001. - №1 (12). - С.24-29.
11. Zanevskyy I. Mechanical and mathematical modelling of bow and arrow interaction // Acta of Bioengineering and Biomechanics. – 2002. - №4– P.615-616.
12. Заневський І.П. Налаштування параметрів спортивного лука у вертикальній площині. 36. ст. міжн. наук.-практ. конф. – Л., 2001. - С. 10-22.

КООРДИНАЦІЙНІ ЗДІБНОСТІ: СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ У ДІВЧАТ 5-7 КЛАСІВ

Ольга Іващенко¹, Олег Худолій¹, Володимир Приходько²,
Мирослава Цеслицька³

¹Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

²НВК «Старт-школа», м. Харків

³Університет Казимира Великого, Бидгощ

Вступ. Основними завданнями, які вирішуються в процесі фізичного виховання школярів є оптимізація фізичного розвитку дитини (Бальсевич, В.К., 2000; Ильин, Е.П., 2003), удосконалення рухових здібностей, зміцнення та охорона здоров'я (Власенко, С.О., & Носко, М.О., 2000; Іващенко, О.В., 2016; Emeljanovas, A., Mieziene, V., & Putriute, V. (2015).

У численних дослідженнях, які проведені в напрямі вивчення цієї проблеми, зроблено висновки:

- про необхідність комплексного розвитку рухових здібностей дітей (Лях, В.И., 2000; Носко, М.О., 2001; Круцевич, Т.Ю., & Безверхня, Г.В., 2010);
- про важливість розвитку координації рухів в процесі фізичного виховання школярів (Носко, М.О., Кривенко, А.П., & Маневич, О.Р., 2001; Іващенко, О.В., 2017; Lopatiev, A., Ivashchenko, O., Khudolii, O., Pjanylo, Y., Chernenko, S. & Yermakova, T., 2017);
- про взаємозв'язок антропометричних, моторних та когнітивних здібностей у дітей (Drid, P., Vujkov, S., Jaksic, D., Trivic, T., Marinkovic, D., & Bala, G., 2013; Iadreev, V., Cherkashin, I., Vujkov, S., & Drid, P., 2015; Novak, D., Podnar, H., Emeljanovas, A., & Martinen, R. (2015);
- про вплив навантажень на пластичність рухових навичок у школярів (Hadžić, R., Bjelica, D., Vujović, D., & Popović, S., 2015; Худолій, О.М., & Іващенко, О.В., 2014).

У раніше опублікованих роботах було акцентовано увагу на уточнення поняття координаційні здібності (Liakh, V. I., 2000; Ильин, Е.П., 2003; Носко, М.О., 2001), а також на визначення їх структури (Іващенко, О.В., Худолій, О.М., & Мірошніченко, Д.Т., 2016; Ivashchenko, O., Khudolii, O., Iermakov, S., Lochbaum, M.R., Cieslicka, M., Zukow, W., Nosko, M. & Yermakova, T., 2016; Khudolii O.M., Iermakov S.S., & Prusik K., 2015).

У руховій підготовленості дітей і підлітків координаційні здібності займають провідне місце (Носко, Н.А., & Сумак, Е.Г., 2000; Сергієнко, Л.П., Чекмарьова, Н.Г., & Хаджинов, В.А., 2012; Худолій, О.М., 2008). Встановлено, що для вивчення структури рухової підготовленості школярів ефективними є багатовимірні методи математичної статистики (Іващенко, О.В., 2016; Власов, А., Демічковський, А., Іващенко, О., Лопатьєв, А., Пітин, М., П'янило, Я., & Худолій, О., 2016; Lopatiev, A., Ivashchenko, O., Khudolii, O., Pjanylo, Y., Chernenko, S. & Yermakova, T., 2017). Однак, у доступній літературі не

достатньо даних про особливості розвитку координаційних здібностей у школярів середніх класів.

Таким чином, вивчення особливостей розвитку координаційних здібностей у дівчат середніх класів є актуальним.

Мета роботи – визначити структуру розвитку координаційних здібностей у дівчат 5-7 класів.

Матеріали і методи

Учасники дослідження. У дослідженні прийняли участь дівчата 5 класу (n=20), 6 класу (n=23), 7 класу (n=19).

Організація дослідження. У роботі використані аналіз й узагальнення даних наукової та методичної літератури, загальнонаукові методи теоретичного рівня, такі, як аналогія, аналіз, синтез, абстрагування, індукція, а також загально-наукові методи емпіричного рівня: спостереження, тестування, експеримент.

Процедура тестування. У програму тестування ввійшли загальновідомі тести (Лях, В.И., 2000; Сергієнко, Л. П., 2001; Іващенко, О. В., 2016). Для оцінки рухової підготовленості реєструвалися результати рухових тестів, зріст і маса тіла:

- Тест № 1 “Біг 30 м (с)”:
- Тест № 2 “Стрибок у довжину з місця (см)”:
- Тест № 3 “Шість передач м’яча з місця на точність партнеру одним із вивчених способів з відстані 7 м”.
- Тест № 4 “Згинання й розгинання рук у висі (кількість разів)”:
- Тест № 5 “Піднімання тулуба в сід за 30 с”:
- Тест № 6 “Оцінка відчуття швидкості рухів в спринтерському бігу”:
- Тест № 7 “Оцінка розвитку здібності до диференціювання швидкості рухів (точність відтворення швидкості бігу з інтенсивністю 80% від максимальної)”:
- Тест № 8 “Оцінка розвитку здібності до диференціювання швидкості рухів (точність відтворення швидкості бігу з інтенсивністю 90% від максимальної)”:
- Тест № 9 “Оцінка статичної рівноваги за методикою Е.Я. Бондаревського”:
- Тест № 10 “Оцінка динамічної рівноваги за методикою Бесс”:
- тест № 11 “Оцінка здібності до вестибулярної (статокінетичної) стійкості. Біг з поворотами”:
- Тест № 12 “Ритмічне постукування руками”:
- Тест № 13 “Ритмічні рухи верхніми і нижніми кінцівкам”:
- Тест № 14 “Човниковий біг (4×9 метрів)”:
- Тест № 15 “Накидання кільця на стійку”
- № 16 “Зріст (см)”
- № 17 “Маса тіла (кг)”

Педагогічне тестування проводилось з метою визначення структури координаційних здібностей у дівчат 5-6 класів.

Статистичний аналіз. Матеріали дослідження опрацьовані в програмі статистичного аналізу – IBM SPSS 20. Здійснений факторний аналіз. У факторному аналізі використана модель головних компонент з методом обертання: Варімакс з нормалізацією Кайзера.

Результати дослідження. У дівчат 5 класу виділилося сім факторів які на 80,708% пояснюють варіацію дисперсії.

Перший фактор має вагу 15,057% і характеризує розвиток вестибулярної статокінетичної стійкості і відносної сили.

Другий фактор має вагу 13,950% і характеризує швидкісну силу, розвиток статичної рівноваги і диференціювання швидкості рухів.

Третій фактор має вагу 11,850% і характеризує координацію рухів відтворенні ритму рухів.

Четвертий фактор має вагу 10,744% і характеризує координацію рухів різними частинами тіла.

П'ятий фактор має вагу 10,630% і характеризує антропометричні дані дівчат.

Шостий фактор має вагу 10,532% і характеризує силову витривалість дівчат.

Сьомий фактор має вагу 7,945% і характеризує прудкість.

Аналіз спільностей показує, що найбільш інформативними у структурі рухової підготовленості дівчат 5 класів є тест 11 “Оцінка здібності до вестибулярної (статокінетичної) стійкості. Біг з поворотами” (,884), тест 9 “Оцінка статичної рівноваги за методикою Е.Я. Бондаревського” (,826), тест 6 “Оцінка відчуття швидкості рухів в спринтерському бігу” (,824).

У дівчат 6 класу виділилося шість факторів які на 71,344% пояснюють варіацію дисперсії.

Перший фактор має вагу 16,582% і характеризує антропометричні дані і розвиток динамічної рівноваги.

Другий фактор має вагу 13,975% і характеризує розвиток прудкості і координації рухів.

Третій фактор має вагу 12,199% і характеризує розвиток швидкісної сили і координацію рухів різними частинами тіла.

Четвертий фактор має вагу 10,944% і характеризує витривалість і відчуття швидкості рухів в спринтерському бігу.

П'ятий фактор має вагу 9,470% і характеризує розвиток відносної сили.

Шостий фактор має вагу 9,470% і характеризує розвиток статичної рівноваги.

Аналіз спільностей показує, що найбільш інформативними у структурі рухової підготовленості дівчат 6 класів є тест 11 “Оцінка здібності до вестибулярної (статокінетичної) стійкості. Біг з поворотами” (0,884), тест 9 “Оцінка статичної рівноваги за методикою Е.Я. Бондаревського” (,826), тест 6 “Оцінка відчуття швидкості рухів в спринтерському бігу” (,824).

У дівчат 7 класу виділилося сім факторів які на 80,339% пояснюють варіацію дисперсії.

Перший фактор має вагу 15,206% і характеризує розвиток динамічної рівноваги і пружкості у дівчат.

Другий фактор має вагу 13,424% і характеризує розвиток здібності до диференціювання швидкості рухів.

Третій фактор має вагу 12,025% і характеризує розвиток швидкісної сили і здібності до вестибулярної (статокінетичної) стійкості.

Четвертий фактор має вагу 11,477% і характеризує розвиток координації рухів.

П'ятий фактор має вагу 9,825% і характеризує розвиток ритму рухів.

Шостий фактор має вагу 9,599% і характеризує відчуття швидкості рухів в спринтерському бігу.

Сьомий фактор має вагу 8,784% і характеризує розвиток здібності до вестибулярної (статокінетичної) стійкості.

Аналіз спільностей показує, що найбільш інформативними у структурі рухової підготовленості дівчат 7 класів є тест 8 “Оцінка розвитку здібності до диференціювання швидкості рухів (точність відтворення швидкості бігу з інтенсивністю 90% від максимальної)” (,902), тест 11 “Оцінка здібності до вестибулярної (статокінетичної) стійкості. Біг з поворотами” (,900), тест 1 “Біг 30 м (с)” (,869).

Таким чином, в структурі рухової підготовленості дівчат 5-7 класів виділяється:

- відчуття швидкості бігу;
- диференціювання швидкості бігу;
- вестибулярна стійкість у вправах які вимагають статичної і динамічної рівноваги;
- швидкісна і відносна сила.

Дискусія. Отримані дані доповнюють результати дослідження про те що, рівень розвитку координаційних здібностей залежить від: індивідуальних особливостей, сенситивних періодів (Сергієнко, Л. П., 2001; Лях, В. І., 2000); вікових та статевих відмінностях школярів (Ільїн, Є.П., 2003; Іващенко, О.В., 2016).

Роботи Ivashchenko, O., Khudolii, O., Iermakov, S., Lochbaum, M., Cieślicka, M., Zukow, W., Nosko, M., and Yermakova, T. (2017), Ivashchenko, O.V., Khudolii, O.M., Yermakova, T.S., Pilewska, Wiesława, Muszkieta, Radosław, and Stankiewicz, Błazej (2015) вказують на необхідність педагогічного контролю рівня рухової підготовленості школярів; Ivashchenko, O.V., Yermakova, T.S., Cieślicka, M., and Śukowska, H. (2015), Ivashchenko, O., and Cieślicka, M. (2017) - на вплив рівня розвитку координаційних здібностей на ефективність процесу навчання дітей і підлітків; Ivashchenko, O.V. (2016, 2017) - на необхідність програмування розвитку координаційних здібностей.

Отримані дані факторного аналізу вказують на необхідності акцентованого розвитку відчуття і диференціювання швидкості бігу, швидкісної сили і вестибулярної стійкості у дівчат 5-7 класів.

Наведені вище дані доповнюють результати дослідження особливостей рухової підготовленості школярів (Іващенко, О. В., Мушкета, Р., Худолій, О.

М., & Єрмаков, С. С., 2014; Іващенко, О. В., Цеслицка, М., Худолій, О. М., & Єрмаков, С. С., 2014; Іващенко, О.В., & Шепеленко, Г.П., 2014) та дівчат середніх класів (Іващенко, О.В., Пашкевич, С.А., & Крiнiн, Ю.В., 2014; Іващенко, О. В., & Макарова, О. А., 2013).

Висновки. У структурі координаційних здібностей дівчат 5-7 класів найбільш інформативним є відчуття і диференціювання швидкості бігу, вестибулярна стійкість у вправах які вимагають статичної і динамічної рівноваги.

Для педагогічного контролю координаційної підготовленості дівчат 5-7 класів можуть бути рекомендовані: тест 11 “Оцінка здібності до вестибулярної (статокінетичної) стійкості. Біг з поворотами”, тест 9 “Оцінка статичної рівноваги за методикою Е.Я. Бондаревського”, тест 6 “Оцінка відчуття швидкості рухів в спринтерському бігу”.

Перспективою подальших розвідок є дослідження методологічних підходів до педагогічного контролю процесу навчання фізичних вправ школярів середнього шкільного віку.

Список літератури

1. Бальсевич, В.К. (2000). Онтокінезиология человека. М. : Теория и практика физической культуры, 275.
2. Власенко, С.О., & Носко, М.О. (2000). Завдання дії і режими чергування праці з відпочинком як регулюючі параметри тренувального уроку. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. під ред. Єрмакова С.С. Харків: ХХПІ, (21), 18-21.
3. Власов, А., Демічковський, А., Іващенко, О., Лопатьєв, А., Пітин, М., П’янило, Я., & Худолій, О. (2016). Системний підхід і математичне моделювання біологічних та природних об’єктів і процесів. Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології, (23), 17-28.
4. Ильин, Е.П. (2003). Психомоторная организация человека : учеб. для вузов. СПб. : Питер, 384.
5. Іващенко, О. В., & Макарова, О. А. (2013). Порівняльна характеристика рухової підготовленості школярів 8—9 класів. Теорія та методика фізичного виховання, (1), 40-46.
6. Іващенко, О. В., Мушкета, Р. , Худолій, О. М., & Єрмаков, С. С. (2014). Характеристика силової підготовленості дівчат 6—7 класів. Теорія та методика фізичного виховання, (3), 17-24. doi:http://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2014.3.1104
7. Іващенко, О. В., Цеслицка, М., Худолій, О. М., & Єрмаков, С. С. (2014). Моделювання силової підготовленості дівчат 6—7 класів. Теорія та методика фізичного виховання, (3), 10-16. doi:http://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2014.3.1103
8. Іващенко, О.В. (2016). Моделювання процесу фізичного виховання школярів: Монографія. Харків: ОВС.
9. Іващенко, О.В. (2017). Теоретико-методичні основи моделювання процесу навчання та розвитку рухових здібностей у дітей: Автореферат дисертації доктора педагогічних наук : 13.00.02. Чернігів, 40 с.

10. Іващенко, О.В., & Шепеленко, Г.П. (2014). Порівняльна характеристика координаційної і силової підготовленості учнів середніх класів. Теорія та методика фізичного виховання *Comparative characteristics of Coordination fitness and power of middle class. Teoriâ ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, 0(2), 22-30. doi:<https://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2014.2.1096>
11. Іващенко, О.В., Пашкевич, С.А., & Крiнiн, Ю.В. (2014). Порівняльна характеристика функціональної, координаційної і силової підготовленості дiвчат 8—9 класiв. *Comparative characteristics of functional coordination and force readiness boys 8—9 grades. Teoriâ ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, Теорія та методика фізичного виховання, 0(2), 31-39. doi:<https://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2014.2.1099>
12. Іващенко, О.В., Худолій, О.М., & Мірошниченко, Д.Т. (2016). Структурна модель формування рухової функції у дiвчаток молодших класiв. Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт, 139(1), 82-86.
13. Круцевич, Т.Ю., & Безверхня, Г.В. (2010). Рекреація у фізичній культурі різних груп населення : навч. посiб. К. : Олімпійська література, 248.
14. Лях, В.И. (2000). Двигательные способности школьников: Основы теории и методики развития. М.: Терра–Спорт, 192.
15. Мірошниченко, Д.Т. (2007). Методика навчання акробатичним вправам учнів молодших класiв. Теорія та методика фізичного виховання, (12), 29–31.
16. Носко, М.О. (2001). Проблеми навчання й удосконалення рухової функції людини. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. під ред. Єрмакова С.С. Харків: ХХІІІ, (5), 18-25.
17. Носко, М.О., Кривенко, А.П., & Манєвич, О.Р. (2001). Формування рухових навичок у фізичному вихованні і спорті. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. під ред. Єрмакова С.С. Харків: ХХІІІ, (8), 7-9.
18. Носко, Н.А., & Сумах, Е.Г. (2000). Влияние разного двигательного режима на физическое развитие и сердечно-сосудистую систему мальчиков 8-10 лет. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. під ред. Єрмакова С.С. Харків: ХХІІІ, (15), 24-26.
19. Приходько, В. (2017). Порівняльний аналіз показників розвитку координаційних здiбностей школярiв 5-7 класiв. Теорія та методика фізичного виховання, 17(3), 148-156. doi:<https://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2017.3.1199>
20. Сергієнко, Л.П. (2001). Тестування рухових здiбностей школярiв. К.: Олімпійська література, 439.
21. Сергієнко, Л.П., Чекмарьова, Н.Г., & Хаджинов, В.А. (2012). Психомоторика: контроль та оцінка розвитку : [Навчальний посiбник]. Харків : ОВС, 270.
22. Худолій, О.М. (2008). Загальні основи теорії і методики фізичного виховання: Навчальний посiбник. Харків: ОВС.
23. Худолій, О.М., & Іващенко, О.В. (2014). Моделювання процесу навчання

- та розвитку рухових здібностей у дітей і підлітків: Монографія. Харків: ОВС, 320.
24. Худолій, О.М., Приходько, В.В., & Іващенко, О.В. (2017). Особливості розвитку координаційних здібностей у дівчат 5-7 класів. Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт, 1(147), 221-228
 25. Drid, P., Vujkov, S., Jaksic, D., Trivic, T., Marinkovic, D., & Bala, G. (2013). Differences in Motor and Cognitive Abilities of Children Depending on Their Body Mass Index and Subcutaneous Adipose Tissue. *Collegium Antropologicum*, 37(2), 171-177.
 26. Hadžić, R., Bjelica, D., Vujović, D., & Popović, S. (2015). Effects of high-low aerobic program on transformation of motor skills at high school students. *Sport Science*, 8(1), 79-84.
 27. Iadreev, V., Cherkashin, I., Vujkov, S., & Drid, P. (2015). Differences in anthropometric, motoric and cognitive abilities between athletically trained and untrained girls. *Biomedical Human Kinetics*, 7(1), 73-77. DOI: 10.1515/bhk-2015-0012
 28. Ivashchenko, O. V. (2016). Methodic of pedagogic control of 16-17 years' age girls' motor fitness. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 20(5), 26-32.
 29. Ivashchenko, O., & Cieślicka, M. (2017). Features of evaluations of power loads in boys 7 years old. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(1), 175-183. doi:<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.249184>
 30. Ivashchenko, O., Khudolii, O., Iermakov, S., Lochbaum, M., Cieślicka, M., Zukow, W., Nosko, M., & Yermakova, T. (2017). Methodological approaches to pedagogical control of the functional and motor fitness of the girls from 7-9 grades. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 17(1), 254-261.
 31. Ivashchenko, O., Khudolii, O., Iermakov, S., Lochbaum, M.R., Cieślicka, M., Zukow, W., Nosko, M. & Yermakova, T. (2016). Intra-group factorial model as the basis of pedagogical control over motor and functional fitness dynamic of 14-16 years old girls. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(4), 1190-1201. doi:10.7752/jpes.2016.04190
 32. Ivashchenko, O.V. (2017). Classification of 11-13 yrs girls' motor fitness, considering level of physical exercises' mastering. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems Of Physical Training And Sports*, 21(2), 65-70. doi:10.15561/18189172.2017.0203
 33. Ivashchenko, O.V. (2017). Special aspects of motor abilities development in 6-10 years' age girls. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems Of Physical Training And Sports*, 21(3), 105-110. doi:10.15561/18189172.2017.0302
 34. Ivashchenko, O.V., Khudolii, O.M., Yermakova, T.S., Pilewska, Wiesława, Muszkieta, Radosław, & Stankiewicz, Błazej (2015). Simulation as method of classification of 7-9th form boy pupils' motor fitness. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 15(1), 142-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.7752/jpes.2015.01023>
 35. Ivashchenko, O.V., Yermakova, T.S., Cieślicka, M., & Śukowska, H. (2015).

- Discriminant analysis in classification of motor fitness of 9-11 forms' juniors. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 15(2), 238–244. DOI:10.7752/jpes.2015.02037
36. Khudolii O.M., Iermakov S.S., & Prusik K. (2015). Classification of motor fitness of 7-9 years old boys. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 15(2), 245–253. DOI:10.7752/jpes.2015.02038
37. Lopatiev, A., Ivashchenko, O., Khudolii, O., Pjanylo, Y., Chernenko, S. & Yermakova, T. (2017). Systemic approach and mathematical modeling in physical education and sports. *Journal of Physical Education and Sport (JPES)*, 17 (1), supplement, 146–155

ДИСКРИМІНАНТНИЙ АНАЛІЗ: РОЗПІЗНАННЯ РІВНЯ РОЗВИТКУ СИЛОВИХ ЗДІБНОСТЕЙ У ДІВЧАТ 12-14 РОКІВ

Ольга Івашенко¹, Олег Худолій¹, Сергій Єрмаков², Вікторія Веремеско¹,
Анатолій Лопатьєв³

¹Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

²Гданський університет фізичного виховання і спорту

³Львівський державний університет фізичної культури

Вступ. Рухова активність і вплив її на стан здоров'я населення одна з проблем, яка активно досліджується у галузі фізичного виховання (Bădicu, G., & Balint, L., 2016; Bădicu, G., 2018). Рівень розвитку рухових здібностей і рівень рухової активності розглядаються як одне ціле (Krutsevych, & Bezverkhnia, 2010; Emeljanovas, Mieziene, & Putriute, 2015) і базовий розвиток отримують у шкільному віці.

Фізичне виховання школярів спрямоване на оптимізацію фізичного розвитку дитини (Balsevich, 2000; Novak, Podnar, Emeljanovas, Marttinen, 2015), удосконалення процесу розвитку рухових здібностей (Ivashchenko, 2016; Emeljanovas, Mieziene, & Putriute, 2015), зміцнення та охорони здоров'я (Krutsevych, & Bezverkhnia, 2010). Силкові здібності відносяться до базових, рівень їх розвитку впливає на ефективність навчання фізичних вправ школярів (Plyin, 2003; Ivashchenko, 2016).

У раніше опублікованих роботах було акцентовано увагу на вивченні взаємозв'язку показників рівня розвитку рухових здібностей школярів (Khudolii, Ivashchenko, 2014; Ivashchenko, 2016), а також на визначенні їх структури (Ivashchenko, Khudolii, Iermakov, Lochbaum, Cieslicka, Zukow, Nosko, & Yermakova, 2016; Khudolii, Iermakov, & Prusik, 2015).

Для вивчення структури рухової підготовленості школярів ефективними є багатовимірні методи математичної статистики такі, як факторний і дискримінантний аналіз (Ivashchenko, 2016; Lopatiev, Ivashchenko, Khudolii, Pjanulo, Chernenko, & Yermakova, 2017). Використання факторного аналізу дозволило встановити структуру розвитку рухових здібностей школярів (Ivashchenko, 2017; Ivashchenko, Kapkan, Khudolii, Yermakova, 2017). Однак, у доступній літературі не достатньо даних про особливості динаміки розвитку силових здібностей у школярів середніх класів.

Таким чином, вивчення особливостей динаміки розвитку силових здібностей на основі розпізнання стану їх розвитку у дівчат середніх класів є актуальним.

Мета дослідження – визначити можливість розпізнання стану розвитку силових здібностей у дівчат 12-14 років на основі методології багатовимірних статистик.

Матеріали і методи.

Учасники дослідження. У дослідженні прийняли участь дівчата: 12 (n = 21), 13 (n = 20), 14 (n = 19) років.

Організація дослідження. Для вирішення поставлених завдань були застосовані такі методи дослідження: аналіз наукової літератури, педагогічне тестування та методи математичної статистики обробки результатів дослідження. Як метод моделювання використаний дискримінантний аналіз.

Процедура тестування. У програму тестування ввійшли загальновідомі тести (Лях, В.И., 2000; Сергієнко, Л. П., 2001; Худолій, О. М., Іващенко, О.В., 2014; Іващенко, О. В., 2016).

Статистичний аналіз. Матеріали дослідження опрацьовані в програмі статистичного аналізу — IBM SPSS 20. Для кожної змінної розраховувалися наступні статистики: середні значення, стандартні відхилення, *t* критерій Стьюдента для незалежних виборок. Був здійснений дискримінантний аналіз результатів тестування.

Результати. Перша канонічна функція пояснює варіацію результатів на 87,8%, друга – на 12,2%, що свідчить про їх інформативність. Коефіцієнти канонічної кореляції ($r=0,892$; $r=0,592$) вказують на прогностичність першої і другої функції. Верифікація дискримінантних функцій свідчить про те, що перша і друга функції мають високу дискримінантну здатність і значення в інтерпретації відносно генеральної сукупності.

У розпізнанні стану розвитку силових здібностей у дівчат 12-14 років найбільше значення мають результати в тестах: №3 “Згинання і розгинання рук у змішанном у висі на канаті, рази” (0,877), №9 “Присідання на двох ногах, раз” (0,723), №11 “Присідання на лівій нозі, раз” (-0,567), №1 “Згинання і розгинання рук у висі на низькій перекладині, рази” (-0,467). Названі тести характеризують рівень розвитку сили м’язів плечового поясу і ніг.

У розпізнанні стану розвитку силових здібностей у дівчат 13-14 років найбільше значення мають результати в тестах: №11 “Присідання на лівій нозі, раз” (-0,825), №10 “Присідання на правій нозі, раз” (0,735), №13 “Утримання пози “пістолет” на лівій нозі, с” (0,672), №18 “Тест на частоту рухів руки, с” (0,682). Названі тести характеризують рівень розвитку відносної і статичної сили ніг.

Дискусія. Наведені результати свідчать, що дискримінантний аналіз дозволяє розпізнати стан розвитку силових здібностей у дівчат 12-14 років за результатами тестування і доповнюють дані про використання дискримінантної функції в класифікації учнів за руховою активністю (Gert-Jan de Bruijn, & Benjamin Gardner, 2011; Lulzim, 2013). Також, як і в роботах Geoffrey D. Broadhead And Gabie E. Church (1982), Ivashchenko, Kapkan, Khudolii, and Yermakova (2017) ми спостерігали високу дискримінантну і прогностичну здатність отриманих функцій в оцінці силової підготовленості дівчат 12-14 років.

Підтверджено, що для вивчення структури силової підготовленості дівчат 12-14 років ефективними є багатовимірні методи математичної статистики такі, як факторний і дискримінантний аналіз (Ivashchenko, 2016; Lopatiev, Ivashchenko, Khudolii, Pjanylo, Chernenko, & Yermakova, 2017). Доповнено, що використання в аналізі структурних коефіцієнтів дискримінантної функції дозволяє визначити структуру розвитку силових здібностей та їх взаємозв’язок

з витривалістю у дівчат 12-14 років (Ivashchenko, 2017; Ivashchenko, Kapkan, Khudolii, Yermakova, 2017).

Для практичного застосування результатів дискримінантного аналізу використовуються коефіцієнти канонічної дискримінантної функції (див.табл. 1). Ймовірність того, що деякий випадок належить до прогнозованої групи розраховується на основі підстановки у дискримінантну функцію значень набору змінних, які відповідають данному випадку. Порівняння отриманих результатів з величиною центроїдів дає можливість визначити групу до якої відноситься результат (табл. 2).

Наведені вище дані доповнюють результати дослідження особливостей рухової підготовленості школярів середніх класів (Ivashchenko, O., Khudolii, O., Iermakov, S., Lochbaum, M., Cieślicka, M., Zukow, W., Nosko, M., & Yermakova, T., 2017; Ivashchenko, Shepelenko, 2014).

Таблиця 1.

**Ненормовані коефіцієнти канонічної дискримінантної функції.
Дівчата 12-14 років**

| № | Тест | Функція | |
|-----|---|---------|--------|
| | | 1 | 2 |
| 1. | Згинання і розгинання рук у висі на низькій перекладині, рази | -,193 | -,054 |
| 2. | Утримання у висі на зігнутих руках, с | ,081 | ,198 |
| 3. | Згинання і розгинання рук у змішаном у висі на канаті, рази | ,363 | ,121 |
| 4. | Згинання і розгинання рук в упорі лежачи, рази | ,108 | ,052 |
| 5. | Утримання в упорі лежачи на зігнутих руках, с | ,082 | ,042 |
| 6. | Піднімання прямих ніг у висі, раз | ,120 | ,258 |
| 7. | Утримання кута у висі, с | ,326 | -,030 |
| 8. | Піднімання тулуба із положення лежачи на череві, раз | ,058 | -,084 |
| 9. | Присідання на двох ногах, раз | ,163 | ,003 |
| 10. | Присідання на правій нозі, раз | -,107 | ,782 |
| 11. | Присідання на лівій нозі, раз | -,615 | -,895 |
| 12. | Утримання пози "пістолет" на правій нозі, с | ,122 | -,467 |
| 13. | Утримання пози "пістолет" на лівій нозі, с | -,044 | ,642 |
| 14. | Кистьова динамометрія, кг | ,173 | -,052 |
| 15. | Стрибок у довжину з місця, см | -1,241 | -2,481 |
| 16. | Підйом тулуба із положення лежачи за 30 с, раз | -,039 | ,158 |
| 17. | Човниковий біг 4*9, с | ,426 | -,339 |
| 18. | Тест на частоту рухів руки, с | -,454 | ,830 |
| 19. | Із положення сидячи нахил тулуба вперед, см | ,129 | ,137 |
| 20. | Тест на рівновагу "фламінго", кількість спроб (Constant) | ,079 | ,087 |
| | | -10,210 | -9,678 |

Функції в центроїдах груп. Дівчата 12-14 років

| Група | Функції | |
|-------|---------|-------|
| | 1 | 2 |
| 12,00 | -3,029 | -,451 |
| 13,00 | ,184 | ,977 |
| 14,00 | 1,853 | -,579 |

Висновки. Дискримінантний аналіз дозволив визначити інформативні показники для наскрізного контролю розвитку силових здібностей у дівчат 12-14 років; дати відповідь на питання наскільки достовірно різняться стан розвитку силових здібностей у дівчат 12, 13 і 14 років; які рухові тести найбільш суттєво впливають на розрізнення класів; до якого класу належить об'єкт на основі значень дискримінантних змінних.

Для розпізнання рівня розвитку силових здібностей у дівчат 12-14 років необхідно орієнтуватися на показниках відносної і статичної сили та силової витривалості; у дівчат 13 і 14 років - силової витривалості.

Список літератури

1. Bădicu G. Physical Activity and Health-Related Quality of Life in Adults from Braşov, Romania. *Education Sciences*, 2018; 8(2). <https://doi.org/10.3390/educsci8020052>
2. Bădicu G, Balint L. The influence of leisure sports activities on social health in adults. *SpringerPlus*, 2016; 5(1): 1647. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3296-9>
3. Balsevich VK. Ontokinesiology of man. Moscow: Theory and practice of physical culture; 2000. (in Russian).
4. Piyin EP. Psychomotor organization of man: training. for universities. St. Petersburg: Peter; 2003. (in Russian)
5. Ivashchenko OV. Modelling of physical education students. Kharkiv: OVS; 2016. (in Ukrainian)
6. Emeljanovas A, Mieziene B, Putriute V. The Relationship Between Physical Activity and Content of the Physical Education Classes in 11-12 Years Old Lithuanian Schoolchildren. The Pilot Study. *Croatian Journal of Education-Hrvatski Casopis Za Odgoj I Obrazovanje*, 2015; 17(1): 93–120.
7. Liakh VI. Driving abilities of schoolchildren: Fundamentals of theory and methods of development. Moscow: Terra– Sport; 2000.
8. Krutsevych TYu, Bezverkhnia HV. Recreation in the physical culture of different population groups: teaching. manual. Kiev: Olympic Literature; 2010. (in Ukrainian)
9. Ivashchenko O. Methodological Approaches to Pedagogical Control of Motor Readiness of Girls Aged 6-10. *Teoriâ Ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, 2017; 17(3): 126-138. doi:10.17309/tmfv.2017.3.1197
10. Novak D, Podnar H, Emeljanovas A, Marttinen R. Comparison of Fitness Levels

- between Croatian and Lithuanian Students. Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine, 2015; 4(1): 5–11.
11. Khudolii OM, Ivashchenko OV. Simulation of the learning process and development of motor abilities in children and adolescents. Kharkiv: OVS; 2014. (in Ukrainian)
 12. Ivashchenko O, Khudolii O, Iermakov S, Lochbaum M, Cieślicka M, Zukow W, Nosko M, Yermakova T. Methodological approaches to pedagogical control of the functional and motor fitness of the girls from 7-9 grades. Journal of Physical Education and Sport, 2017; 17(1): 254- 261.
 13. Khudolii OM, Iermakov SS, Prusik K. Classification of motor fitness of 7-9 years old boys. Journal of Physical Education and Sport, 2015; 15(2): 245-253. doi:10.7752/jpes.2015.02038
 14. Serhiienko LP, Chekmarova NH, Khadzhyrov VA. Psychomotor: Monitoring and Evaluation of Development, Kharkiv: OVS; 2012. (in Ukrainian)
 15. Khudolii OM. General Fundamentals of Theory and Methodology of Physical Education. Kharkiv: OVS; 2008. (in Ukrainian)
 16. Lopatiev A, Ivashchenko O, Khudolii O, Pjanylo Y, Chernenko S, Yermakova T. Systemic approach and mathematical modeling in physical education and sports. Journal of Physical Education and Sport, 2017; 17 (1):146– 155.
 17. Serhiienko LP. Testing of motor abilities of schoolchildren. Kiev: Olympic Literature; 2001. (in Ukrainian)
 18. Gert-Jan de Bruijn, Benjamin Gardner. Active Commuting and Habit Strength: An Interactive and Discriminant Analyses Approach. American Journal of Health Promotion, 2011; 25(3): e27-e36. doi:10.4278/ajhp.090521-QUAN-170
 19. Lulzim I. Discriminant analysis of morphologic and motor parameters of athlete and non athlete girl pupils of primary school on age 14 to 15 years. RIK, 2013; 40(2): 185-190.
 20. Geoffrey D Broadhead, Gabie E Church. Discriminant Analysis of Gross and Fine Motor Proficiency Data. Perceptual and Motor Skills, 1982; 55(2): 547–552. doi:10.2466/pms.1982.55.2.547
 21. Cieślicka M, Ivashchenko O. Discriminant analysis method to determine the power of the boys 11-12 year. Journal of Education, Health and Sport, 2016; 6(10): 7)21-9.
 22. Liu C, Chen CS, Ho WH, Fule RJ, Chung PH, Shiang TY. The Effects of Passive Leg Press Training on Jumping Performance, Speed, and Muscle Power. Journal of Strength and Conditioning Research, 2013; 27(6): 1479–86.
 23. Peric T. Analysis of Fitness Level of School-Age Children on the Czech Republic. Proceedings of the 10th International Conference on Kinanthropology: Sport and Quality of Life. 2016; 279–88.
 24. Ivashchenko O, Kapkan O, Khudolii O, Yermakova T. Informative Indicators of 14-15 Years' Age Boys' Motor Fitness. *Teoriâ Ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, 2017; 17(2): 86-97. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2017.2.1193>
 25. Ivashchenko OV, Shepelenko HP. Comparative characteristics of Coordination fitness and power of middle class. *Teoriâ ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, 2014; 0(2): 22-30. (in Ukrainian) <https://doi.org/10.17309/tmfv.2014.2.1096>

СКЕРУВАННЯ УВАГИ НА КОНТРОЛЬ ТОНУСА СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ ЯК ЗАСІБ ПРОФІЛАКТИКИ ПОРУШЕНЬ РУХОВИХ НАВИЧОК НА ПРИКЛАДІ СТРІЛЕЦЬКИХ ВИДІВ СПОРТУ

Олександр Калиніченко

Львівська обласна федерація стрільби з лука

Постановка проблеми. Технічна підготовка займає провідну роль у підготовці спортсменів стрілецьких видів спорту. Особлива та першочергова увага надається технологіям опанування такого елемента техніки як "спуск курка", а у стрільбі з лука схожим за метою є елемент «випуск тятиви». Головною ознакою формування неефективних рухових навичок (РН) стрільців є порушення стійкості системи «стрілець-зброя» у самий відповідальний момент, що випереджає момент «постріл» [3, 7, 10]. Провідну роль в управлінні рухами і зокрема у формуванні оптимальних РН грають центральні, психічні механізми що формуються під впливом уявлень, чуттєвих образів та настанов спортсменів на певні рухові дії. Ефективність педагогічних прийомів що використовуються для опанування ефективними варіантами елементів техніки багато в чому залежать від розуміння законів нейрофізіології на врахуванні яких цілеспрямовано вибудовуються пристосовані поведінкові акти спортсменів.

Метою дослідження є наукове пояснення психофізіологічної сутності застосування педагогічних прийомів скерування уваги спортсменів стрілецьких видів спорту на контроль тонуся скелетних м'язів з метою формування оптимальних варіантів рухових навичок.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел, метод причинно-наслідкових зв'язків, системний аналіз, узагальнення, електроенцефалографія.

Основні результати дослідження. Специфікою утворення РН фінальних дій стрільців є те, що вони формуються на тлі прояву захисних рухових реакцій (віддача зброї, гучний звук, різкий розрив кінематичного ланцюга лучників тощо). Збіг у невеликому проміжку часу закінчення наведення зброї на ціль (сприймається як умовний сигнал) та прояв безумовних захисних рефлексів у момент пострілу (рефлекси розтягування та сухожилінні рефлекси як наслідок віддачі зброї) створюють класичні умови для формування стійких умовних рефлексів захисного характеру які у свою чергу негативно впливають на результативність, оскільки супроводжуються порушенням стійкості систем «стрілець-зброя» у самі відповідальні моменти реалізації пострілу. Окрім цього, фактором який негативно впливає на формування оптимальних РН можна рахувати інстинктивне, підсвідоме бажання стрільців створювати біомеханічні опори (фіксувати рухливість суглобів) у момент виконання рухів цільової точності. Під впливом наведених факторів у стрільців з усіх видів ручної зброї виникає так звана помилка «сіпання», а в додаток до цього у стрільців з лука дуже часто виникає помилка «паніка мішені» (target panic). Помилки «смикання» та «паніка мішені» відносяться до головних проблем що мають місце у теорії та практиці стрілецьких видів спорту. В додаток,

помилки типу «паніка мішені» у стрільців з лука можуть призводити до повної деавтоматизації рухових навичок лучника і як наслідок - неможливості продовжувати активні заняття цим видом спорту[4].

Аналіз причин порушень рухових навичок стрільців дає підстави класифікувати їх як утворення неадекватних умовно-рефлекторних зв'язків (НУРЗ) між пусковими сигналами на реалізацію пострілу та реакціями у відповідь на постріл [4, 5]. За подібних умов, поза свідомості стрільців, відбувається пошук ознак подій що наближаються, щоб напругою або розслабленням відповідних м'язів зменшити або пом'якшити реакції у відповідь на них. Головною причиною згаданого явища є генетично закладена схильність з кожною наступною вправою усе швидше випереджати події що відбуватимуться у майбутньому шляхом змін напруження скелетиних м'язів. Виходячи з наведеного, не викликає сумніву актуальність методичних прийомів які б унеможливили або зменшували вірогідність утворення небажаних НУРЗ.

Відсутність у літературних джерелах опис конкретних методичних прийомів які застосовуються з метою запобігання виникнення проблем з руховими навичками спортсменів не є ознакою того, що такі прийоми відсутні та не застосовуються у практичній роботі. Проведений нами аналіз педагогічних настанов тренерів стрілецьких видів спорту дає право стверджувати, що низка «потрібних» прийомів вже винайдено методом «проб та помилок» і успішно застосовуються у практичній роботі. У той же час поки що відсутнє наукове обґрунтування принципів їх застосування. Для пояснення принципів застосування прийомів профілактики згаданих явищ пропонуємо скористатись теорією рівнів побудови рухів М.О.Бернштейна [2] згідно якої у нервовій системі людини утворилося п'ять рівнів побудови рухів і кожний наступний та філогенетично більш молодий рівень має специфічні відмінності та є більш складним. Сам М.О.Бернштейн перші три рівня класифікував як «тваринні рівні». Рівні керування рухами мають такий вигляд:

А -рівень палеокінетичних регуляцій. Це найбільш давній рівень. Визначає м'язовий тонус та ритм і відповідає за так звані «рухи без мети».

В-рівень синергій.

С -рівень просторового поля. Розпадається на два підрівні: С1-стриальний, що належить до екстрапірамідної системи, і С2-пірамідний, такий, що відноситься до групи кортикальних рівнів. Рівень С забезпечує скупі переміщувальні рухи, що мають «явно виражений цільовий характер: вони ведуть звідкись, кудись і щось» [2, С.83-84]. Вони мають чітко визначений як у часі, так і у просторі початок та кінець, наприклад, замах, а потім удар або кидок, але головним є те, що вони завжди скеровані на досягнення конкретного результату.

Д -рівень дій (предметних дій, смислових ланцюгів і тому подібне).

Е -група вищих кортикальних рівнів символічних координацій. Рівень забезпечує рухові дії, що мають інтелектуальний характер (виконання рухів при письмі, артикуляційні рухи при вимові слів тощо).

Зрозуміти відмінності побудови рухів на кожному з п'яти рівнів допомагає образ за яким при створенні перших машин для пересування жодних пристроїв які б обмежували їх швидкість не застосовувалось, а от коли потужність та швидкість автомобілів наблизилась до небезпечних, то почали встановлювати у їх конструкціях запобіжні пристрої які штучно обмежують швидкість до певних меж. За наведеною аналогією філогенетично щось подібне відбувалось з нервовою системою людини і кожний наступний рівень побудови рухів можна розглядати як покрокове вдосконалення ЦНС з покращенням засобів уникнення можливих ушкоджень, а випадки деавтоматизації сприймаються як спрацьовування аварійних системи, що залучаються у випадках виникнення загроз цілісності організму людини.

Виходячи з наведеного, стратегія педагогічних прийомів метою яких є запобігання утворенню небажаних явищ полягає у тому, щоб так би мовити «відмикати» або «зменшувати» можливості залучення наявних «запобіжних пристроїв». Згідно теорії рівнів побудови рухів М.О.Бернштейна кожен рух керується відразу декількома рівнями одночасно. Але при цьому завжди існує рівень на якому здійснюється управління основними параметрами руху і який визначається як провідний. Усі інші рівні що знаходяться нижче провідного є фоновими і підпорядковуються йому. Робота ведучого рівня контролюється свідомістю. За образним висловом М.О.Бернштейна цей рівень стає так би мовити диригентом який керує усіма іншими. І знову ж таки, за аналогією з вище наведеними образами можна допустити, що чим вищі рівні побудови рухів залучаються для виконання певних рухових актів, тим більшою є вірогідність залучення небажаних, у нашому випадку, охоронних систем поза свідомості спортсмена. Виходячи з логічних міркувань, для уникнення небажаних явищ типу «сіпання» та «паніка мішені» потрібно застосовувати педагогічні прийоми які б свідомо створювали умови, за якими провідним рівнем будівництва рухів був би як умога нижчий рівень типу А. Потреба вибудовування поведінкових актів за подібних умов пояснюється тим, що таким чином унеможлиблюється сам факт вмикання небажаних «аварійних систем» оскільки за філогенетичною систематикою на цьому рівні вони ще не були потрібні і тому фактично відсутні. Аналіз педагогічних настанов якими користуються сучасні тренери стрілецьких видів спорту надає підстави висунути гіпотезу, згідно якої засобами внутрішніх ментальних та рухових програм і зокрема скеруванням уваги на виконання певних рухів або дій існує можливість свідомо робити провідними «потрібні рівні» на певний момент часу. Для практичної реалізації цього, під час виконання фінальних дій стрільцям пропонується виконувати рухи та дії які притаманні виключно найнижчому рівню А. Нагадуємо, що для побудови рухів цього рівня характерними є плавність рухів, виконання рухів типу «без мети», контроль за тонусом м'язів та ритмом. Одночасно рекомендується категорично уникати застосування когнітивних дій, які притаманні вищим рівням (типу D і E). Окрім цього, ми пропонуємо розглядати допущення про те, що утворення «акцептора дії» П.К.Анохіна [1] має принципово різний зміст та наповнення в

залежності від того, який рівень будівництва рухів визнавався як провідний у той або інший момент. Враховування подібної умови надає можливість забезпечувати «пластичність» РН про яку часто декларується у літературних джерелах але не надається опис засобів того як її досягати.

Методичними прийомами та ментальними налаштуваннями сутність яких полягає у виконанні рухів та дій що притаманні найнижчим та найдавнішим рівням керування рухами людини типу **A** користуються практично усі стрільці з будь яких типів ручної стрілецької зброї. До переліка прийомів цього класу можна віднести:

- налаштування на плавність рухів;
- налаштування на виконання рухів типу «без мети»;
- контроль за ритмом рухів;
- контроль за тонутом м'язів.

Практично, прийоми цієї категорії реалізуються шляхом створенням уявлень-образів та відповідних внутрішніх рухових програм. Можна навести декілька прикладів, за якими засобами настанов та образів стрільці з різних видів зброї забезпечують одноманітність тонууса певних груп скелетних м'язів безпосередньо перед реалізацією акту «постріл» і таким чином створюють умови за якими провідним рівнем будівництва рухів стає найнижчий рівень типу **A**. Наприклад, лучник зі США, чемпіон світу та Олімпійських ігор, Дарел Пейс при реалізації пострілу уявляє, що його тіло на зразок гумової іграшки наповнено рідиною тиск якої є рівномірним у всіх можливих напрямках. У деяких методичних посібниках рекомендується при виконанні хвата спортивного пістолета уявляти собі утримування важкого яйця з тонкою шкарлупою. Чемпіон світу та Європи, Роман Бондарук при стрільбі з пістолета уявляє, що його рука виготовлена з суцільного дерева оптимальної ваги, а руків'я пістолета утримується на зразок затискання у лещатах. Відомий теоретик та практик кульової стрільби Анатолій Піддубний у своїх статтях наголошує: «Зумій зберегти м'язовий тонуус незмінним в момент пострілу і будеш попереду»[6]. Практично усі сучасні стрільці з лука користуються методичним прийомом що має назву «розширення». Виконання цього прийому полягає у внутрішніх налаштуваннях лучника на безперервності контролювання м'язових відчуттів «тиску» у руків'я лука та відчуттів «дотягування» в районі м'язів навколо лопатки руки що натягує лук. Перелік подібних прийомів та налаштувань можна продовжувати і далі, але спільним, що їх об'єднує є те, що скерування уваги на підтримування одноманітності тонууса м'язів дозволяє стрільцям забезпечувати умову за якою провідним рівнем побудови рухів стає найбільш давній рівень **A**.

Окрім прийомів створення провідним рівнем рівень **A** варто враховувати існування психо-фізіологічної залежності між тонуусом скелетних м'язів та станами людини. Проведені нами та нашими колегами дослідження показали, що у стрільців середнього та високого рівнів майстерності електрична активність мозку характеризується виникненням фаз альфа-ритму в момент який за часом співпадає зі скеруванням уваги на контроль тонууса м'язів [8, 9]. З цього можна зробити висновок, що скерування уваги на контроль тонууса

скелетних м'язів сприяє створенню специфічних станів що інгібують на великі нейронні мережі, придушують можливий прояв когнітивних дій і таким чином запобігають утворення небажаних НУРЗ.

Висновки. Концепція застосування педагогічних прийомів сутність яких полягає у тому, що фінальні дії здійснюються за умов штучного створення провідним самим нижній рівень побудови рухів (за теорією побудови рухів М.О.Бернштейна) має обнадійливі перспективи як засіб формування ефективних рухових навичок спортсменів.

Засобами, які забезпечують умову, за якою провідним рівнем побудови рухів стає найнижчий та найбільш давній рівень типу **A** є створення ментальних образів та настанов на виконання рухів та дій які притаманні виключно цьому рівню: плавність рухів, виконання рухів типу «без мети», контроль за тонутом м'язів та ритмом.

Стрільцям з усіх видів стрілецької зброї під час виконання фінальних дій рекомендується уникати застосування когнітивних дій які притаманні вищим рівням будівництва рухів (типу **D** та **E**).

Список літератури

1. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. - М.: Медицина, 1968. – 547 с.
2. Бернштейн Н.А. О построении движений. - М.:Медгиз, 1947 – 255 с.
3. Вайнштейн Л.М. Стрелок и тренер.- М.:Физкультура и спорт,1969. - 247с.
4. Калиниченко Н.А., Калиниченко А.Н. Нарушение координационной структуры спортивного навыка //Разноцветные мишени. - М.: Физкультура и спорт, 1986.- С.61-69.
5. Калиниченко О.М., Лопатьев А.О. Застосування механізмів керування фінальними діями типу «рухи без мети» як методичний прийом вдосконалення рухових навичок стрільців // Теорія та методика фізичного виховання: Науково-методичний журнал. - Харків, 2013, № 2, С.34-42.
6. Поддубный А.П. [Электронный ресурс]: Сумей сохранить мышечный тонус неизменным в момент выстрела и будешь впереди. Режим *доступу*: www.shooting-ua.com/books/book_368.htm.
7. Полякова Т.Д. Формирование двигательных навыков стрелка. Учебное пособие. – Минск, ИПП Госэкономплана РБ, 1993 – 122
8. Напалков Д.А., Ратманова П.О., Салихова Р.Н., Коликов М.Б. Электроэнцефалографические корреляты оптимального функционального состояния головного мозга спортсмена в стрелковом виде спорта // Бюл. сибирской медицины, 2013. Т. 12, №2, С. 219-226.
9. Сафронова Г.Б., Горобец В.П., Калиниченко А.Н. Электрическая активность мозга при выполнении физических и идиомоторных спортивных движений //Всесоюзная конференция по физиологии и биохимии спорта.- Тезисы докладов.- Ереван,1976.-С.59-60.
- 10.Юрьев А.А. Пулевая стрельба. - М.: Физкультура и спорт, 1973.- 431с.

МОДЕЛЮВАННЯ ХОДИ ЛЮДИНИ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМ ЕКСОСКЕЛЕТОМ

Мирослав Демидюк, Богдан Литвин

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача

Вступ. Досліджуємо задачу математичного моделювання ходи людини з активно керованим електромеханічним екзоскелетом. Екзоскелет – це спеціальний ортопедичний пристрій, одним із призначень якого є відновлення локомоторних функцій людини (наприклад, при пониженому тонусі м'язів ніг) [1]. При паралічі нижніх кінцівок активно керований екзоскелет (наприклад, екзоскелет ReWalk фірми ARGO Medical Technologies, Ізраїль) дає можливість людині стати на ноги та ходити, опираючись на палки для підтримання рівноваги [2]. Також у разі пошкоджених суглобів ніг саме екзоскелет може бути альтернативою хірургічному ендопротезуванню, яке часто є протипоказаним людям з ослабленим здоров'ям [3].

Схематично екзоскелет складається із корсета і пари шарнірно зв'язаних з ним триланкових шарнірних важелів. Корсет закріплюють на корпусі людини, ланки важелів послідовно фіксують на стегні, гомілці та стопі. Під час ходи людини екзоскелет синхронно повторює рух нижніх кінцівок. Керування екзоскелетом відбувається у шарнірах за допомогою електромеханічних приводів, до складу яких входить електродвигун та редуктор.

Задачі математичного моделювання ходи людини з екзоскелетом вивчали у низці праць, зокрема, [4–7]. У статті [4] наведено огляд екзоскелетів з активними та пасивними приводами (пружини, демпфери), описано підходи до реабілітації пацієнтів. У [5] проведено цикл експериментальних досліджень ходи людини з пасивним екзоскелетом, у результаті яких зроблено висновок, що під час ходи з екзоскелетом енерговитрати зростають на 10% порівняно зі звичайною ходьбою, хода з екзоскелетом без приводів приводить до зростання енерговитрат на 23%. Деякі підходи до моделювання ходи людини з екзоскелетом розглянуто у праці [6]. Тут наведено біомеханічні вимоги до ходи, описано кінематичні і динамічні параметри ходи та структуру приводів екзоскелета. Також тут досліджено екзоскелет з пасивними приводами, які змодельовано пружинами Бельвілля з різними характеристиками на фазах ходи. У статті [7] розглядають ходу людини з екзоскелетом з пасивними приводами, які представляють невагомими пружинами з кусково-постійною жорсткістю. Ходу моделюють на проміжку подвійного кроку, де враховують основні “природні” фази руху стоп. Запропоновано алгоритм розрахунку таких параметрів пасивних приводів, які мінімізують м'язові сили (у межах квадратичного функціоналу) за накладених кінематичних та динамічних обмежень. В основі алгоритму лежать енергетично-оптимізаційний підхід до моделювання ходи людини (як у „нормі”, так й з різними ортопедичними пристроями) та методика параметричної оптимізації [8–11].

Описані нижче дослідження є подальшим розвитком методики, наведеної в [7]. Метою цих досліджень є побудова математичної моделі ходи людини з активно керованим електромеханічним екзоскелетом та розробка алгоритму

розрахунку керувань (електричної напруги) приводів екзоскелета за умови антропоморфності руху всієї біотехнічної системи.

Математична модель ходи людини з екзоскелетом. Розглядаємо ходу

людини з екзоскелетом по нерухомій горизонтальній поверхні [7]. Обмежимо дослідженням її руху у вертикальній (сагітальній) площині OXY (рис.1). Опорно-руховий апарат людини представляємо плоскою системою дев'яти твердих тіл. Тіло NG моделює корпус людини, тіла NK_i , K_iA_i , $A_iH_iM_i$, M_iS_i – відповідно стегно, гомілку та дволанкову стопу i -ої ноги; тіла зв'язані між собою циліндричними шарнірами N , K_i , A_i , M_i , $i = 1, 2$. Екзоскелет моделюємо двома шарнірними триланковиками, ланки яких послідовно закріплені на стегні, гомілці та стопі відповідної ноги. Осі шарнірів екзоскелета співпадають з осями відповідних шарнірів опорно-рухового апарату. Біля k -го шарніра екзоскелета розміщено електромеханічний привод Π_k , який складається із електродвигуна (постійного струму з незалежним збудженням), регулятора обертів та редуктора, $k = 1, 6$. Приводи $\Pi_i, \Pi_{i+2}, \Pi_{i+4}$ відповідають шарнірам N, K_i, A_i , $i = 1, 2$. Всі шарніри вважаємо ідеальними, стопу $A_iH_iM_i$ – безінерційною, а її масу зосередженою у шарнірі A_i , $i = 1, 2$. Інерційні властивості ланок екзоскелета враховуємо у характеристиках відповідних сегментів опорно-рухового апарату. Моментами інерції роторів двигунів (відносно осі власного обертання) нехтуємо, вважаючи їх малими.

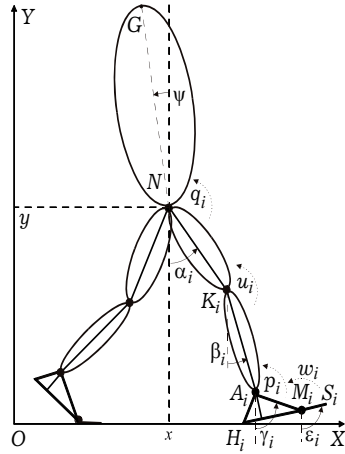


Рис. 1

розміщено електромеханічний привод Π_k , який складається із електродвигуна (постійного струму з незалежним збудженням), регулятора обертів та редуктора, $k = 1, 6$. Приводи $\Pi_i, \Pi_{i+2}, \Pi_{i+4}$ відповідають шарнірам N, K_i, A_i , $i = 1, 2$. Всі шарніри вважаємо ідеальними, стопу $A_iH_iM_i$ – безінерційною, а її масу зосередженою у шарнірі A_i , $i = 1, 2$. Інерційні властивості ланок екзоскелета враховуємо у характеристиках відповідних сегментів опорно-рухового апарату. Моментами інерції роторів двигунів (відносно осі власного обертання) нехтуємо, вважаючи їх малими.

Рух досліджуваної механічної моделі відбувається внаслідок взаємодії моментів м'язових сил q_i, u_i, p_i, w_i , прикладених у шарнірах N, K_i, A_i, M_i відповідно, моментів електромагнітних сил f_k^e , $k = \overline{1, 6}$, які генеруються електродвигунами екзоскелета (приведені до осей відповідних шарнірів системи), а також сил реакцій опорної поверхні R_i та сили тяжіння, $i = 1, 2$.

Рівняння руху біотехнічної системи запишемо у такому вигляді:

$$\mathbf{A}(\xi)\ddot{\xi} + \mathbf{B}(\xi)\mathbf{b}(\dot{\xi}) + \mathbf{g}(\xi) = \mathbf{C}(\xi)(\mathbf{f}^m + \mathbf{f}^e), \quad (1)$$

$$\mathbf{S}(\xi, x_{R1}, x_{R2})(\mathbf{f}^m + \mathbf{f}^e) = 0, \quad (2)$$

де позначено: $\xi = (x, y, \psi, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ – вектор узагальнених координат системи, (x, y) – координати точки N в інерційній системі відліку OXY , $\psi, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \varepsilon_i$ – кути відхилення ланок $NG, NK_i, K_iA_i, A_iH_iM_i, M_iS_i$ від вертикал, $\mathbf{f}^m = (q_1, q_2, u_1, u_2, p_1, p_2, w_1, w_2, R_{1x}, R_{1y}, R_{2x}, R_{2y})$ – вектор м'язових сил, R_{ix}, R_{iy}, x_{Ri} – координати вектора \mathbf{R}_i у системі відліку OXY та абсциса точки його прикладення, $\mathbf{f}^e = (f_1^e, f_2^e, f_3^e, f_4^e, f_5^e, f_6^e, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ – вектор моментів електромагнітних сил, $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{S}$ – матриці розмірностей $7 \times 11, 7 \times 11, 7 \times 12, 4 \times 12$ відповідно, $\mathbf{b} = (\xi_1^2, \xi_2^2, \dots, \xi_{11}^2)$, \mathbf{g} – вектор розмірності 7. Компоненти матриць $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{S}$ і вектора \mathbf{g} можна одержати із розгорнутого запису співвідношень (1), (2), наведеного в [8, 9]. Тут крапкою (над величиною) позначено диференціювання за часом t .

Для отримання повної розрахункової моделі співвідношення (1), (2) доповнити рівняннями електромагнітних процесів у двигунах [12]

$$f_k^e = n_k \mu_k^e z_k^e, \quad L_k^e \dot{z}_k^e + R_k^e z_k^e + \mu_k^e \omega_k = u_k^e, \quad k = \overline{1, 6}, \quad (3)$$

$$\omega_i^e = n_i \dot{\eta}_{N_i}, \quad \omega_{i+2}^e = n_{i+2} \dot{\eta}_{K_i}, \quad \omega_{i+4}^e = n_{i+4} \dot{\eta}_{A_i}, \quad i = 1, 2. \quad (4)$$

Тут z_k^e, u_k^e – електричний струм та напруга в обмотці ротора електродвигуна привода Π_k , μ_k^e, L_k^e, R_k^e – параметри двигуна (коефіцієнти пропорційності та індуктивності, омичний опір обмотки ротора), ω_k^e – кутова швидкість ротора, n_k – передавальне число редуктора привода Π_k , $k = \overline{1, 6}$; $\eta_{N_i} = \alpha_i - \psi$, $\eta_{K_i} = \alpha_i - \beta_i$, $\eta_{A_i} = \gamma_i - \beta_i - \bar{\gamma}_i$ – міжланкові кути у шарнірах системи N, K_i, A_i , $\bar{\gamma}_i = 90^\circ - \varphi_{M_i}$, $\varphi_{M_i} = \angle A_i M_i H_i$, $i = 1, 2$. Зазначимо, що кут η_{N_i} описує відхилення стегна NK_i відносно корпусу NG , кут η_{K_i} – відхилення гомілки K_iA_i відносно стегна NK_i , кут η_{A_i} – відхилення нормалі до основи стопи H_iM_i відносно гомілки A_iK_i .

Ходу людини досліджуємо на проміжку подвійного кроку $[0, T]$ з врахуванням реальної послідовності фаз руху стоп. Позначивши через T_1 – тривалість першого кроку, задамо фази руху 1-ої стопи: $t \in [0, \tau_{h1})$ – переكات через п'ятку, $t \in [\tau_{h1}, \tau_{m1})$ – опора на всю стопу, $t \in [\tau_{m1}, T_1]$ – плеснофаланговий переكات, $t \in (T_1, \tau_{s1})$ – переكات через носок, $t \in [\tau_{s1}, T)$ – перенесення стопи (над поверхнею опори). Визначимо фази руху 2-ої стопи: $t \in (0, \tau_{s2})$ – переكات через

носок, $t \in [\tau_{s2}, T_1]$ – перенесення стопи, $t \in [T_1, \tau_{h2}]$ – переكات через п'ятку, $t \in [\tau_{h2}, \tau_{m2}]$ – опора на всю стопу, $t \in [\tau_{m2}, T]$ – плеснофаланговий переكات.

Із антропоморфності руху механічної системи слідує [7]:

а) ритмічні умови на часові параметри фаз переміщення стоп

$$0 < \tau_{s2} < \tau_{m1} < T_1 < \tau_{s1} < \tau_{m2} < T; \quad (5)$$

б) кінематичні умови контактування точок H_i , M_i , S_i з опорною поверхнею

$$\begin{aligned} x_{hi}(t) &\equiv x_{hi}^{\circ}, y_{hi}(t) \equiv 0, y_{si} > y_{mi} > 0, t \in [\tau_i, \tau_{hi}), \\ x_{hi}(t) &\equiv x_{hi}^{\circ}, y_{hi}(t) \equiv y_{mi}(t) \equiv y_{si}(t) \equiv 0, t \in [\tau_{hi}, \tau_{mi}), \\ x_{mi}(t) &\equiv x_{mi}^{\circ}, y_{hi} > 0, y_{mi}(t) \equiv y_{si}(t) \equiv 0, t \in [\tau_{mi}, \tau_{1+i}), \\ x_{si}(t) &\equiv x_{si}^{\circ}, y_{hi} > y_{mi} > 0, y_{si}(t) \equiv 0, t \in (\tau_{3-i}, \tau_{si}), \\ y_{hi} &> 0, y_{mi} > 0, y_{si} > 0, t \in [\tau_{si}, \tau_{4-i}), \quad i = 1, 2, \end{aligned} \quad (6)$$

де (x_{hi}, y_{hi}) , (x_{mi}, y_{mi}) , (x_{si}, y_{si}) – координати точок H_i , M_i , S_i у системі відліку OXY , $x_{mi}^{\circ} = x_{hi}^{\circ} + l_1$, $x_{si}^{\circ} = x_{mi}^{\circ} + l_2$, $x_{h1}^{\circ} = 0$, $x_{h2}^{\circ} = x_{h1}^{\circ} + L_2$, $l_1 = |H_1M_1| = |H_2M_2|$, $l_2 = |M_1S_1| = |M_2S_2|$, $\tau_1 = 0$, $\tau_2 = T_1$, $\tau_3 = T$;

в) обмеження динамічного характеру

$$\begin{aligned} R_{iy} > 0, |R_{ix}| &\leq \mu R_{iy}, t \in [\tau_i, \tau_{i+1}) \cup [\tau_{3-i}, \tau_{si}), \\ R_{iy}(t) &\equiv R_{ix}(t) \equiv 0, t \in [\tau_{si}, \tau_{4-i}), \\ x_{hi}^{\circ} &\leq x_{Ri} \leq x_{si}^{\circ}, t \in [\tau_i, \tau_{mi}), \\ x_{mi}^{\circ} &\leq x_{Ri} \leq x_{si}^{\circ}, t \in [\tau_{mi}, \tau_{1+i}) \cup [\tau_{3-i}, \tau_{si}), \quad i = 1, 2, \end{aligned} \quad (7)$$

де μ – коефіцієнт тертя між стопою та опорною поверхнею. Співвідношення (7) виражають вільне упирання стоп на поверхню крокування та їх непроковзування, а також задають межі розміщення точки прикладання головного вектора опорних реакцій.

Задамо умови періодичності руху системи, а також умови взаємного розміщення стоп у початковий $t = 0$ і кінцевий $t = T$ моменти часу:

$$\begin{aligned} \xi(T) &= \xi(0) + \mathbf{L}, \dot{\xi}(T) = \dot{\xi}(0), \\ x_{m2}(0) &= x_{h1}^{\circ} + l_1 - L_1, y_{m2}(0) = 0, x_{h1}(T) = x_{h1}^{\circ} + L, y_{h1}(T) = 0, \end{aligned} \quad (8)$$

де $\mathbf{L} = (L, 0, \dots, 0)$ – вектор розмірності 11, $L = L_1 + L_2$ – довжина подвійного кроку, L_1 , L_2 – довжини першого та другого кроків.

Розрахунок електричної напруги приводів екзоскелета. Припустимо, що рівень м'язових сил в основних суглобах ніг (шарніри N , $K_{1,2}$, $A_{1,2}$) є малим і недостатнім для здійснення ходи людини (наприклад, при паропарезі нижніх

кінцівки). На сьогодні єдиним способом забезпечити процес ходи таких пацієнтів є використання активно керованих екзоскелетів [2].

Нижче пропонуємо алгоритм розрахунку таких керувань екзоскелета u_k^e , $k = \overline{1, 6}$, за яких переміщення біотехнічної системи буде антропоморфним. Зазначимо, що згідно припущення про рівень м'язових сил у рівняннях (1) – (4) покладаємо $q_i(t) \equiv u_i(t) \equiv p_i(t) \equiv 0$, $t \in [0, T]$, $i = 1, 2$.

Нехай задано двосторонні обмеження на міжланкові кути моделі

$$\eta_k^{(0)}(t) \leq \eta_k(t) \leq \eta_k^{(1)}(t), \quad t \in [0, T], \quad k \in \{N_i, K_i, A_i\}, \quad i = 1, 2. \quad (9)$$

Тут $\eta_k^{(0)}$, $\eta_k^{(1)}$ – задані на проміжку $[0, T]$ функції, які визначають області допустимих значень міжланкових кутів. Ці функції побудовано в праці [13] на підставі усереднення результатів експериментальних досліджень ходи людини. Також їх можна обчислити за методикою, наведеною в [10] для ходи людини на протезі гомілки.

Аналогічно [7] розрахунок шуканих керувань проводимо у два етапи. На першому для заданих значень масоінерційних параметрів сегментів тіла людини моделюємо її ходу без екзоскелета (в „нормі”). Для цього згідно енергетично-оптимізаційного підходу формулюємо і розв’язуємо **задачу**: для заданих довжин та тривалостей одинарних кроків, а також обмежень на міжланкові кути (9) знайти такий рух системи $\xi^*(t)$, $t \in [0, T]$, який з огляду на рівняння (1), (2) та умови (5)–(8) мінімізує функціонал

$$E = \frac{1}{L} \int_0^T \sum_{i=1}^2 \left(|q_i \dot{\eta}_{N_i}| + |u_i \dot{\eta}_{K_i}| + |p_i \dot{\eta}_{A_i}| + |w_i \dot{\eta}_{M_i}| \right) dt. \quad (10)$$

Функціонал (10) характеризує питомі (на одиницю довжини) механічні енерговитрати системи на проміжку подвійного кроку.

Для розв’язання сформульованої задачі використовуємо методику параметричної оптимізації, в якій за апроксимуючі функції вибираємо кубічні згладжувальні сплайни [7–11]. Такий підхід дає можливість звести вихідну задачу оптимального керування до задачі мінімізації функцій багатьох змінних. Для розв’язання останньої застосовуємо числові процедури нелінійного програмування.

На другому етапі для знайденого оптимального руху системи $\xi^*(t)$ із співвідношень (1), (2) обчислюємо відповідні моменти електромагнітних сил $f_k^e(t)$, $k = \overline{1, 6}$. Далі, використовуючи (3), (4), остаточно отримуємо керування $u_k^e(t)$, $k = \overline{1, 6}$, які забезпечують антропоморфний рух системи $\xi^*(t)$.

Описаний вище алгоритм розрахунку кінематичних та динамічних характеристик ходи людини з електромеханічним екзоскелетом реалізовано у вигляді комплексу програм (у середовищі Inprise Delphi 7). Числові експерименти

підтвердили ефективність запропонованого підходу до моделювання ходи людини з активно керованим екзоскелетом.

Числове моделювання ходи людини з екзоскелетом. Наведемо окремі результати розв'язання сформульованої вище задачі. Параметри механічної моделі та розрахункової схеми алгоритму параметричної оптимізації приймали значення, аналогічні таким у [7]. Використовували ту ж саму числову процедуру мінімізації функції багатьох змінних – гібридний генетичний алгоритм з дійсним кодуванням. Параметри приводів екзоскелета задавали рівними: $n_k = 163$, $L_k^e = 0.03$ Гн, $R_k^e = 3.6$ Ом, $\mu_k^e = 0.216$ Н□м/А, $k = \overline{1, 6}$.

Побудований оптимальний закон руху біотехнічної системи $\xi^*(t)$ характеризується енерговитратами $E^* = 145$ Дж/м. Графіки відповідних кінематичних та динамічних характеристик зображено на рис. 2 – рис.7 (суцільні лінії). Тут час t виражено у відсотках щодо тривалості подвійного кроку T , кути – в градусах, моменти сил віднесено до сумарної маси системи та виражено в Нм/кг. Тонкими лініями на рис. 3 – рис. 7 показані межі областей допустимих значень відповідних характеристик, побудовані за результатами праці [13]. На рис. 8 – рис. 10 показані графіки отриманих оптимальних електричних напруг $u_1^e(t)$, $u_3^e(t)$, $u_5^e(t)$, які подаються на двигуни екзоскелета у шарнірах N , K_1 , A_1 відповідно. Максимальні значення напруг (за абсолютною величиною) відповідно рівні 71 В, 89 В, 171 В. Проміжки часу з від'ємними значеннями напруги відповідають реверсному режиму роботи двигуна.

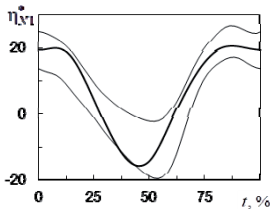


Рис. 2

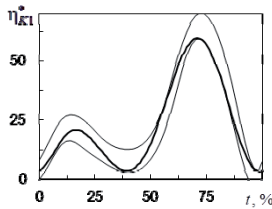


Рис. 3

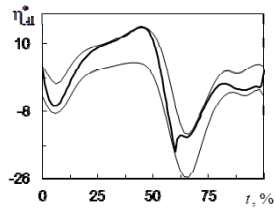


Рис. 4

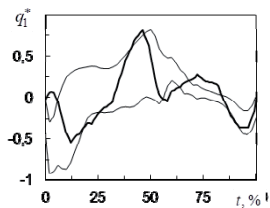


Рис. 5

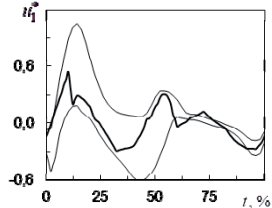


Рис. 6

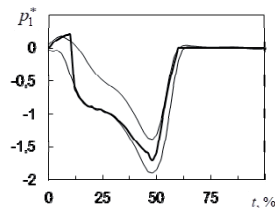


Рис. 7

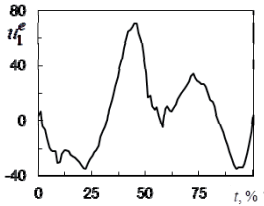


Рис. 8

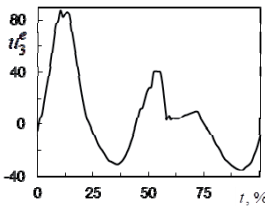


Рис. 9

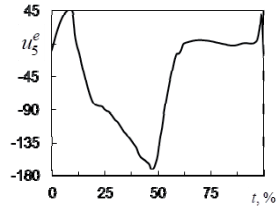


Рис. 10

Висновки. Побудовано математичну модель ходи людини з активно керованим електромеханічним екзоскелетом. У межах моделі розроблено алгоритм розрахунку керувань (електричної напруги) приводів екзоскелета, які забезпечують ходу людини при відсутніх м'язових зусиллях у основних суглобах ніг. Алгоритм реалізовано у вигляді відповідного програмного комплексу, який може бути використаний у клінічній практиці реабілітації нижніх кінцівок людини.

Список літератури

1. *Hugh Herr.* Exoskeletons and orthoses: classification, design challenges and future directions // *J. of NeuroEngineering and Rehabilitation.* – 2009. – **6.** – P. 21–29.
2. *Воробьев А.А., Петрухин А.В., Засыпкина О.А., Кривоножжина П.С., Поздняков А.М.* Экзоскелет как новое средство в абилитации и реабилитации инвалидов (обзор) // *Современные технологии в медицине.* – 2015. – **7,** №2 – С. 185-197.
3. *Яцун С.Ф., Рукавицын А.Н.* Разработка биоинженерного мехатронного модуля для экзоскелета нижних конечностей человека // *Изв. Самарского научного центра РАН.* – 2012. – **14,** №4 (5). – С. 1351-1354.
4. *Antonio J. del-Ama, Aikaterini D. Koutsou, Juan C. Moreno et al.* Review of hybrid exoskeletons to restore gait following spinal cord injury // *J. of Rehabilitation Research & Development.* – 2012. – **49,** No.4. – P. 497–514.
5. *Conor James Walsh, Ken Endo, Hugh Herr.* A quasi-passive leg exoskeleton for load-carrying augmentation // *Intern. J. of Humanoid Robotics.* – 2007. – **4,** No. 3 – P. 487–506.
6. *Pons J.L., Moreno J.C., Brunetti F.J., Rocon E.* Lower-Limb Wearable Exoskeleton // *Rehabilitation Robotics* /book edited by Sashi S. Kommu: I-Tech Education and Publishing, Vienna, Austria, 2007. – P. 471–498.
7. *Демидюк М.В., Литвин Б.А.* Математичне моделювання ходи людини з екзоскелетом // *Прикл. проблеми мех. і мат.* – 2014. – Вип. 12. – С.120-129
8. *Бербюк В.Є., Демидюк М.В. Литвин Б.А.* Математическое моделирование и оптимизация ходьбы человека с протезированой голенью // *Проблемы управления и информатики.* – 2005. – № 3. – С. 128–144.
9. *Бербюк В. Є., Демидюк М. В., Литвин Б. А.* Математичне моделювання ходи людини на підставі експериментальних даних // *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Прикл. математика та інформатика.* – 2000. – Вип. 3. – С. 88–93.

10. Демидюк М.В., Литвин Б.А. Математическое моделирование ходьбы человека с голеностопным шарнирным ортезом // Проблемы управления и информатики. – 2015. – № 2. – С. 46–57.
11. Демидюк М.В., Литвин Б.А. Задачі математичного моделювання ходи людини з врахуванням біомеханічних експериментальних даних // Прик. проблеми мех. і мат. – 2012. – Вип. 10. – С. 51–62.
12. Бербюк В.Е., Демидюк М.В., Ивах Г.Ф. Задачи оптимизации конструкций и законов управления движением электромеханических манипуляторов // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1987. – № 3. – С. 113–123.
13. Winter D. A. Biomechanics and motor control of human movement / Fourth Edition. – Waterloo: University of Waterloo, Canada, 2009. – 384 p.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ДІАГНОСТИЧНИХ РІШЕНЬ

Ольга Терендій

*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача
НАН України*

Вступ. Зараз системи підтримки прийняття рішень використовуються у різноманітних галузях людської діяльності [1]. Вони спрощують роботу та надають інтелектуальному агенту (особі, яка приймає рішення) можливість прийняти правильне рішення. Останнім часом все ширше застосовуються технології інтелектуалізації певних систем [1]. Оскільки системи використовують знання про предметну область (ПО), актуальною є проблема створення ефективних методів і засобів для роботи зі знаннями на різних етапах розробки та експлуатації таких систем.

Необхідність інтелектуалізації інтерфейсів користувачів пов'язана з розширенням кола задач та підвищенням вимог до користувача стосовно обсягу знань з різних предметних областей [2]. Дослідження щодо інтелектуалізації інтерфейсів та вимог до їхніх функцій проводилися ще в минулому столітті [3]. Однак, незважаючи на численні публікації, присвячені цій тематиці, досі відсутнє чітке визначення інтелектуального інтерфейсу користувача. В [4] інтелектуальним інтерфейсом вважається забезпечення можливості активної безпосередньої взаємодії ресурсів програмного комплексу і користувача за допомогою програм обробки запитів в інтерактивному режимі. В роботі [3] інтелектуальним вважається інтерфейс користувача, який містить програмні засоби, що забезпечують елементарні функції аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення, накопичення та навчання тих складових програмного комплексу, які взаємодіють з користувачем, перетворюючи звичайний інтерфейс користувача в інтелектуальний. У [2, 5] інтелектуальний інтерфейс є сукупністю програмних і апаратних засобів, які забезпечують користувачу, що немає спеціальної підготовки в галузі обчислювальної техніки, можливість використання комп'ютера для розв'язання задач, пов'язаних з його професійною діяльністю, без або з незначною допомогою програмістів.

У цій роботі описується інтелектуалізований інтерфейс користувача, як складова автоматизованої системи підтримки прийняття рішень у галузі діагностики [6, 7].

Загальна характеристика автоматизованої системи. Автоматизована система (АС) є універсальною, тобто вона може бути використана у різних вузькоспеціалізованих предметних областях. Перед використанням її налаштовують на певну предметну область.

Ідеологія системи базується на концепції формального подання знань про ПО. Програма реалізація включає банки даних експертів, несправностей, словники тлумачень стандартних і придбаних у процесі діагностики термінів, а також модуль узгодження термінології та діагностичного висновку. Блок інтерфейсу забезпечує аналіз запитів та приведення їх до канонічної форми,

формування банків даних і знань, збирання експертної інформації, яка пізніше обробляється за допомогою бібліотеки прикладних програм. Керуючий блок організовує роботу системи загалом.

Система передбачає роботу користувача в одному з трьох режимів: доповнення бази знань системи, конструювання анкет та проведення опитування. У режимі конструювання анкет за допомогою інтегрованого середовища розробки анкет користувачем створюється нова або редагується вже існуюча анкета.

Для опитування респондентів використовуються анкети, які розроблені в середовищі конструктора текстових анкет та мають ієрархічну структуру, наведену на рис. 1. Тут кружечками зображені запитання, паралелограмами – запропоновані варіанти відповідей на запитання, а прямокутниками – індекс ознаки, значення якої уточнюється даною відповіддю, і величина зміни цього значення.

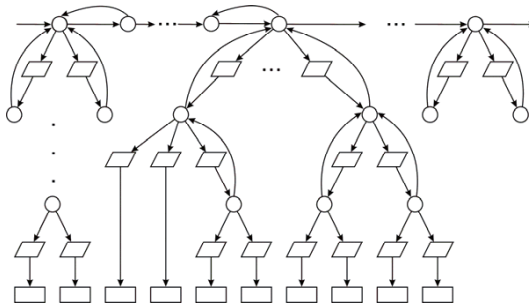


Рис. 1. Структура електронної анкети

У формальному вигляді анкета $A = (Q, H, V)$ складається з множини запитань анкети Q ; множини ознак або факторів H (у галузі діагностики – це характерні ознаки), що визначаються експертом під час розробки анкети; масиву значень цих ознак V , одержаних унаслідок опитування респондента.

Для кожного запитання анкети A з множини запитань $Q = \{q_i, i = \overline{1, n_q}\}$, де n_q – загальна кількість запитань в анкеті, виконується умова:

$$\forall q_i \in Q \quad \exists t_{q_i} \in T_{q_i} \wedge \exists M_i \subset M \cup M_0 : q_i = (t_{q_i}, M_i),$$

де T_{q_i} – множина формулювань запитань анкети; t_{q_i} – формулювання q_i -го запитання анкети; M_i – множина запропонованих варіантів відповідей на q_i -е запитання анкети; M – множина всіх варіантів відповідей анкети; M_0 – множина оригінальних відповідей респондентів; $M_i = \{m_j, j = \overline{1, n_{m_i}}\}$, n_{m_i} – кількість запропонованих варіантів відповідей на q_i -е запитання анкети, при цьому $n_{m_i} \geq 2$.

Кожен варіант відповіді $m_i \in M$ містить формулювання відповіді $t_{m_i} \in T_m$, де T_m – множина формулювань запропонованих варіантів відповідей.

Нехай величина $w_l \in [0, 1]$ визначається експертом та вказує на важливість даної відповіді для виявлення h_k -ої ознаки. Якщо відповідь потребує уточнення, то вказується запитання $q_l \in Q$, яке уточнює дану відповідь m_l , тобто варіант відповіді подається у вигляді: $m_l = (t_{m_l}, h_k, w_l, q_l)$. Після вибору респондентом (під час опитування) даної m_l -ої відповіді значення v_k k -ої ознаки збільшиться на величину w_l .

Отже, після опитування респондента одержуємо підмножину Q_u множини Q ($Q_u \subset Q$), що складається лише з тих запитань, які задавалися респондентові, а також масив значень ознак $V = \{v_j, j = \overline{1, n_h}\}$, величина яких визначається під час опитування з використанням даної анкети.

Обробка результатів опитування здійснюється на підставі використання правил $R = \{r_i, i = \overline{1, n_r}\}$. Кожне з цих правил має такий вигляд:

$$r_i = \bigwedge_{j=1}^{n_i} p(v_{l_{ij}}, b_{ij}, c_{ij}),$$

де $p(v, b, c) = (v \geq b) \wedge (v \leq c)$, $l_{ij} \in \{1, \dots, n_h\}$ – порядковий номер ознаки; b_{ij}, c_{ij} – нижня та верхня межі l_{ij} -ої ознаки відповідно. Існує взаємно однозначна відповідність між множиною правил R та множиною рекомендацій $D: R \leftrightarrow D$. Для оцінки величини зменшення часу проведення опитування z отримана формула:

$$z = \sum_{j=1}^n \left(1 - \frac{l_j(k_j - 1)}{(k_j)^{l_j} - 1} \right) \cdot 100\%,$$

де n – кількість гілок анкети; l_j – кількість рівнів ієрархії j -ої гілки; k_j – кількість запропонованих варіантів відповідей на кожне запитання в j -й гілці.

Метою проведення опитування за допомогою розробленої анкети є отримання значення масиву характеристичних ознак для конкретного об'єкта досліджень. Аналіз значень складових цього масиву автоматизованою системою та персоналом дозволяє робити загальні висновки про стан об'єкту. Розроблене програмне забезпечення допомагає формувати анкету з потрібним для даного дослідження набором характерних ознак. З метою спрощення процесу формулювання запитань розроблено низку шаблонів. Користувачу пропонуються певні заготовки, в порожні поля яких заноситься необхідна в даному випадку інформація, що вибирається з випадваючих вікон шаблона або ж набирається за допомогою клавіатури. Формалізоване зображення шаблонів має вигляд:

? $\varphi(a_1, a_2, \dots, a_n)$ – виявлення наявності або відсутності деякого факту;

? $\varphi(a_1, a_2, \dots, a_n, t)$ – запит на прогноз дати, коли має відбутися деяка подія або період виявлення деякого факту;

? $\lambda(\varphi(a_1, a_2, \dots, a_n, t, x))$ – визначення значення деякої величини x .

Тут a_1, a_2, \dots, a_n – деякі константи; φ – предикат або формула; t – часова змінна; x – змінна, яка може набувати таких значень, за яких даний вираз має істинне значення; λ – квантор, що визначає, які значення змінної x маються на увазі (всі можливі чи хоча б одне); знак "?" вказує, що даний вираз є запитанням.

За допомогою шаблонів формуються ескізи запитань. Кожен із них містить не лише стандартні, але й інформаційні поля, значення яких можуть бути довільними. Тому виникає проблема узгодження значень інформаційних полів для однозначного трактування змісту запитання загалом. Для цього стосовно кожного запитання (перед занесенням в анкету) проводиться обговорення експертами однозначності тлумачення його формулювання з використанням процедури узгодження тлумачень термінів і понять [6, 7].

Висновки. У роботі подано підхід до побудови автоматизованих інтерфейсних систем збору інформації в конкретній предметній області. Запропоновано деяку ієрархічну структуру для збору діагностичних даних, в якій використовуються науково обґрунтовані шаблони як для формулювання запитання, так і для типу відповіді на це запитання. Розроблено програмне забезпечення інтерфейсної системи збору інформації. З метою вивчення ефективності роботи описаного програмного продукту, нами за допомогою комплексу АС розроблено тестову анкету для дослідження серцево-судинних патологій [6, 7].

Список літератури

1. Интеллектуальные информационные системы и технологии: учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, В. В. Алексеев и др. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 244 с.
2. Поспелов Д. А. Интеллектуальные интерфейсы для ЭВМ новых поколений [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.raai.org/about/persons/pospelov/pages/interf.doc.
3. Кузин Е. С. Интеллектуальный интерфейс. Общие принципы организации и проблемы реализации // Техн. кибернетика. – 1985. – № 5. – С. 90 – 102.
4. Нехаев С. А., Кривошеин Н. В., Андреев И. Л. и др. Словарь прикладной интернететики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.co.ua/dict/unknown/slovarprikladnoyinternetiki.jsp>.
5. Печкурова Е. Н., Глыбовец Н. Н. Интеллектуальные пользовательские интерфейсы в СДО / «Информационные технологии в науке и образовании»: Международная науч.-практ. конф.: Сб. матер. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2001 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.infoco.ru/course/view.php?id=3>.
6. Терендій О. В., Бунь Р. А. Интеллектуальна система збору інформації в вузкоспеціалізованій предметній області // Моделювання та інформаційні технології : Зб. наук. праць Ін-ту проблем моделювання в енергетиці. – Київ, 2007. – Вип. 41. – С. 158 – 163.
7. Терендій О. В. Інформаційна технологія побудови автоматизованої системи опрацювання діагностичних даних з інтелектуалізованим інтерфейсом. – Автореф. дис.. к. т. н. за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Українська академія друкарства, Львів, 2015. – 21 с.

ВИКОРИСТАННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ ТА БІОРТОГОНАЛЬНИХ РОЗКЛАДІВ В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ

Валентина Собко¹, Олег Браташ¹, Оксана Ільків²

¹*Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки
і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України*

²*Львівський державний університет фізичної культури*

Вступ. Вирішення низки важливих науково-прикладних проблем теорії масоперенесення та термомеханіки ґрунтується на ефективності існуючих аналітико-числових методів розв'язування відповідних задач математичної фізики і опрацювання реальних експериментальних даних із урахуванням апріорної інформації. Потреба обробки інформації виникає при вирішенні більшості прикладних задач. Під поняттям інформації ми розуміємо сукупність знань про процеси та параметри певних об'єктів. Важливим фактором успішного вирішення прикладних задач є якість обробки інформації. Інформація, як відомо, передається за допомогою сигналів, які можуть бути різного виду. Важливою характеристикою сигналу є його спектр, який є сукупністю гармонічних та негармонічних сигналів, сума яких рівна даному сигналу.

Суть спектральних методів. Спектральні методи використовують як в теоретичних дослідженнях, так і для розв'язування широкого класу задач математики і механіки. Спектральні методи розв'язування задач зводяться до обчислення узагальнених f_n ($n = 0, \dots, \infty$) спектрів, а способи їх обчислення залежать від виду вхідної інформації. Їх суть полягає в тому, що функції, які входять у модель, подають у вигляді ортогональних рядів за вибраним базисом. Знаходження розв'язку зводиться до обчислення коефіцієнтів ортогонального ряду шуканого розв'язку. Позитивними сторонами є те, що багато ортогональних базисів достатньо добре досліджені, прості у використанні та побудовані на їх основі алгоритми розв'язування легко піддаються автоматизації. До негативних сторін можна віднести те, що сумування відповідних рядів, як правило, є некоректною задачею. Далі, не всі критерії, які ставляться до рішень задач, можна задовольнити застосуванням одного ортогонального базису. У зв'язку з тим для більш широкого задоволення критеріїв або модифікуються існуючі базиси, або будуються нові. Одним з шляхів врахування згаданих зауважень є застосування біортогональних розкладів. На сьогодні є небагато праць, присвячених їх дослідженню та практичному використанню. Це, в основному, викликано тим, що побудова біортогональних базисів пов'язана зі значними обчислювальними труднощами і вони недостатньо вивчені.

При заданні вхідних значень в дискретній формі $f(x_j)$, $j = \overline{1, N}$, для знаходження узагальнених спектрів можна використати квадратурні формули, метод найменших квадратів або ж інші способи. Можна вказати оптимальну в класі L_2 формулу для обчислення узагальнених спектрів.

Нехай многочлени $u_n(x)$ ортогональні на проміжку $[a, b]$ та

$$\varphi(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\varphi_n}{r_n} u_n(x).$$

Відомо, що $N+1$ -ий ортогональний многочлен має $N+1$ дійсний корінь, які належить до проміжку ортогональності. Тоді має місце оптимальна в L_2 квадратурна формула

$$\varphi_n = \sum_{j=0}^N \rho_j^2 u_n(x_j) \varphi(x_j), \quad u_{N+1}(x_j) = 0, \quad \rho_j^{-2} = \sum_{i=0}^N u_i^2(x_j).$$

Апроксимація сигналів в базисі многочленів Чебишева-Лагерра. Серед спектральних базисів заслуговують на увагу базиси многочленів Якобі $P_n^{(\alpha, \beta)}(x)$ за просторовою змінною та Чебишева-Лагерра $L_n^\lambda(t)$, за часовою змінною, де $\alpha > -1, \beta > -1, \lambda > -1$ – вільні параметри, n – порядок многочлена.

При апроксимації цифрової інформації вибір виду апроксимації функції $f(t)$ можна вибрати різного виду рядами, зокрема

$$f(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n! \bar{f}_n}{\Gamma(n + \lambda + 1)} L_n^\lambda(t), \quad f(t) = t^\lambda \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f_n n! L_n^\lambda(t)}{\Gamma(n + \lambda + 1)},$$

$$f(t) = t^\lambda e^{-t} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n! \hat{f}_n}{\Gamma(n + \lambda + 1)} L_n^\lambda(t),$$

в залежності від апріорної інформації.

Многочлени Чебишева-Лагерра при великих n мають наступну поведінку $L_n^\lambda(t) = O\left(e^{t/2} t^{-(2\lambda+1)/4} n^{(2\lambda-1)/4}\right)$. За рахунок цього значно звужується клас задач, в яких використовується ортогональне перетворення, оскільки виникають обчислювальні труднощі при сумуванні ряду для великих t . На практиці ця проблема розв'язується введенням масштабного множника.

Узагальнене перетворення Чебишева-Лагерра

$$f_n = \int_0^{\infty} t^{\nu\lambda + \nu - 1} e^{-\mu t^\nu} L_n^\lambda(\mu t^\nu) f(t) dt, \quad \mu > 0, \quad |\nu| < \infty, \quad \nu \neq 0.$$

Тоді

$$f(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n! f_n}{\Gamma(n + \lambda + 1)} L_n^\lambda(\mu t^\nu).$$

Застосування функцій Лагерра $\varphi_n(t) = e^{-t/2} L_n^\lambda(t)$ ортогональних на $[0, \infty)$. При $n \rightarrow \infty$ і $t \rightarrow \infty$ функції Лагерра $\varphi_n(t)$ прямують до нуля. Нехай

$$f(t) = t^\lambda e^{\gamma t} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f_n}{r_n} \varphi_n(t/h).$$

Тоді для обчислення коефіцієнтів f_n мають місце формули

$$f_n = \int_0^{\infty} e^{-\gamma h \tau} f(h\tau) \varphi_n(\tau) d\tau, \quad f_n \approx \sum_{m=0}^N \frac{\lambda_m e^{-\gamma h \lambda_m} f(h\lambda_m)}{[(N+2)\varphi_{N+2}(\lambda_m)]^2} \varphi_n(\lambda_m).$$

Обчислювальний експеримент. Ваговою функцією для $L_n^\lambda(\mu t^\nu)$ є $\omega(t) = \mu^{\lambda+1} \nu t^{\lambda\nu+\nu-1} e^{-\mu t^\nu}$. Апроксимуємо функцію $f(t) = t^{-\alpha}$ узагальненими многочленами Чебишева Лагерра. Для $f(t)_{\text{пер.}} = t^{-\alpha}$ маємо

$$f_n = \mu^{\lambda+1} \nu \int_0^\infty t^{\lambda\nu+\nu-\alpha-1} e^{-\mu t^\nu} L_n^\lambda(\mu t^\nu) dt,$$

або

$$f_n = f_{n-1} \frac{\left(\frac{\alpha}{\nu} + n - 1\right)}{n} \approx \mu^\nu \frac{\frac{\alpha}{\nu} \Gamma\left(\lambda - \frac{\alpha}{\nu} + 1\right)}{\Gamma\left(\frac{\alpha}{\nu}\right)} n^{\frac{\alpha}{\nu}-1}$$

Для $\alpha = 0.95$, $\lambda = -0.95$, $t = 1000$ с, $f(t)_{\text{пер.}} = 0,001413$ та різних значень μ , ν і n результати f_n , $f(t)$ подані в Таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку коефіцієнтів f_n , та функцій $f(t)$ і $f(t)_{\text{пер.}}$

| n | $\mu = 0.9, \nu = -0.7$ | | $\mu = 0.9, \nu = -0.9$ | |
|----|-------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | f_n | $f(t)$ | f_n | $f(t)$ |
| 0 | 1,022321 | 0,052509 | 1,060163 | 0,054452 |
| 1 | -1,38744 | -0,00856 | -1,11906 | -0,00096 |
| 2 | 0,247756 | 0,000535 | 0,031085 | 0,000521 |
| 3 | 0,053091 | 0,0021 | 0,009786 | 0,00097 |
| 4 | 0,021805 | 0,002586 | 0,004757 | 0,001179 |
| 5 | 0,011526 | 0,00276 | 0,002801 | 0,001297 |
| 6 | 0,006998 | 0,002817 | 0,001842 | 0,001371 |
| 7 | 0,004641 | 0,002821 | 0,001301 | 0,001422 |
| 8 | 0,003274 | 0,002802 | 0,000967 | 0,001457 |
| 9 | 0,002416 | 0,00277 | 0,000746 | 0,001483 |
| 10 | 0,001847 | 0,002734 | 0,000593 | 0,001503 |
| 11 | 0,001451 | 0,002695 | 0,000482 | 0,001518 |
| 12 | 0,001166 | 0,002656 | 0,000399 | 0,001529 |
| 13 | 0,000955 | 0,002617 | 0,000336 | 0,001539 |
| 14 | 0,000794 | 0,00258 | 0,000287 | 0,001546 |
| 15 | 0,000669 | 0,002544 | 0,000247 | 0,001552 |
| 16 | 0,000571 | 0,00251 | 0,000216 | 0,001557 |
| 17 | 0,000491 | 0,002477 | 0,00019 | 0,001561 |
| 18 | 0,000427 | 0,002446 | 0,000168 | 0,001564 |
| 19 | 0,000374 | 0,002416 | 0,00015 | 0,001566 |
| 20 | 0,00033 | 0,002387 | 0,000134 | 0,001568 |

Застосування біортогональних розкладів. В роботі побудовані квазіспектральні поліноми та повні біортогональні системи, досліджено їх властивості. На базі оператора інтегрування $L: L_{2,\rho}[-1,1] \rightarrow L_{2,\rho}[-1,1]$ з ваговою функцією $\rho = 1/\sqrt{1-x^2}$, який для $f \in L_{2,\rho}[-1,1]$ ставить у відповідність вираз

$$Lf(x) = \int_{-1}^x dx_1 \int_{-1}^{x_1} f(x_2) dx_2 = \int_{-1}^x (x-x_1) f(x_1) dx_1.$$

на елементах базису із модифікованих поліномів Чебишова першого роду запропоновано оператор, на основі якого побудовані квазіортогональні та біортогональні бази:

$$\begin{aligned} U_{2j}^n(x) &= \sum_{i=1}^s c_{2i} \tilde{T}_{2i}(x), \quad U_{2j-1}^{n-1}(x) = \sum_{i=1}^s c_{2i-1} \tilde{T}_{2i-1}(x), \quad \bar{U}_{2j}^n(x) = \sum_{i=1}^s \bar{c}_{2i} T_{2i}(x), \\ \bar{U}_{2j-1}^{n-1}(x) &= \sum_{i=1}^s \bar{c}_{2i-1} T_{2i-1}(x), \quad V_{2i-1}^{n+1}(x) = \int_{-1}^x U_{2j}^n(x_1) dx_1, \quad V_{2i}^n(x) = \int_{-1}^x U_{2j-1}^{n-1}(x_1) dx_1, \\ \bar{V}_{2i-1}^{n+1}(x) &= -\sqrt{1-x^2} \int_{-1}^x \frac{\bar{U}_{2j}^n(x_1)}{\sqrt{1-x_1^2}} dx_1, \quad \bar{V}_{2i}^n(x) = -\sqrt{1-x^2} \int_{-1}^x \frac{\bar{U}_{2j-1}^{n-1}(x_1)}{\sqrt{1-x_1^2}} dx_1. \end{aligned}$$

Однією з основних переваг застосування біортогональних базисів є те, що якщо за одним базисом біортогональних функцій відповідний ряд є повільно збіжним, то за іншим - швидкозбіжним. На сьогодні є небагато праць, присвячених їх дослідженню, а особливо практичному використанню. Це, в основному, викликано тим, що побудова біортогональних базисів пов'язана зі значними обчислювальними труднощами і вони недостатньо вивчені.

Побудовані біортогональні многочлени використані як для апроксимації цифрової інформації, так і для розв'язування наступної крайової задачі:

знайти розподіл функції $f(x,t)$ для довільного часу $t, t > 0$, на проміжку $x \in [-1,1]$, який задовольняє рівняння

$$\frac{\partial^2 f(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2} \frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = 0,$$

за наступних крайових умов:

$$f(x,0) = 0,$$

$$f(-1,t) = \sqrt{\pi} / (a\sqrt{t}), \quad f(1,t) = \sqrt{\pi} e^{-\frac{t^2}{4a^2 t}} / (a\sqrt{t}).$$

Знайдений розв'язок задачі записується у вигляді

$$\begin{aligned} \tilde{F}_{n+1}(x,t) &= \sum_{\bar{i}=0}^1 \sum_{i=1}^s (-1)^{\bar{i}} \frac{\pi^{\frac{3}{2}} \bar{c}_{1+\bar{i}}^{2i-1+\bar{i}}}{2^{2\bar{i}+1} \sqrt{\lambda_{2i-1+\bar{i}}^n} N_{2i-\bar{i}}^n} \exp\left(-\frac{a^2}{\lambda_{2i-1+\bar{i}}^n} t\right) \times \\ &\times \left(V_{2i-\bar{i}}^{n+\bar{i}}(x) + (-1)^{\bar{i}} V_{2i-1+\bar{i}}^n T'_{n+1+\bar{i}}(x) \right) \int_0^{\frac{a}{\sqrt{\lambda_{2i-1+\bar{i}}^n}} \sqrt{t}} e^{q^2} dq. \end{aligned}$$

Обчислювальний експеримент проводився при $n=8$, $a=0,5$ з точністю обчислень 10^{-8} . Результати подані у таблиці.

Таблиця 2

| | $t=0,5$ | $t=1$ | $t=10$ | $t=100$ | $t=500$ |
|---------------------------|---------|-------|--------|---------|---------|
| $f(-1,t)$ | 5,013 | 3,545 | 1,121 | 0,354 | 0,159 |
| $\tilde{F}_{n+1}(-1,t)$ | 5,012 | 3,547 | 1,121 | ,355 | ,159 |
| $\tilde{F}_{n+1}(-0.4,t)$ | 2,441 | 2,473 | ,860 | ,250 | ,111 |
| $\tilde{F}_{n+1}(0,t)$ | ,677 | 1,304 | ,643 | ,179 | ,079 |
| $\tilde{F}_{n+1}(0.4,t)$ | ,101 | ,495 | ,398 | ,108 | ,048 |
| $\tilde{F}_{n+1}(1,t)$ | -,012 | ,001 | -,0001 | -,0003 | -,0003 |

Висновки. Отримані теоретичні та числові результати підтверджують ефективність застосування узагальнених многочленів Чебишева-Лагерра та побудованих біортогональних базисів для розв'язування крайових задач та задач апроксимації функцій. Зокрема, використання біортогональних базисів дозволяють проводити безумовну регуляризацию некоректних задач.

Список літератури

- [1] Я.Д.П'янило, В.Г.Собко Побудова та дослідження біортогональних поліномів на базі многочленів Чебишева . – Прикл. проблеми мех. і мат. – 2013.-Вип. 11.- С. 181-189.
- [2] Ярослав П'янило, Марія Васюник, Іван Васюник Використання многочленів Лагерра до спектрального методу розв'язування рівнянь у дробових похідних за часом // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2013. – Вип.17. – С. 163-167.
- [3] Диткин В. А., Прудников А. П. Операционное исчисление. — Москва: Высшая школа, 1975. — 407 с.
- [4] Диткин В. А., Прудников А. П. Справочник по операционному исчислению. — Москва: Высшая школа, 1965. — 466 с.

**ПОКРАЩЕННЯ НАВИЧОК ГАНДБОЛІСТІВ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ**
Світлана НЕЗГОДА¹, Вероніка ДМИТРУК^{1,2}, Адріан Торський²

¹ Національний університет «Львівська політехніка»,

² Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я. С. Підстригача

НАН України

Постановка проблеми. Формування професійних навичок гандболістів здійснюється протягом, приблизно, восьми років [1]. Нашою метою є розробка стратегії освіти для гандболістів тривалістю у 12 років. Запропоновано додати до класичних двох циклів гандбольної освіти третій цикл, знизивши вік перших тренувань з гандболу з подальшою корекцією навчальних цілей наступних циклів. Збільшуючи кількість годин для тренувань, додаючи третій цикл, ми покращуємо якість конкретних навичок гандболістів.

Мета дослідження. Мета дослідження – ідея продовження терміну підготовки дітей та молодих гандболістів на чотирирічний цикл, знизивши вік вступу до першого циклу - організованого тренування, а також ідея змінити навчальні цілі кожного з подальших тренувальних циклів.

Результати дослідження та їх обговорення. Темп гри в гандболі досяг надзвичайно високої швидкості, головним чином за рахунок гравців з високою продуктивністю (тут мається на увазі кількість реалізованих нападів). В результаті такої акселерації, у гандболі з'явилися нові техніки [2], розширився арсенал в індивідуальній та колективній тактиці [3], а шляхи вирішення різних ігрових ситуацій стали різноманітнішими. Всі перераховані складові мають важливі наслідки для методики навчання, починаючи з початкового рівня та закінчуючи професіоналами [4].

Технології планування навчально-тренувального процесу на різних етапах багаторічної спортивної підготовки присвячено багато досліджень вчених з різних наукових дисциплін. Теоретичні основи викладені в наукових працях О. Іващенко, Л. Матвєєва, Н. Озоліна, О. Худолія та інших авторів [5]. Для гандболістів традиційна система підготовки передбачає восьмирічний термін підготовки дітей та юніорів [6]. Цей період поділяється на два цикли, по чотири роки кожен. Перший період, який починається в 11 років і закінчується в 14, називається «навчально-тренувальним» (Табл.1). Навчально-тренувальний період має наступні цілі:

- забезпечення загального фізичного тренування з розвиненням показників моторних якостей, які є передумовою для майбутнього професійного розвитку;
- вивчення основних прийомів гри в гандбол;
- отримання глибоких знань про індивідуальну тактику.

Таблиця 1.

| Кількість тренувань, що відбуваються протягом 1 циклу 8-річного періоду тренувань (за класичною схемою) | | |
|--|--|----------------------|
| 1 півцикл: 2 роки | 45 тижнів x 3 тренування x 1,5 години | 405 навчальних годин |
| 2 півцикл: 2 роки | 45 тижнів x 3 тренування x 2 години | 540 навчальних годин |
| | | Всього: 945 год. |

Другий етап навчання, який починається у віці 15 років і закінчується у віці 18 років, був названий періодом «спортивного удосконалення» [6].

Період спортивного удосконалення має наступні цілі (Табл. 2):

- безперервне вдосконалення фізичної підготовки, зосередження на конкретних фізичних якостях;

- поглиблення позиційної спеціалізації;

- побудова інтеграційних можливостей в грі;

- вивчення стратегії гри.

Один із найважливіших способів, за допомогою яких можна змінити методику тренувань для гандболу, – зміна обсягу тренувань, яку можна реалізувати двома шляхами: або збільшивши кількість навчальних годин або продовживши тривалість навчання. Обрано обидва напрямки. Отже, у традиційному навчальному періоді було додано чотирирічний цикл, щоб перший контакт з організованими тренуваннями припадав на вік 7 років (Таблиця 3).

Цей цикл названо «загальна підготовка».

Таблиця 2.

| Кількість тренувань, що відбуваються протягом 2 циклу 8-річного періоду тренувань (за класичною схемою) | | |
|--|--|----------------------|
| 1 півцикл: 2 роки | 48 тижнів x 4 тренування x 2 години | 768 навчальних годин |
| 2 півцикл: 2 роки | 48 тижнів x 5 тренувань x 2 години | 960 навчальних годин |
| | | Всього: 1728 год. |

Діти в цей час повинні брати участь у тренуваннях з низькою інтенсивністю, оскільки вони не можуть приймати участь у тренуваннях, в яких фізичні та психічні навантаження дуже інтенсивні. Навчальні програми мають зосереджуватися на загальних засадах фізичного розвитку без особливих спортивних показників.

Основні принципи для реалізації навчальних програм:

- підготовка базових навичок за допомогою засобів, що включають біг, стрибки, паси, кидки, тощо;

- приділення більшого часу різним руховим іграм;
- виховання моторних якостей з акцентом на координації та швидкості;
- спрощення правил гри, полегшення їх розуміння;
- підкреслення розважального характеру спортивних заходів.

Цикл 2 – «спортивне формування».

Під час циклу спортивного формування поступово збільшується інтенсивність вправ. У даному періоді існують варіації індивідуальних показників через виникнення пубертатного періоду. У курсі акцентується увага на розвиток рухових навичок та якостей, а не спортивних характеристик.

Основними ознаками періоду спортивного формування є:

- поступове збільшення обсягу та інтенсивності навантажень;
- консолідація базових навичок, отриманих у першому циклі;
- участь у змаганнях, але без цільових показників;
- введення загальних силових вправ, особливо для поперекового і черевного відділів;
- введення в тренування більш складних прийомів;
- структурування змагань з метою досягнення цілей навчання та підвищення кваліфікації.

Цикл 3 – «спеціалізована підготовка».

У цьому віці спортсмени можуть бути допущеними до більш складних тренувань та змагань. У даному циклі найважливіші зміни відбуваються на практиці. Тренер може перейти від "навчання" до "реалізації".

Таблиця 3.

| Кількість тренувань, що відбуваються протягом запропонованого 10-річного періоду тренувань (3 цикли) | | |
|--|--|----------------------|
| 1 цикл: 4 роки | 40 тижнів x 3 тренування x 1,5 години | 720 навчальних годин |
| 2 цикл: а) 1 півцикл: 2 роки | 40 тижнів x 3 тренування x 1,5 години | 360 навчальних годин |
| б) 2 півцикл: 2 роки | 45 тижнів x 3 тренування x 2 години | 540 навчальних годин |
| 3 цикл: а) 1 півцикл: 2 роки | 48 тижнів x 4 тренування x 2 години | 768 навчальних годин |
| б) 2 півцикл: 2 роки | 48 тижнів x 5 тренувань x 2 години | 960 навчальних годин |
| | | Всього: 2988 год. |

Для цього періоду характерні:

- перевірка прогресивного покращення рухових якостей, необхідних в гандболі;

- зростання кількості конкретних прийомів;
- збільшення обсягу та інтенсивності тренування;
- збільшення важливості спеціальної фізичної підготовки;
- елементи вдосконалення та автоматизації технічних прийомів, особливо в умовах несприятливості;
- вдосконалення індивідуальної та колективної тактики;
- орієнтація на спеціалізацію та позиціонування;
- поступове збільшення кількості та важливості змагань;
- формування мотивації [7].

Висновки. Аналіз наукових досліджень, програмних документів та практичного досвіду свідчить про різні підходи у плануванні тренувальних та змагальних навантажень у спортивних іграх. Більшість сучасних методичних рекомендацій ґрунтується на теорії періодизації багаторічної підготовки гандболістів, основою якої є закономірності спортивної підготовки та вікового розвитку спортсменів, рівня їхнього біологічного та психічного розвитку. Тільки коли зовнішні фактори (тренувальні і змагальні навантаження) співпадуть з внутрішнім фактором (біологічним та психічним розвитком), утворюючи при цьому єдність впливу, досягається високий індивідуальний спортивний результат [8]. Запропоноване в даній роботі удосконалення підготовки гандболістів реалізується, по-перше, шляхом зростання часу підготовки гандболістів з 8 років до 12 років. По-друге, збільшенням тривалості циклів тренувань з 2673 до 2988 годин. У результаті час навчання для гандболістів збільшується на чотири роки і на 315 години.

Старт запропонованої пришвидшеної початкової спортивної підготовки припадає на препубертатний період. Тому цілком природно, що цей етап потребує не тільки відповідних засобів та методів, але й форм організації навчально-тренувального процесу.

Список літератури

1. Гандбол: Навчальна програма для дитячо-юнацьких спортивних шкіл, спеціалізованих дитячо-юнацьких шкіл олімпійського резерву, шкіл вищої спортивної майстерності. – К., 2003. – 150 с.
2. Незгода С. Модель гравця сучасної жіночої гандбольної команди вищої спортивної майстерності / С. Незгода, В. Дмитрук, Л. Кіт // Технології у фізичному вихованні і спорті, 2017. – С. 43-46.
3. Незгода С. П. Аналіз змін техніко-тактичних дій в нападі в сучасному жіночому гандболі / С. П. Незгода, В. А. Дмитрук // Моделювання та інформаційні технології у фізичному вихованні і спорті : матер. XII міжнар. наук. конф. – Львів : ЛДУФК, 2016. - С. 18-21.
4. Тищенко В. О. Динаміка показників спеціальної фізичної підготовленості кваліфікованих гандболісток / В. О. Тищенко // Вісник Чернігівського нац. пед. ун-ту ім. Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. – 2011. - № 91. - С. 18-21.

5. Худолій О.М. Моделювання процесу навчання та розвитку рухових здібностей у дітей і підлітків: Монографія / О.М. Худолій, О.В. Іващенко // Харків : “ОВС”, 2014. – 320 с.

6. Гандбол / Л. А. Латышкевич, И. Е. Турчин, Л. О. Малевич : Под ред. Л. А. Латышкевича. – К. : Вища шк., 1988. – 198 с.

7. Сидорук В.В. Моделювання мотиваційних ситуацій у спорті вищих досягнень / В.В. Сидорук, А.П. Власов, В.В. Лукашук // Теорія та методика фізичного виховання. - 2012. - № 3. – С. 46-50.

8. Павлова Т. Особливості планування тренувальних та змагальних навантажень в ігрових видах спорту / Т. Павлова // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2006. - № 2. – С. 15-20.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| <i>Ярослав П'ЯНИЛО, Анатолій ЛОПАТЬЄВ, Андрій ВЛАСОВ, Галина П'ЯНИЛО, Андрій ДЕМІЧКОВСЬКИЙ</i> Основні підходи до аналізу числових рядів | 4 |
| <i>Ярослав П'ЯНИЛО, Анатолій ЛОПАТЬЄВ, Андрій ВЛАСОВ, Галина П'ЯНИЛО, Олена ГАПКА</i> Методи встановлення прихованих періодичностей для процесів притаманних спортивній діяльності | 10 |
| <i>Ігор ЗАНЕВСЬКИЙ</i> Механіко–математичне моделювання системи «Стрілець – лук» | 16 |
| <i>Ольга ІВАЩЕНКО, Олег ХУДОЛІЙ, Володимир ПРИХОДЬКО, Мирослава ЦЕСЛИЦЬКА</i> Координаційні здібності: структурні особливості розвитку у дівчат 5-7 класів..... | 18 |
| <i>Ольга ІВАЩЕНКО, Олег ХУДОЛІЙ, Сергій ЄРМАКОВ, Вікторія ВЕРЕМЕЄНКО, Анатолій ЛОПАТЬЄВ</i> Дискримінантний аналіз: розпізнання рівня розвитку силових здібностей у дівчат 12-14 років | 26 |
| <i>Олександр КАЛИНІЧЕНКО</i> Скерування уваги на контроль тонуся скелетних м'язів як засіб профілактики порушень рухових навичок на прикладі стрілецьких видів спорту..... | 31 |
| <i>Мирослав ДЕМИДЮК, Богдан ЛИТВИН</i> Моделювання ходи людини з електромеханічним екзоскелетом..... | 36 |
| <i>Ольга ТЕРЕНДІЙ</i> Інформаційна технологія отримання та аналізу даних для прийняття діагностичних рішень..... | 44 |
| <i>Валентина СОБКО, Олег БРАТАШ, Оксана ІЛЬКІВ</i> Використання ортогональних та біортогональних розкладів в прикладних задачах | 48 |
| <i>Світлана НЕЗГОДА, Вероніка ДМИТРУК, Адріан ТОРСЬКИЙ</i> Покращення навичок гандболістів шляхом удосконалення тренувальної програми | 53 |

Наукове видання

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ ТА СПОРТІ**

Збірник матеріалів
XIV Міжнародної наукової конференції

Видається у авторській редакції

Підписано до друку 21.12.2018.
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Умовн. друк. арк. 3,49. Обл.-вид. арк. 3,17.
Наклад 100 прим.

Видавець: ТзОВ «Растр-7»
79005, м. Львів, вул. Кн. Романа, 9/1
тел./факс. 032 235 52 05, 235 72 13
e-mail: rastr.sim@gmail.com www.rastr-7.com.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ЛВ № 22 від 19.11.2002 р.

ПАСТP·7

ISBN 978-617-7726-41-7



9 786177 726417