

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ

УДК/UDC 796.012.37

Поступила в редакцию 01.07.2024 г.



Информация для связи с автором:  
novik-nat@mail.ru

Кандидат педагогических наук **Н.Б. Новикова**<sup>1</sup>

**А.Н. Новиков**<sup>2</sup>

**И.Г. Иванова**<sup>1</sup>

**А.Н. Белёва**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург

## APPLICATION OF COMPUTER VISION METHODS IN IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRAINING PROCESS MANAGEMENT FOR CROSS-COUNTRY SKIERS

PhD **N.B. Novikova**<sup>1</sup>

**A.N. Novikov**<sup>2</sup>

**I.G. Ivanova**<sup>1</sup>

**A.N. Belyova**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg scientific-research institute for physical culture, St. Petersburg

<sup>2</sup>ITMO University, St. Petersburg

### Аннотация

**Цель исследования** – экспериментально обосновать применение метода компьютерного зрения в повышении эффективности управления тренировочным процессом лыжников-гонщиков.

**Методика и организация исследования.** Анализ видеозаписей передвижения спортсменов коньковым ходом на лыжероллерах с максимальной скоростью выполнялся в специально созданной компьютерной программе, включающей систему распознавания движения спортсменов на основе нейронной сети Alpha Pose.

**Результаты исследования и выводы.** Разработанная компьютерная программа позволяет с достаточной точностью распознавать видеозаписи лыжников-гонщиков, выполненные в условиях тренировочной и соревновательной деятельности, визуализировать динамику угловых характеристик и угловых скоростей движения в суставах, а также строить видеограммы в автоматическом режиме. Полученные данные позволяют оценивать эффективность техники лыжного хода и выявлять технические ошибки, которые сложно заметить при использовании традиционных методов анализа техники.

**Ключевые слова:** лыжники-гонщики высокой квалификации, техническая подготовка, техника одновременного одношажного конькового хода, нейронная сеть, методы компьютерного зрения, научно-методическое обеспечение, видеоанализ спортивных движений.

### Abstract

**Objective of the study** was to experimentally substantiate the use of the computer vision method in increasing the efficiency of managing the training process of cross-country skiers.

**Methods and structure of the study.** The analysis of video recordings of athletes skating on roller skis at maximum speed was performed in a specially created computer program, including a system for recognizing athletes' movements based on the Alpha Pose neural network.

**Results and conclusions.** The developed computer program allows to recognize with sufficient accuracy video recordings of ski racers, made in conditions of training and competitive activity, to visualize the dynamics of angular characteristics and angular velocities of movement in joints, and also to build videograms in automatic mode. The obtained data allow to evaluate the efficiency of skiing technique and to identify technical errors, which are difficult to notice when using traditional methods of technique analysis.

**Keywords:** highly skilled cross-country skiers, technical training, technique of simultaneous one-step skating, neural network, computer vision methods, scientific and methodological support, video analysis of sports movements.

**Введение.** Результативность лыжников-гонщиков высокого класса во многом зависит от точности тренировочных воздействий и своевременного контроля физической и технической подготовки. Основными проблемами педагогического контроля в лыжных гонках являются недостаток объективных показателей специальной подготовленности, обусловленный изменчивостью условий тренировочной и соревновательной деятельности и недостаток современных технологий и инструментальных методик.

Одним из актуальных направлений совершенствования научно-методического обеспечения в лыжных гонках является поиск средств и методов тестирования, обеспечивающих

быстрое предоставление тренеру объективной и значимой информации, доступных к использованию в полевых условиях, не влияющих на тренировочный процесс, достаточно дешевых и не требующих импортных расходных материалов.

Ранее было показано, что величины суставных углов в ключевых фазах лыжного хода зависят от проявленного усилия и меняются в результате контролируемого изменения интенсивности передвижения или ненамеренного снижения скорости в результате утомления, что позволяет использовать эти показатели для оценки уровня подготовленности в гонках и на интенсивных тренировках [1]. Существенным недостатком биомеханических методов исследования является трудо-

емкость обработки видеозаписей, так как даже в продвинутых программах видеоанализа аннотация ключевых точек и измерение большинства показателей производится вручную. В настоящее время разрабатываются решения для безмаркерного захвата движений, использующие сложные модели человеческого тела, компьютерное зрение и алгоритмы машинного обучения [2]. Чаще всего для анализа движений применяются системы оптоэлектронных маркеров, но их использование вне помещений ограничено из-за неконтролируемого воздействия факторов окружающей среды, присутствия других людей или недостаточной освещенности. В публикациях немецких ученых описан опыт разработки программ распознавания видеозаписей прыжков на лыжах с трамплина [3], однако в лыжных гонках измерение кинематических характеристик по видеозаписям, выполненным 2D камерами вне помещения до настоящего времени выполнялось вручную.

**Цель исследования** – экспериментально обосновать применение метода компьютерного зрения в повышении эффективности управления тренировочным процессом лыжников-гонщиков.

**Методика и организация исследования.** Все измерения выполнялись в специально созданной компьютерной программе<sup>1</sup>, включающей систему распознавания движения спортсменов на основе нейросети Alpha Pose, расчет величин требуемых суставных углов, построение графиков и кинограмм. Видеосъемка была выполнена неподвижной видеокамерой Sony HDR-CX 730 EV, установленной перпендикулярно направлению движения спортсменов.

Кинематические данные были отфильтрованы при помощи функции сглаживания путем усреднения значений в окне фиксированной длины, которое перемещается по данным. Выбор точек для измерения углов был выполнен в соответствии с традиционными позициями [1].

**Результаты исследования и их обсуждение.** В разработанной компьютерной программе были рассчитаны величины суставных углов в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах в непрерывном цикле одновременного одношажного конькового хода спортсменов сборной команды России при передвижении с максимальной скоростью на лыжероллерах. Время выполнения ускорения на пологом подъеме составляло 18–20 с. Измерения величин суставных углов были визуализированы в виде графиков, примеры которых представлены на рис. 1.

Начало измерений соответствует моменту постановки палок, снижение кривых – подседанию, первый подъем кривых (увеличение углов в коленном и тазобедренном суставах) – отталкиванию. Второй подъем линий соответствует разгибанию ног перед следующей постановкой палок. Полученные графики позволяют оценить согласованность и амплитуду движений в суставах, сравнить продолжительность подседания и отталкивания.

Так, например, спортсмен 3 демонстрирует начало сгибания ног до постановки палок на опору – ошибка, часто проявляющаяся при передвижении с максимальной скоростью, но не выявляемая при измерении угловых характеристик только в ключевых позициях. Наиболее глубокое подседание (снижение кривой угла в колене) определяется у спортсмена 1, однако при этом увеличивается угол в голеностопном суставе (подъем красной линии), что приводит к смещению центра тяжести назад и может препятствовать своевременному переносу веса тела.

<sup>1</sup> Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для автоматического определения биомеханических характеристик техники лыжных ходов по 2D видеозаписям» (СПбНИИФК. SKI-COMPUTER VISION.) № 2024668312 от 06.08.2024.

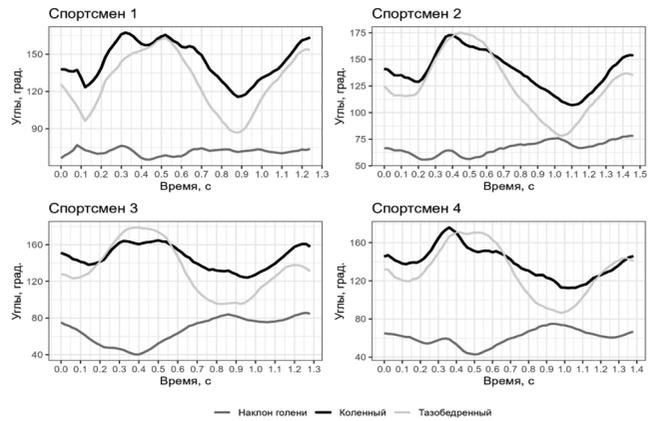


Рис. 1. Примеры графиков динамики показателей угловых характеристик одновременного одношажного хода

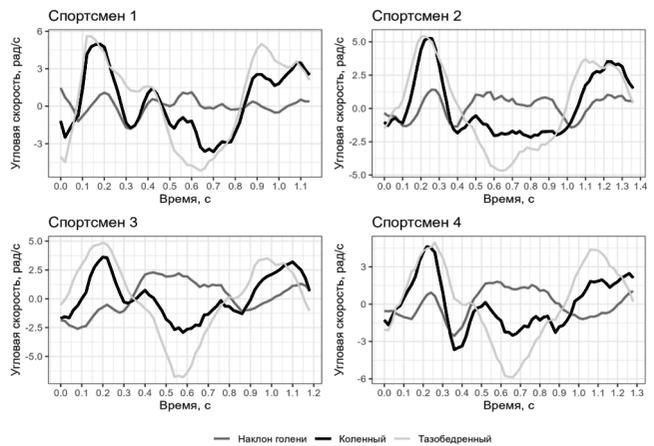


Рис. 2. Примеры графиков динамики угловых скоростей движения в суставах в одновременном одношажном ходе

Эффективность техники лыжников-гонщиков определяется не столько величиной, сколько точностью и своевременностью приложенных усилий с максимальным использованием инерции отталкивания в скользящем шаге. Оценить реальные динамические характеристики отталкивания невозможно без вмешательства в тренировочный процесс, однако измерение непрерывных показателей угловых скоростей движения в суставах может дать существенную информацию о распределении усилий (рис. 2).

Одновременное возрастание скорости разгибания коленного и тазобедренного суставов у спортсменов 2 и 4, по-видимому, свидетельствует о высокой эффективности отталкивания за счет согласованной работы крупных мышечных групп. Рост угловой скорости во время отталкивания спортсмена 3 выражен в меньшей степени. Необходимы дальнейшие исследования для анализа ассоциации градиента угловой скорости отталкивания с поступательной скоростью спортсмена. Рассогласование скоростей разгибания тазобедренного и коленного суставов во время выполнения махового движения также требует внимания и, возможно, корректировки.

Рассмотрение динамики угловых характеристик и угловых скоростей одновременно с анализом кинограмм (рис. 3) мо-



Рис. 3. Пример видеogramмы одновременного одношажного хода, выполненной в автоматическом режиме

жет дать полную картину особенностей техники каждого спортсмена.

**Выводы.** Разработанная компьютерная программа на основе применения метода компьютерного зрения позволяет с достаточной точностью распознавать видеозаписи лыжников-гонщиков, выполненных в условиях тренировочной и соревновательной деятельности, визуализировать динамику угловых характеристик и угловых скоростей движения в суставах, а также строить видеogramмы в автоматическом режиме. Полученные данные позволяют оценивать эффективность техники лыжного хода и выявлять технические ошибки, которые сложно заметить при использовании традиционных методов анализа техники.

К достоинствам метода следует отнести сокращение времени и повышение точности измерений, возможность обработки больших объемов данных и автоматическая визуализация результатов. В использовании разработанной компьютерной программы есть некоторые ограничения, например, повышенные требования к производительности сервера и видеокарты, ОС Linux, невозможность распознавания движений лыжников, двигающихся параллельно в одном видеоряде. Необходимы

дальнейшие исследования для совершенствования методики оценки технической подготовленности при помощи разработанной программы.

#### Литература

1. Новикова Н.Б. Информативность биомеханических критериев в оценке соревновательной эффективности лыжников-гонщиков высокой квалификации / Н.Б. Новикова, И.Г. Иванова, А.Н. Белёва // Теория и практика физической культуры. 2024. № 5. С. 34-37.

#### References

1. Novikova N.B., Ivanova I.G., Belyova A.N. Informativnost biomechanicheskikh kriteriyev v otsenke sorevnovatelnoy effektivnosti lyzhnikov-gonshchikov vysokoy kvalifikatsii [Informativeness of biomechanical criteria in assessing the competitive efficiency of highly qualified cross-country skiers]. Teoriya i praktika fizicheskoy kultury. 2024. No. 5. pp. 34-37.
2. Colyer S.L., Evans M., D.P. Cosker, Salo A. A Review of the Evolution of Vision-Based Motion Analysis and the Integration of Advanced Computer Vision Methods Towards Developing a Markerless System. Sports Med Open. 2018. Vol. 4. No 4 (1). 24 p.
3. Ludwig K., Lienhart R., Muller S., Kreibich S. Optimierung der voll automatischen kontinuierlichen Erkennung der Körperpose und Skiposition von Skispringern in Videoaufnahmen. BISP-Jahrbuch Forschungsförderung. 2021/22. pp. 361-364.

### ИЗ ПОРТФЕЛЯ РЕДАКЦИИ

#### КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АТАКУЮЩИХ ИГРОВЫХ ДЕЙСТВИЙ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ В СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.С. Ефимов<sup>1</sup>

Кандидат педагогических наук, доцент Л.В. Булькина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва

УДК/UDC 796.325

**Ключевые слова:** волейбол, квалифицированные игроки, соревновательная деятельность, атакующие игровые действия, технические приемы игры, статистический анализ игры.

**Цель исследования** – изучить качественные характеристики атакующих игровых действий квалифицированных волейболистов в соревновательной деятельности.

**Методика и организация исследования.** Педагогические наблюдения соревновательной деятельности мужских волейбольных команд Высшей лиги «А» Чемпионата России осуществлялись в течение игрового сезона 2023/2024 гг. Всего было проанализировано 48 игр с участием мужских команд. Полученные результаты позволили определить современные тенденции игровой деятельности квалифицированных команд в волейболе и на этой основе наметить пути дальнейшего их совершенствования с целью достижения максимального итогового результата в чемпионате России высшей лиги «А».

**Результаты исследования и их обсуждение.** Соревновательные действия игроков в нападении позволили установить, что завершение нападающего удара осуществляется из зон № 4, № 3, № 2, а также из глубины площадки (с задней линии). В результате педагогического наблюдения установлено, что у диагональных игроков отмечается наибольшее среднее количество выигранных мячей за матч – 24,2±2,1 очка. Установлено, что доигровщики команд Высшей лиги «А» чемпионата России за матч в среднем выигрывают 17,4±1,4 очка, а блокирующие – 8,7±0,6 очка.

При анализе результативности атакующих действий диагональных, блокирующих и доигровщиков из различных зон нами выявлено, что наибольшей эффективности в атаке достигают игроки, выполняющие функции доигровщиков в зоне

#### QUALITATIVE ANALYSIS OF ATTACKING GAME ACTIONS OF QUALIFIED VOLLEYBALL PLAYERS IN COMPETITIVE ACTIVITIES

A.S. Efimov<sup>1</sup>

PhD, Associate Professor L.V. Bulykina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow

Поступила в редакцию 05.09.2024 г.

№4 и из глубины площадки – 53 и 47%, соответственно. Характерно, что у блокирующих игроков наибольшая эффективность атак отмечается из зоны № 3 – 40%, но при этом показатели ниже, чем у доигровщиков ( $p < 0,05$ ).

У диагональных игроков наибольшая эффективность атак отмечается при выполнении удара из зоны № 2 – 39%, но она также ниже, чем у доигровщиков. Интересным фактом является то, что диагональным часто приходится осуществлять атаку из глубины площадки в сложных игровых эпизодах. Исследования показали, что при таких атаках у диагональных игроков отмечаются низкие показатели эффективности – 28%.

**Выводы.** Анализ атакующих игровых действиях игроков волейбольных команд Высшей лиги «А» в игровом сезоне 2023/2024 гг. показал, что основная нагрузка ложится на диагональных, доигровщиков и блокирующих. Высокая эффективность атакующих действий доигровщиков свидетельствует о том, что квалифицированные игроки этого амплуа по показателям технико-тактической подготовленности превосходят диагональных и блокирующих. Исследование соревновательной деятельности свидетельствует о том, что повышение эффективности атакующих действий у диагональных игроков способствует достижению высоких спортивных результатов в матче, т.к. в игре спортсмены данного амплуа выполняют наибольшее количество нападающих ударов.

#### Литература

1. Волейбол и его разновидности: учебник / под общ. ред. Л.В. Булькиной, В.П. Губы, В.В. Костюкова, А.В. Родина. – М.: Советский спорт, 2024. – 523 с.
2. Губа В.П. Современные векторы российских и зарубежных исследований в области волейбола / В.П. Губа, Л.В. Булькина, П.В. Пустошило, А.В. Родин, А.А. Плешаков // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 9. – С. 6-8.

Информация для связи с автором: chair.volleyball@gtsolifk.ru