



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2026-24-2-62-68>

УДК 796.012:004.9

## ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ДВИГАТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЕТЕЙ

Г. Г. ГРИГОРЬЕВА

*Чурапчинский государственный институт физической культуры и спорта  
(Чурапча, Российская Федерация)*

**Аннотация.** В статье представлена разработанная программно-техническая система, обеспечивающая комплексную мультимодальную оценку двигательных способностей у детей на основе анализа кинематических и динамических характеристик беговых локомоций. Рассмотрен детализированный алгоритм функционирования системы, описывающий этапы ее инициализации и регистрации, обработки мультимодальных данных. Выполнен расчет кинематических и динамических параметров движения, формирования и представления результатов диагностики. Приведена структурная схема системы на основе трехуровневой архитектуры, описаны основные функциональные блоки. Разработанная система реализует сквозной процесс диагностики детей от регистрации биомеханических сигналов до формирования интерпретируемого результата – индивидуального двигательного профиля и итоговой оценки двигательного потенциала по трехбалльной шкале. Полученные результаты позволят повысить точность и достоверность процесса раннего выявления двигательно одаренных детей с разработкой индивидуальных траекторий их физического развития.

**Ключевые слова:** двигательная одаренность, биомеханическая диагностика, мультимодальная система, индивидуальный двигательный профиль, кинематика, динамика, программно-техническая система.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Григорьева, Г. Г. Техническая система оценки двигательного потенциала детей / Г. Г. Григорьева // Доклады БГУИР. 2026. Т. 24, № 2. С. 62–68. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2026-24-2-62-68>.

## TECHNICAL SYSTEM FOR ASSESSING CHILDREN'S MOTOR POTENTIAL

GARSIYA GRIGORIEVA

*Churapcha State Institute of Physical Culture and Sports (Churapcha, Russian Federation)*

**Abstract.** This article presents a software and hardware system developed for a comprehensive multimodal assessment of children's motor abilities based on an analysis of the kinematic and dynamic characteristics of running locomotion. A detailed algorithm for the system's operation is considered, describing the stages of its initialization and registration, as well as the processing of multimodal data. The kinematic and dynamic parameters of movement, as well as the generation and presentation of diagnostic results, are calculated. A structural diagram of the system based on a three-tier architecture is presented, describing its main functional blocks. The developed system implements an end-to-end diagnostic process for children, from recording biomechanical signals to generating an interpretable result – an individual motor profile and a final assessment of motor potential on a three-point scale. The obtained results will improve the accuracy and reliability of the early identification of gifted children with motor development and the development of individual trajectories for their physical development.

**Keywords:** motor giftedness, biomechanical diagnostics, multimodal system, individual motor profile, kinematics, dynamics, software and hardware system.

**Conflict of interests.** The author declares that there is no conflict of interests.

**For citation.** Grigorieva G. (2026) Technical System for Assessing Children's Motor Potential. *Doklady BGUIR*. 24 (2), 62–68. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2026-24-2-62-68> (in Russian).

## Введение

Цифровизация спорта, представляющая собой интеграцию современных информационных технологий, сенсорных датчиков и методов анализа данных в тренировочный процесс и систему отбора, открывает новые возможности для объективной оценки физических способностей. Актуальность проблемы раннего выявления двигательной одаренности детей обусловлена ее фундаментальной ролью в области спортивного отбора, оптимизации тренировочного процесса, коррекции физического развития и профилактики двигательных нарушений [1, 2]. Традиционные методы оценки, основанные на визуальном наблюдении или тестировании ограниченного количества физических качеств, часто носят субъективный характер и не позволяют получить целостную картину двигательного потенциала детей.

В этой связи разработка объективных инструментальных систем, способных к комплексному анализу двигательной активности, является значимой научно-практической задачей [3, 4]. Цель исследования – разработка структуры и алгоритма работы программно-технической системы для мультимодальной оценки двигательного потенциала детей, включая проектирование и реализацию специализированного программного обеспечения (ПО).

## Метод оценки двигательного потенциала детей

Проведенные в [5–12] исследования подтвердили эффективность авторского метода оценки двигательного потенциала детей, основанного на синхронном анализе кинематических и динамических характеристик беговых локомоций. Метод предполагает применение систем захвата движения и силовых платформ, что позволяет проводить комплексный анализ двигательных действий детей в беге. Включает подготовку систем, регистрацию и предварительную обработку данных, автоматический расчет 26 кинематических и четырех динамических параметров беговых локомоций, построение прогностической модели на основе алгоритма машинного обучения Random Forest Classifier и визуализацию результатов.

Предлагаемый метод положен в основу алгоритма работы технической системы (ТС) оценки двигательного потенциала (ДП) детей, представленного на рис. 1, где: БД – база данных; СЗД – система захвата движений; СП – силовая платформа; СКО – среднеквадратическое отклонение; ОЦТ – общий центр тяжести. Алгоритм реализует четыре последовательных этапа диагностики: инициализация системы, регистрация исходных данных, обработка данных и расчет параметров, формирование и представление результатов.

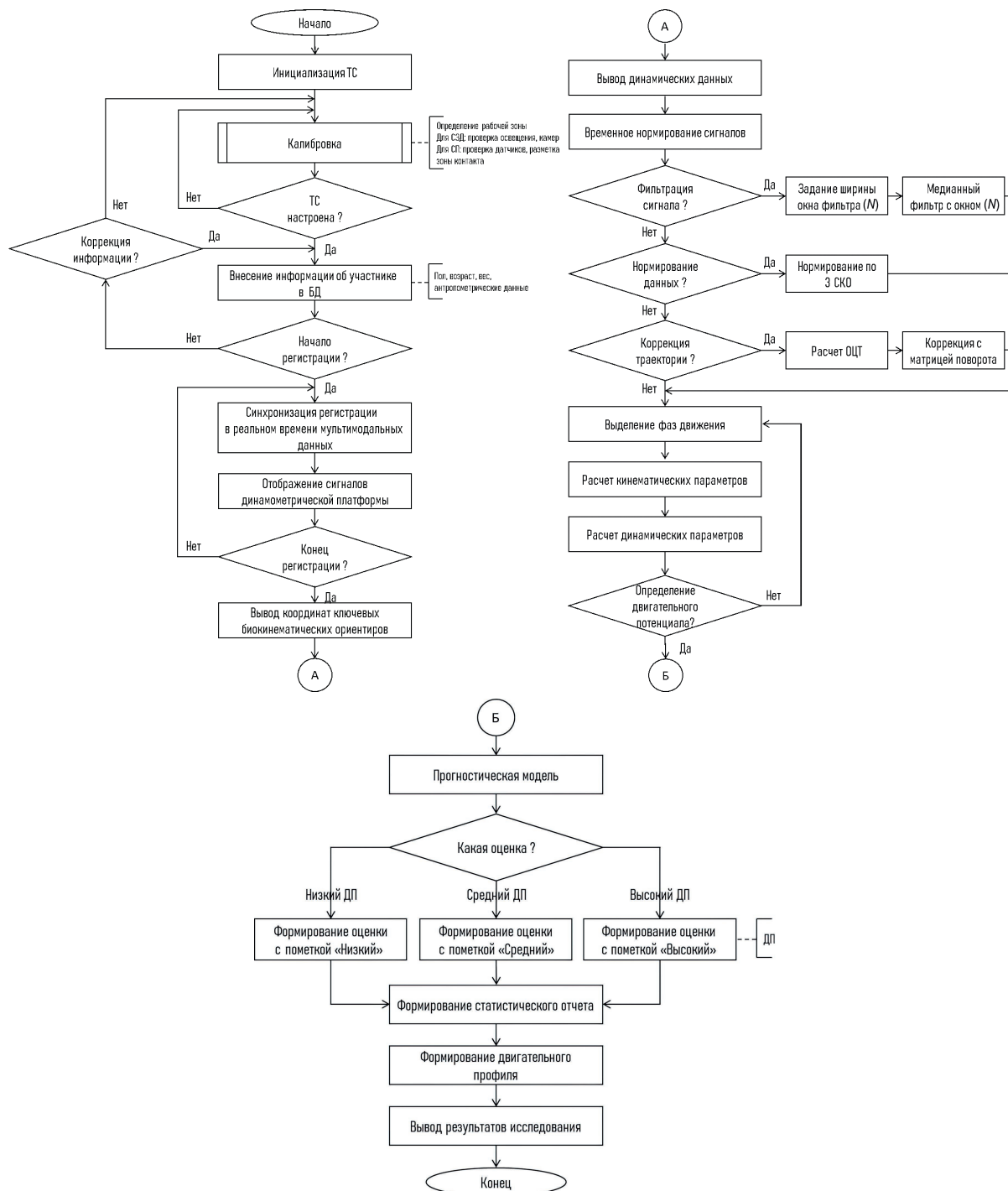
На этапе инициализации осуществляется подготовка измерительного комплекса, включающего СЗД, синхронизированную с СП. Проводится калибровка оборудования с учетом особенностей детской моторики: определяется рабочая зона (для СЗД проверяются освещение и камеры, для СП – датчики и разметка зоны контакта). После успешной настройки ТС в БД вносятся антропометрические и демографические характеристики участников (пол, возраст, вес, рост).

Этап регистрации данных активируется по команде пользователя и предусматривает синхронную запись кинематических и динамических сигналов в реальном времени. Особое внимание уделяется адаптации протокола исследования под психофизиологические особенности детей, что обеспечивает получение достоверных данных при минимизации стрессового воздействия на детей.

Этап обработки данных включает последовательное выполнение следующих процедур:

- вывод координат ключевых биомеханических ориентиров и динамических данных беговых локомоций;
- временное нормирование кинематических и динамических сигналов для обеспечения сопоставимости данных;
- опциональные процедуры по выбору пользователя: фильтрация сигналов, статистическое нормирование данных, коррекция траектории движения;
- расчет диагностики значимых кинематических (временных, пространственных и пространственно-временных) и динамических параметров;
- построение прогностической модели двигательной одаренности детей на основе алгоритмов машинного обучения Random Forest Classifier.

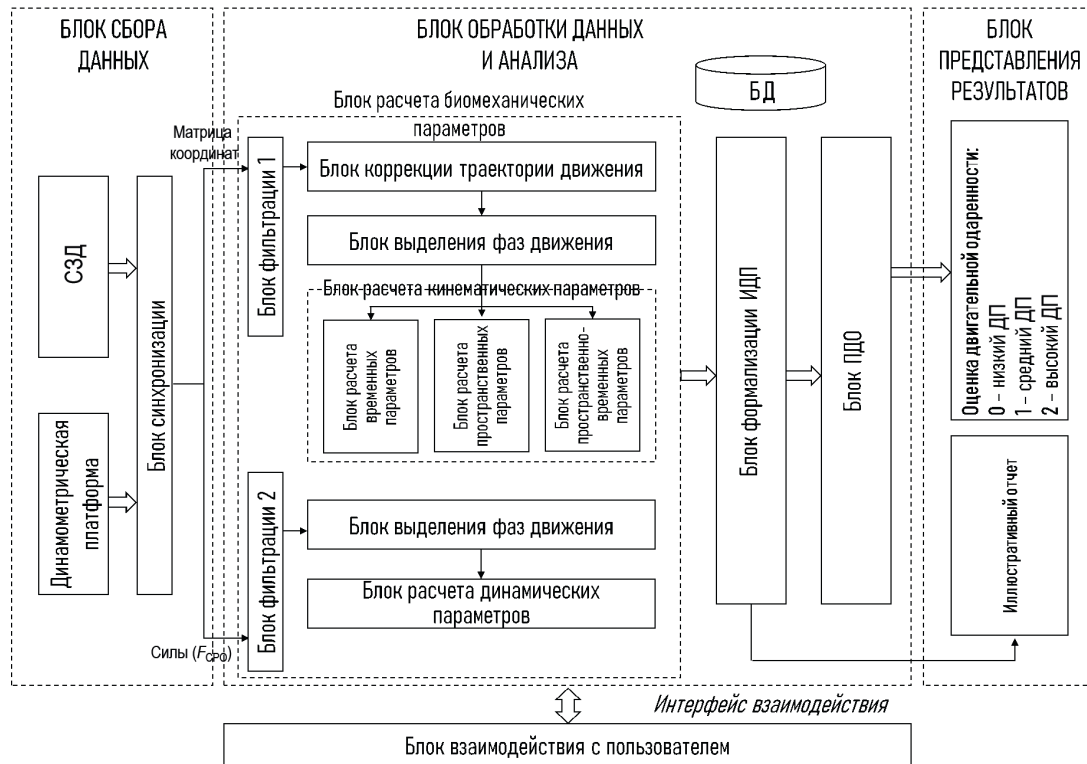
Этап формирования результатов предусматривает составление статистического отчета, построение иллюстративного двигательного профиля ребенка, итоговую оценку ДП по трехбалльной шкале (низкий, средний, высокий уровень ДП) с рекомендациями.



**Рис. 1.** Алгоритм функционирования технической системы для оценки двигательного потенциала детей  
**Fig. 1.** Algorithm of operation of the technical system for assessing children's motor potential

В соответствии с разработанным алгоритмом составлена структурная схема ТС оценки ДП детей, изображенная на рис. 2, где ИДП – индивидуальный двигательный профиль; ПДО – прогнозирование двигательной одаренности. Согласно рис. 2, система реализует трехуровневую архитектуру, включающую блоки сбора, обработки и анализа данных, а также блок представления результатов, обеспечивая целостный диагностический контур от регистрации сигналов до формирования итоговой оценки.

Блок сбора данных осуществляет синхронную регистрацию кинематических и динамических параметров движения при выполнении ребенком диагностического задания (беговых ускорений). В его состав входят: СЗД, обеспечивающая получение матрицы трехмерных координат ключевых биокинематических ориентиров; динамометрическая платформа, регистрирующая компоненты



**Рис. 2.** Структурная схема технической системы для оценки двигательного потенциала детей  
**Fig. 2.** Structural diagram of the technical system for assessing children's motor potential

вектора силы реакции опоры ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ); блок синхронизации, реализующий аппаратную синхронизацию сигналов.

Блок обработки и анализа данных выполняет многоэтапную обработку поступающих сигналов. На первом этапе осуществляется фильтрация данных: для кинематических и динамических сигналов применяется фильтр скользящего среднего, который позволяет сгладить временной ряд данных и уменьшить уровень случайного шума. После фильтрации траектория движения корректируется путем расчета ОЦТ и его привязки к глобальной системе координат с использованием матрицы поворота. Далее реализуется процедура выделения фаз движения на основе анализа ключевых событий сигналов: для кинематики определяются моменты начала и окончания основных фаз двигательного акта, для динамики – точки экстремумов и пересечений нулевого уровня силовых кривых. Затем производится расчет полного набора биомеханических параметров, включая кинематические (временные, пространственные и пространственно-временные) и динамические (максимальные силы реакции опоры в фазе отталкивания и торможения, импульс и др.).

Блок формализации ИДП осуществляет структурирование рассчитанных параметров в стандартизированную форму, совместимую с БД. База данных содержит не только антропометрические и демографические сведения об участниках, но и накопленные статистические распределения биомеханических показателей, что позволяет осуществлять сравнительный анализ в контексте возрастных нормативов.

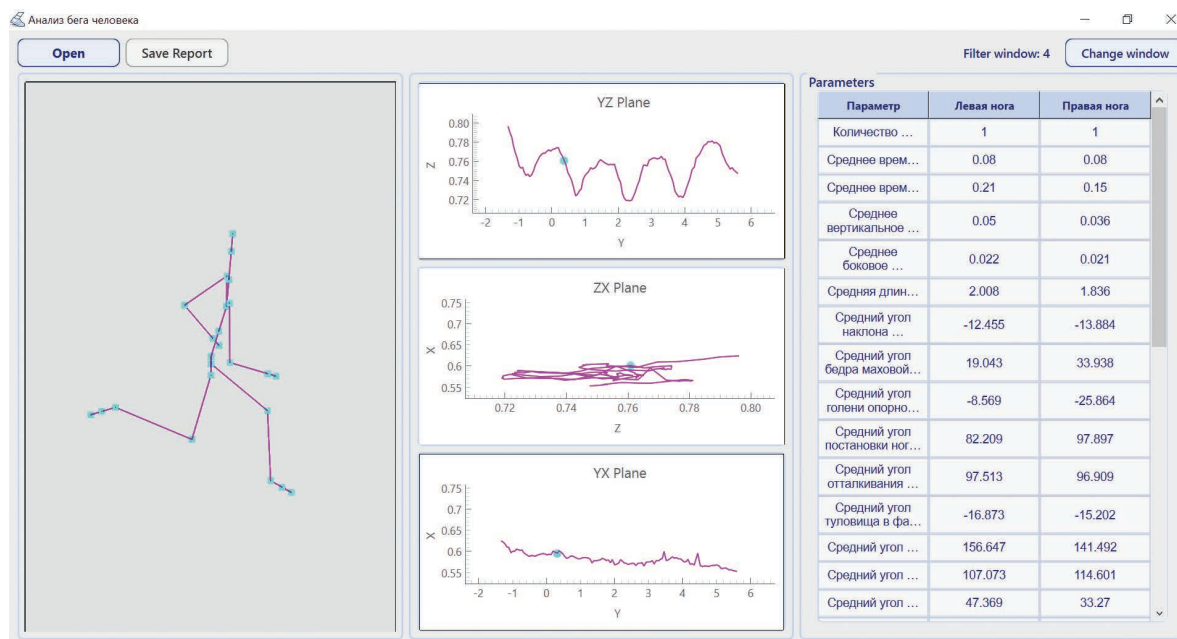
Блок ПДО, используя сформированный ИДП, осуществляет классификацию и относит ребенка к одному из трех уровней двигательного потенциала: низкий, средний или высокий. Классификация выполняется с применением алгоритма машинного обучения Random Forest Classifier.

Блок представления результатов интегрирует следующие модули:

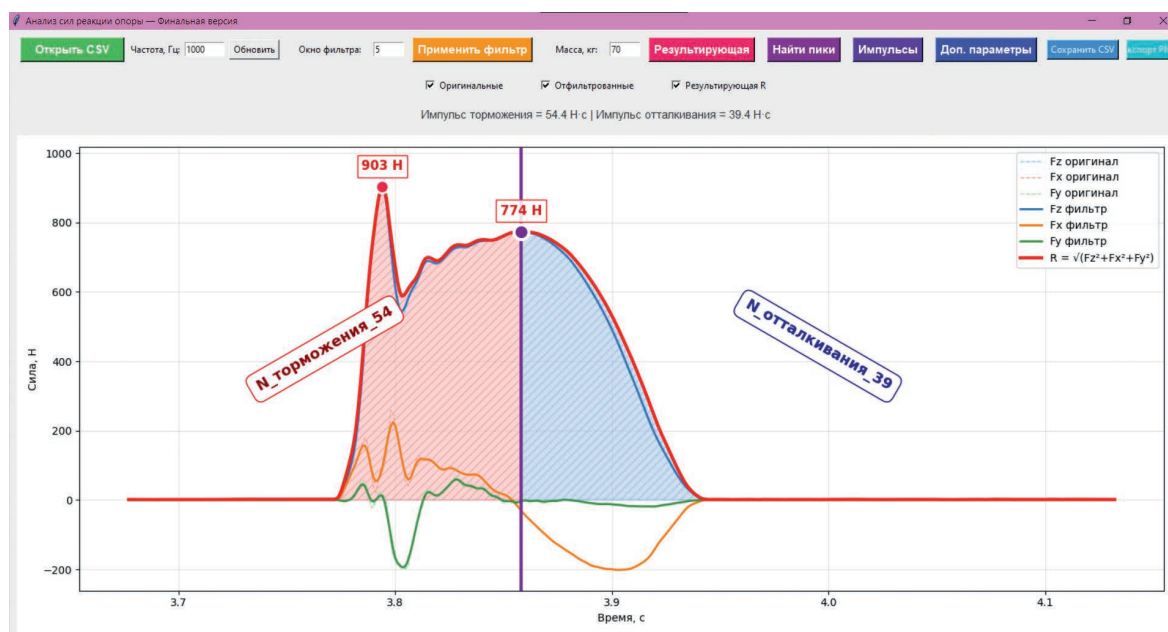
- иллюстративный отчет, включающий графическое представление кинематических и динамических кривых, фазовую разметку и табличные сводки параметров;
- блок ПДО, который на основе дискриминантного анализа относит результат к одному из трех уровней: 0 – низкий ДП, 1 – средний ДП, 2 – высокий ДП;
- интерфейс взаимодействия с пользователем, обеспечивающий возможность навигации, коррекции параметров обработки и экспорта результатов.

Таким образом, предложенная структура ТС обеспечивает сквозной процесс мультимодальной диагностики – от синхронной регистрации данных до формирования комплексной оцен-

ки ДП ребенка, что позволяет объективизировать процесс двигательной диагностики. Рассмотренные алгоритм функционирования и структурная схема ТС оценки ДП детей были использованы при создании специализированных ПО для исследования беговых локомоций. На рис. 3 представлены интерфейсы для исследования беговых локомоций ПО «Кинематический анализ бега человека» и «Динамический анализ бега человека», реализованные на языке Python [13]. Они позволяют анализировать трехмерные координаты ключевых биокинематических ориентиров тела испытуемого (рис. 3, а) и компоненты вектора силы реакции опоры (рис. 3, б), а также выполнять автоматизированную обработку кинематических параметров. ПО разработаны в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники и предназначены для исследования кинематических и динамических параметров бега. Основные области применения – клиническая биомеханика и биомеханика спорта.



а



б

Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения: а – «Кинематический анализ бега человека»; б – «Динамический анализ бега человека»

Fig. 3. Software interface: а – “Kinematic analysis of human running”; б – “Dynamic analysis of human running”

## Заключение

1. Разработана концепция программно-технической системы для объективной комплексной оценки двигательной одаренности детей. Спроектирована модульная архитектура системы, основанная на принципах мультимодальности, синхронности и сравнения с нормативной базой данных.

2. Создано программное обеспечение для кинематического и динамического анализа, которое интегрируется в систему, обеспечивая автоматизированную обработку данных и расчет диагностических параметров бега.

3. Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением библиотеки диагностических двигательных тестов, внедрением более сложных алгоритмов машинного обучения для анализа профилей, а также с развитием возможностей дистанционного консультирования.

## Список литературы

1. Курамшин, Ю. Ф. Оценка спортивной одаренности детей на основе индивидуально-типологического подхода / Ю. Ф. Курамшин, О. А. Двейрина, В. С. Терехин // Теория и практика физической культуры. 2022. № 4. С. 3–5.
2. Motor Learning as Young Gymnast's Talent Indicator / A. Cagno [et al.] // Journal Sports Science and Medicine. 2014. Vol. 13, No 4. P. 767–773.
3. Motion Analysis in Sports Monitoring Techniques: Assessment Protocols and Application to Racewalking / E. Preatoni [et al.] // Medicina Dello Sport. 2010. Vol. 63, No 3. P. 327–342.
4. Johnson, J. D. Validation of Machine Vision and Action Sport Cameras for 3D Motion Analysis Model Reconstruction / J. D. Johnson, M. Hales, R. Emert // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46937-9>.
5. Турантаева, Г. Г. Детерминированная биомеханическая модель бега / Г. Г. Турантаева, Н. С. Давыдова, В. Е. Васюк // Физическая культура, спорт, наука и образование: сб. матер. VIII Всерос. науч.-практ. конф., Чурапча, 10 апр. 2024 г. Чурапча: Чурапч. гос. ин-т физ. культ. и спорта, 2024. С. 184–190.
6. Возможности применения систем «захвата движений» в оценке эффективности беговых локомоций детей / Г. Г. Турантаева [и др.] // Современные направления инновационных исследований молодых ученых в области физической культуры и спорта: сб. матер. II Всерос. науч.-практ. конф., 2024.
7. Алгоритм коррекции траектории движения спортсменов на базе матрицы поворота / Г. Г. Турантаева [и др.] // BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. науч. ст. XI Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 2025 г. Минск: Белорус. гос. ун-т информ. и радиоэлек., 2025. С. 97–102.
8. Турантаева, Г. Г. Оценка двигательной одаренности детей на основе анализа беговых локомоций / Г. Г. Турантаева, Н. С. Давыдова, В. Е. Васюк // От международных спортивных игр «Дети Азии» к университетскому спорту: сб. науч. тр. Междунар. науч. конф. в рамках VIII Междунар. спорт. игр «Дети Азии» и 25-лет. юбилея Чурапч. гос. ин-та физ. культ. и спорта, Якутск, 4–5 июля 2024 г. Якутск: Дани-Алмас, 2024. С. 299–303.
9. Метод комплексной оценки двигательной одаренности детей / Г. Г. Турантаева [и др.] // Технологии будущего: синергия науки и практики: сб. науч. ст., 17 марта 2025 г. Ульяновск: Зебра, 2025. С. 60–64.
10. Григорьева, Г. Г. Анализ динамических параметров бега детей при опорных взаимодействиях с силовой платформой / Г. Г. Григорьева, Н. С. Давыдова, В. Е. Васюк // Перспективы цифровизации и технологические инновации: вызовы и возможности: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Казань, 17 авг. 2025 г. Уфа: OMEGA SCIENCE, 2025. С. 20–28.
11. Анализ кинематических параметров бега у детей на основе захвата движений / Г. Г. Григорьева [и др.] // Доклады БГУИР. 2025. Т. 23, № 4. С. 92–100. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-23-4-92-100>.
12. Григорьева, Г. Г. Алгоритм расчета пространственно-временных характеристик бега у детей на основе технологии безмаркерного захвата движения / Г. Г. Григорьева, Н. С. Давыдова, В. Е. Васюк // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. 2025. Т. 15, № 2. С. 26–35.
13. Жерон, О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем / О. Жерон; пер. с англ. А. А. Слинкина; 2-е изд. СПб.: Питер, 2022.

## References

1. Kuramshin Yu. F., Dveirina O. A., Terekhin V. S. (2022) Evaluation of Sports Giftedness of Children on the Basis of Individual-Typological Approach. *Theory and Practice of Physical Culture*. (4), 3–5 (in Russian).
2. Cagno A., Battaglia C., Fiorilli G., Piazza M., Giombini A., Fagnani F., et al. (2014) Motor Learning as Young Gymnast's Talent Indicator. *Journal Sports Science and Medicine*. 13 (4), 767–773.
3. Preatoni E., La Torre A., Santambrogio G. C., Rodano R. (2010) Motion Analysis in Sports Monitoring Techniques: Assessment Protocols and Application to Racewalking. *Medicina Dello Sport*. 63 (3), 327–342.
4. Johnson J. D., Hales M., Emert R. (2023) Validation of Machine Vision and Action Sport Cameras for 3D Motion Analysis Model Reconstruction. *Scientific Reports*. 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46937-9>.
5. Turantaeva G. G., Davydova N. S., Vasyuk V. E. (2024) Deterministic Biomechanical Model of Running. *Physical Culture, Sport, Science and Education: Collection of Materials of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference, Churapcha, Apr. 10, 2024*. Churapcha, Churapcha State Institute of Physical Culture and Sports. 184–190 (in Russian).
6. Turantaeva G. G., Guseinov D. I., Davydova N. S., Vasyuk V. E. (2024) Possibilities of Using Motion Capture Systems in Assessing the Effectiveness of Running Locomotion in Children. *Modern Directions of Innovative Research of Young Scientists in the Field of Physical Culture and Sports. Collection of Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference* (in Russian).
7. Turantaeva G. G., Davydova N. S., Vasyuk V. E., Tatarko K. I. (2025) Algorithm for Correcting the Trajectory of Athletes' Movement Based on a Rotation Matrix. *BIG DATA and Advanced Analytics: Collection of Scientific Articles of the XI International Scientific and Practical Conference, Minsk*. Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 97–102 (in Russian).
8. Turantaeva G. G., Davydova N. S., Vasyuk V. E. (2024) Assessment of Motor Giftedness of Children Based on the Analysis of Running Locomotion. *From the International Sports Games "Children of Asia" to University Sport, Collection of Scientific Papers of the International Scientific Conference within the Framework of the VIII International Sports Games "Children of Asia" and the 25<sup>th</sup> Anniversary of the Churapcha State Institute of Physical Culture and Sport, Yakutsk, July 4–5*. Yakutsk, Dani-Almas Publ. 299–303 (in Russian).
9. Turantaeva G. G., Davydova N. S., Vasyuk V. E., Tatarko K. I. (2025) Method for Comprehensive Assessment of Motor Giftedness in Children. *Future Technologies: Synergy of Science and Practice: Collection of Scientific Articles, March 17*. Ulyanovsk, Zebra Publ. 60–64 (in Russian).
10. Grigoreva G. G., Davydova N. S., Vasyuk V. E. (2025) Analysis of Dynamic Parameters of Children's Running During Support Interactions with a Force Platform. *Prospects of Digitalization and Technological Innovations: Challenges and Opportunities: Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference, Kazan, Aug. 17*. Ufa, OMEGA SCIENCE Publ. 20–28 (in Russian).
11. Grigorieva G. G., Davydova N. S., Vassiouk V. E., Shukurov K. E. (2025) Analysis of Kinematic Parameters of Running in Children Based on Motion Capture. *Doklady BGUIR*. 23 (4), 92–100. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-23-4-92-100> (in Russian).
12. Grigoreva G. G., Davydova N. S., Vasyuk V. E. (2025) Algorithm for Calculating Spatiotemporal Characteristics of Running in Children Based on Markerless Motion Capture Technology. *Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno*. 15 (2), 26–35 (in Russian).
13. Geron A. (2022) *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*. St. Petersburg, Piter Publ. (in Russian).

Received: 6 March 2026

Accepted: 2 April 2026

## Сведения об авторе

**Григорьева Г. Г.**, ст. преп. каф. педагогики и психологии, Чурапчинский государственный институт физической культуры и спорта

## Адрес для корреспонденции

678670, Российская Федерация,  
Чурапча, ул. Спортивная, 2  
Чурапчинский государственный институт  
физической культуры и спорта  
Тел.: +7 914 827-87-67  
E-mail: ga\_et@inbox.ru  
Григорьева Гарсия Гаврильевна

## Information about the author

**Grigoreva G.**, Senior Lecturer at the Department of Pedagogy and Psychology, Churapcha State Institute of Physical Culture and Sport

## Address for correspondence

678670, Russian Federation,  
Churapcha, Sportivnaya St., 2  
Churapcha State Institute  
of Physical Culture and Sport  
Tel.: +7 914 827-87-67  
E-mail: ga\_et@inbox.ru  
Grigorieva Garsiya