

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІКИ
ПОПЕРЕМІННОГО ДВОКРОКОВОГО
ХОДУ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ
ЛИЖНИКІВ З ПОРУШЕННЯМИ СЛУХУ



*Хуртик Дмитро, Хмельницька Ірина,
Смірнова Зоя*

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Аннотація

В статті представлені результати моделювання с допомогою нейронних мереж техніки поперемінного двухшажного ходу спортсменів с депривацией слуха, спеціалізуються в лыжных гонках. В исследовании приняли участие 9 спортсменов национальной дефлимпийской команды Украины по лыжным гонкам. На основе разработанной оптимальной модели техники получены значения модельных кинематических характеристик двигательных действий, от которых зависит результирующая скорость высококвалифицированного лыжника с нарушениями слуха.

Ключевые слова: моделирование, лыжник, нарушение слуха, нейронные сети.

Annotation

The article presents the results of the modeling of diagonal stride technique of athletes with the deprivation of hearing, specializing in cross-country skiing, using the neural networks. 9 athletes of the National Deaflympic team of Ukraine participated in the research. The values of model kinematic characteristics of motor actions, which the result velocity of highly skilled skier with hearing impairments depend on, were defined basing on the developed optimal model of technique.

Key words: modeling, skier, hearing impairments, neural networks.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біомеханічне моделювання техніки спортивних рухів є одним із найперспективніших методів при вдосконаленні технічної підготовленості спортсменів. Метод моделювання ефективно використовується в практиці різних видів спорту для вдосконалення технічної майстерності, а моделі техніки рухових дій спортсменів різної кваліфікації займають вагоме місце у спортивній науці.

Моделювання спортивної техніки є важливим фактором, що визначає спортивний результат. Так, наприклад, В.І. Бобровником (2007) розроблено технологію оперативного біомеханічного моделювання техніки легкоатлетичних змагальних стрибків. Автором С.І. Крупеня (2012) представлені моделі техніки опорних стрибків гімнасток на змінній конструкції снаряду «стрибковий стіл».

У сучасній науці для вирішення проблем, пов'язаних з моделюванням техніки рухів спортсмена, використовуються ідеї на стику різних галузей знань: біомеханіки рухових дій і систем штучного інтелекту – нейронних мереж. Нейронні мережі наразі вважаються найбільш перспективним засобом моделювання [3]. Вперше нейронні мережі для потреб



спорту на пострадянському просторі застосував М.П. Шестаков для моделювання рухових навичок у ковзанярському спорті [1]. Останнім часом нейронні мережі все частіше використовуються з метою моделювання техніки рухових дій у різних видах спорту, в тому числі в плаванні [9], в стрільбі з лука [1], в легкоатлетичних дисциплінах: метанні списа [7], штовханні ядра [8], а також для вирішення загальних завдань для опису спортивних рухів [4].

В лижному спорті також проводяться дослідження, пов'язані з аналізом техніки поперемінного двокрокового ходу, оскільки постійно вдосконалюється інвентар, підготовка трас, з'явилася нова дисципліна «Спринт». Так, В.И. Колихматов та Н.А. Щелканов провели порівняльний аналіз параметрів техніки на традиційних змагальних дистанціях (10-15 км) та в спринті. У результаті дослідження виявлено, що техніка поперемінного двокрокового ходу пересування на лижах в спринті характеризується відносно короткими рухами з обмеженою амплітудою в умовах значного збільшення швидкості та темпу [2]. Водночас узагальнення, аналіз і оцінка даних спеціальної науково-методичної літератури та даних мережі Інтернет свідчать про те, що питання вдосконалення техніки пересування на лижах висококваліфікованих лижників-гонщиків з порушеннями слуху вивчені недостатньо, зокрема відсутні моделі техніки їх рухових дій. [1]. Вищенаведене пояснює актуальність обраного напрямку дослідження, пов'язаного з необхідністю вирішення проблеми, що представляє істотне теоретичне і практичне значення для вдосконалення системи спортивної підготовки лижників з вадами слуху.

Мета дослідження: розробити нейромережеві моделі кінематичної структури техніки поперемінного двокрокового ходу висококваліфікованих лижників з

порушеннями слуху.

Методи дослідження: узагальнення й аналіз спеціальної науково-методичної літератури; відеозйомка; біомеханічний відеокomp'ютерний аналіз; комп'ютерне моделювання з використанням нейронних мереж; методи математичної статистики.

У дослідженні взяли участь 9 висококваліфікованих лижників-гонщиків з порушеннями слуху, які є членами національної дефлімпійської команди України з лижних перегонів.

Для відеореєстрації рухових дій спортсмена використовувалася відеокамера Sony. Зйомка проводилася із частотою 30 кадрів•с⁻¹. Відеокамера встановлювалася навпроти лижні на такій відстані, при якій лижник-гонщик проходив дистанцію 15 м.

Результати дослідження. Для біомеханічного аналізу техніки рухових дій висококваліфікованого лижника з порушеннями слуху при виконанні поперемінного двокрокового лижного ходу використовувалася автоматизована відеокomp'ютерна система зі спеціалізованим програмним забезпеченням «BioVideo», яке розроблено на кафедрі кінезіології Національного університету фізичного виховання та спорту

України. Програмне забезпечення «BioVideo» включає чотири модулі: 1) модуль конструювання моделей опорно-рухового апарату (ОРА) людини (як модель ОРА використовувався 14-сегментний розгалужений біокінематичний ланцюг, координати ланок якого за геометричними характеристиками відповідають координатам положення у просторі біоланок тіла людини, а точки відліку – координатам центрів основних суглобів); модуль дозволяє створювати багатоланкові моделі ОРА, що містять до 100 точок відліку; 2) модуль визначення координат точок відносно соматичної системи відліку; 3) модуль розрахунку біомеханічних характеристик рухової дії за координатами моделі ОРА людини; програмні можливості модуля дозволяють розраховувати локалізацію центрів мас (ЦМ) біоланок і загального центра мас (ЗЦМ) тіла людини; 4) модуль побудови біокінематичної схеми (БКС) тіла людини за відеограмою рухових дій з визначенням траєкторій руху центрів суглобів, ЦМ біоланок і ЗЦМ тіла людини.

Для аналізу поперемінного двокрокового класичного лижного ходу ми використовували загальноприйняту модель раціо-

Таблиця 1

Нейронні мережі техніки поперемінного двокрокового ходу висококваліфікованих лижників з порушеннями слуху

№	Назва мережі	Тренувальна ефективність	Тестова ефективність	Надійність ефективності	Тренувальна помилка	Тестова помилка	Вірогідність помилки
1	MLP 31-11-1	0,9210	0,3457	0,9859	0,0015	0,0068	0,0035
2	MLP 31-13-1	0,9245	0,4016	0,9910	0,0025	0,0051	0,0045
3	MLP 31-20-1	0,9170	0,4425	0,9905	0,0036	0,0049	0,0047
4	MLP 31-7-1	0,9300	0,4100	0,9905	0,0023	0,0051	0,0040
5	MLP 31-23-1	0,9076	0,5068	0,9898	0,0015	0,0068	0,0024
6	MLP 31-8-1	0,9276	0,4122	0,9858	0,0019	0,0055	0,0035
7	MLP 31-22-1	0,9250	0,4088	0,9873	0,0019	0,0057	0,0033



Таблиця 2

**Експериментальні та модельні біомеханічні
характеристики поперемінного двокрокового ходу
висококваліфікованих лижників з порушеннями слуху**

Біомеханічна характеристика	Експериментальна		Модельна	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
Результуюча швидкість ЦМ біоланки передпліччя праве в п'ятій фазі, м•с ⁻¹	5,32	0,91	6,54	0,89
Горизонтальна швидкість ЦМ біоланки стопа ліва в першій фазі, м•с ⁻¹	6,27	0,37	7,12	0,56
Горизонтальна швидкість ЦМ біоланки стопа ліва в другій фазі, м•с ⁻¹	6,11	0,35	7,25	0,78
Вертикальна швидкість ЗМЦ спортсмена в другій фазі, м•с ⁻¹	0,52	0,14	0,74	0,12
Вертикальна швидкість ЦМ біоланки гомілка права в першій фазі, м•с ⁻¹	-0,25	0,71	0,63	0,43
Кут у лівому колінному суглобі в момент зупинки лівої лижі, град	123,3	20,5	144,0	12,6
Кут правого тазостегнового суглоба в момент початку розгинання лівої ноги в колінному суглобі, град	109,6	7,7	122,0	7,2
Кут правого тазостегнового суглоба в момент відриву лівої лижі, град	112,1	7,1	122,0	6,1
Кут лівого гомілко-ступневого суглоба в момент відриву правої лижі від снігу, град	112,9	7,5	139,0	6,1
Кут правого ліктвенового суглоба в момент постановки правої лижної палки на сніг, град	103,3	12,5	124,0	8,1
Вертикальна швидкість ЦМ біоланки кисть права (лижна палка) в другій фазі, м•с ⁻¹	1,76	0,23	2,21	0,28
Горизонтальна швидкість ковзаючого кроку, м•с ⁻¹	7,09	0,12	7,27	0,11
Час другої фази, с	0,20	0,02	0,25	0,03

нальної техніки за Д.Д. Донським і Х.Х. Гроссом. Згідно з цією моделлю ковзаючий крок лижного ходу складається з двох періодів: періоду ковзання лижі і періоду стояння лижі, під час якого виконується відштовхування. Період ковзання лижі поділяється на 3 етапи: I – вільний одноопорне ковзання на лівій лижі, II – ковзання з випрямленням опорної (лівої) ноги в колінному суглобі, III – ковзання з підсіданням на

лівій носі. Період стояння лижі, в свою чергу, поділяється на 2 фази: відповідно на IV фазу – випад правою ногою з підсіданням на лівій носі і V фазу – відштовхування з випрямленням поштовхової (лівої) ноги [5].

Отримані у результаті біомеханічного відеокomp'ютерного аналізу кінематичні характеристики поперемінного двокрокового ходу висококваліфікованих лижників з порушеннями слуху

були використані для розробки моделі результуючої швидкості ЗЦМ спортсмена в циклі даного лижного ходу. В результаті проведеного математичного моделювання з використанням програми Statistica 10.0 (StatSoft, США) ми отримали сім нейронних мереж (табл. 1).

Усі створені нейронні мережі техніки пересування поперемінним двокроковим ходом висококваліфікованими спортсменами з вадами слуху, які спеціалізуються в лижних гонках, мають тип багаточарового персептрона (MLP). В цьому випадку кожний елемент мережі будує зважену суму своїх входів з поправкою у вигляді доданку, а далі пропускає розраховане значення через функцію передачі [1]. Також в назві мережі вказано кількість прихованих елементів мережі, де проходить аналіз та взаємозв'язок всіх входних даних між собою. При моделюванні за допомогою нейронної мережі ми направляли на персептрон входні дані (кінематичні характеристики поперемінного двокрокового ходу) в загальній кількості 31 показник, а на вихід – результуючу швидкість ЗЦМ спортсмена в циклі даного ходу. Надалі відбувається навчання мережі, що полягає в налаштуванні моделі до введених даних на вході та виході. В таблиці 1 представлені отримані нейронні мережі, які відрізняються кількістю прихованих елементів. Потрібно відзначити, що кожна із семи побудованих мереж має також високу надійність ефективності в межах від 0,9858 до 0,9910.

У результаті аналізу отриманих мереж ми обрали для подальшого опрацювання мережу MLP 31-23-1 як оптимальну, оскільки ця мережа має найменшу помилку. Обрана мережа слугуватиме для подальшого вдосконалення кінематичних характеристик техніки поперемінного двокрокового ходу висококваліфікованих лижників з порушеннями слуху.



Отримані за допомогою розробленої оптимальної моделі основні показники техніки поперемінного двокрокового ходу, від яких залежить результуюча швидкість ЗЦМ тіла лижника з вадами слуху в циклі, наведено в таблиці 2.

Висновки:

1. Моделювання техніки рухів висококваліфікованих лижників-гонщиків з порушеннями слуху належить до актуальних проблем дефлімпійського спорту.

2. Грунтуючись на результатах біомеханічного аналізу техніки рухових дій висококваліфікованих лижників-гонщиків з порушеннями слуху, розроблено оптимальну модель поперемінного двокрокового ходу за допомогою нейронних мереж.

Перспективи подальших досліджень полягають у використанні отриманої моделі для вдосконалення технічної майстерності висококваліфікованих лижників-гонщиків з вадами слуху.

Література

1. Виноградський Б.А. Моделювання складних біомеханічних систем і його реалізація в спорті. – Львів: ЗУКЦ, 2007. – 284 с.
2. Колыхматов В.И. Отличительные особенности лыжного спринта от традиционных соревнований по лыжным гонкам / В.И. Колыхматов, Н.А. Щелканов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта, 2014. – № 7. – С. 91-95.
3. Кривецкий И.Ю. Возможности применения технологии нейро-нечетких сетей в некоторых видах спорта / И.Ю. Кривецкий, Г.И. Попов // Информатика и системы управления, 2013. - № 4. – С. 80-87.
4. Кривецкий И.Ю. Моделирование техники тройного прыжка с использованием технологии нейронечетких сетей / И.Ю. Кривецкий, Г.И. Попов, А.Л. Оганджанов // Вестник спортивной науки, 2014. – № 1. – С. 6-9.
5. Хуртик Д. Кинематические характеристики техники передвижения высококвалифицированных лыжников-гонщиков с нарушениями слуха / Д. Хуртик // Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2013. – № 11. – С. 83-87.
6. Шестаков М. Управление технической подготовкой в легкой атлетике на основе компьютерного моделирования / М. Шестаков // Наука в олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 187-196.
7. Maier K. D., Wank V., Bartonietz K., Blickham R. Neural networks based models of javelin flight: prediction of flight distances and optimal release parameters // Sport Engineering. – 2000. – Vol. 3. – № 1. – P. 57-63.
8. Maier K. D., Maier P., Wagner H., Blickham R. Neural network modelling in sport biomechanics based on the example of shot-put flight // XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports, June 25-30, Hong-Kong. Proceedings. – 2000. – P. 26-29.
9. The use of neural networks technology to model swimming performance / A. J. Silva, A. M. Costa, P. M. Oliveira [et al.] // Journal of Sports Science and Medicine. – 2007. – Vol. 6. – P. 117-125.

