

Научная статья

УДК 796+004

DOI: 10.15293/1812-9463.2403.11

## Применение технологий компьютерного зрения в оздоровительной физической культуре

**Шрайнер Борис Александрович**

*Новосибирский государственный педагогический университет,  
г. Новосибирск, Россия*

**Жомин Константин Михайлович**

*Новосибирский государственный педагогический университет,  
г. Новосибирск, Россия*

**Аннотация.** *Введение.* В статье рассматриваются области использования технологий компьютерного зрения в сфере физического воспитания и спортивной деятельности. *Методология.* Анализируются инновационные методики оценки двигательного акта на основе видеоматериала, распознавания образов, отслеживания объектов, показана возможность автоматизированного контроля двигательного действия с помощью искусственного интеллекта и нейросетей. Особое внимание уделяется возможностям интегрировать технологии компьютерного зрения из сферы профессионального спорта и фитнес-индустрии в оздоровительную физическую культуру, образовательный процесс. *Результаты.* Разработана компьютерная программа (на системе MediaPipe) для автоматизированной оценки эффективности физического упражнения на основе биомеханических свойств двигательного действия с учетом индивидуальных пропорций тела, определения нагрузки на ключевые точки организма с целью получения оптимального оздоровительного эффекта. *Выводы.* Обсуждаются перспективы использования данной программы для оптимизации методики занятий оздоровительной физической культурой.

**Ключевые слова:** компьютерные технологии; компьютерное зрение; компьютерная программа; физическая культура; физические упражнения; автоматизация; обучающиеся.

*Для цитирования:* Шрайнер Б. А., Жомин К. М. Применение технологий компьютерного зрения в оздоровительной физической культуре // Вестник педагогических инноваций. – 2024. – № 3 (75). – С. 122–135. DOI: <https://doi.org/10.15293/1812-9463.2403.11>

*Финансирование.* Исследование выполнено в рамках проекта «Оптимизация методики занятий по оздоровительной физической культуре», который реализуется при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках государственного задания № 073-03-2024-052 от 18.01.2024 г.



Original article

## Application of Computer vision Technologies in Health-Improving Physical Education

**Boris A. Shriner**

*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia*

**Konstantin M. Zhomin**

*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia*

**Abstract.** *Introduction.* The article presents the areas of use of computer vision technologies in the field of physical education and sports activities. *Methodology.* Innovative methods for assessing motor action based on video material, pattern recognition, object tracking are analyzed, the possibility of automated control of motor action based on the use of artificial intelligence and neural networks is shown. Particular attention is paid to the possibilities to integrate computer vision technologies from the field of professional sports and fitness industry into fitness physical culture, educational process. *Results.* A computer program based on the MediaPipe system has been developed for automated assessment of the effectiveness of physical exercise based on biomechanical properties of motor action, taking into account individual proportions of the body, determining the load on key points of the body in order to obtain an optimal health effect. *Conclusions.* The prospects for using this program to optimize the methodology of health-improving physical education are discussed.

**Keywords:** computer technology; computer vision; computer program; physical education; physical exercise; automation; schoolchildren.

*For Citation:* Shriner B. A., Zhomin K. M. Application of Computer vision Technologies in Health-Improving Physical Education. *Journal of Pedagogical Innovations*, 2024, no. 3 (75), pp. 122–135. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.15293/1812-9463.2403.11>

*Funding.* The study was carried out within the framework of the project “Optimization of the methodology of physical fitness classes”, which is implemented with the financial support of the Ministry of Education of the Russian Federation within the framework of state task No. 073-03-2024-052 dated 18.01.2024.

**Введение.** Применение технологий компьютерного зрения в спорте набирает обороты, предоставляя новые возможности для анализа и улучшения производительности спортсменов. Научные исследования демонстрируют, как эти технологии применяются в различных областях спорта, от профессиональных тренировок до любительских занятий.

Стоит отметить, что интерес к применению компьютерного зрения в спорте возник более пятнадцати лет назад. Одним из первых комплексных изданий на

эту тему стала книга “Computer Vision in Sports” под редакцией Т. В. Moeslund, G. Thomas и А. Hilton [14], опубликованная в 2014 г. Это издание охватывает широкий спектр применений компьютерного зрения в спорте, включая отслеживание мяча, определение местоположения и позы игроков, а также распознавание типов специфических событий и видов спорта. Книга представляет собой важный вклад в развитие данной области, предлагая новые идеи от международных экспертов и рассма-



тривая ключевые проблемы и методы применения компьютерного зрения на протяжении всего жизненного цикла спортивного события [14].

Последние 10 лет исследования, посвященные использованию компьютерных технологий в спортивной деятельности, становятся очень популярны. Одной из основных причин является применение искусственного интеллекта и нейронных сетей, которые облегчают интерпретацию и анализ данных, при этом позволяют использовать более широкий арсенал средств.

Так, в исследовании В. Т. Naik с соавторами (2022) [15] демонстрируется широкий спектр применения компьютерного зрения в спорте. Авторы классифицируют спортивные виды, ориентированные на игроков и на мяч, анализируя задачи обнаружения и отслеживания объектов, прогнозирования траекторий и распознавания стратегий. В исследовании рассматриваются технические сложности реализации, использование искусственного интеллекта и GPU-платформ, а также анализируются доступные наборы данных. Обзор намечает будущие направления развития и потенциальные проблемы в области визуального распознавания в спорте [15].

J. Smith и M. Johnson (2024) [16] высказывают мнение, что современные тенденции применения компьютерного зрения в спортивной индустрии демонстрируют широкий спектр возможностей. Авторы отмечают использование этой технологии для повышения вовлеченности болельщиков, автоматизации судейства и оптимизации тренировочного процесса. Технологии дополненной реальности (AR) в сочетании с компьютерным зрением обогащают опыт просмотра спортивных мероприятий. В судействе системы компьютерного зрения, такие как Hawk-Eye, повышают точность принимаемых решений.

В тренировочном процессе алгоритмы компьютерного зрения применяются для анализа движений спортсменов, оптимизации техники и снижения риска травм [16].

Важный вклад в развитие технологий распознавания физических упражнений внесли Н. И. Вельможко и А. А. Бойко (2020) [1]. В своем исследовании они разработали алгоритм распознавания физических упражнений с использованием нейронных сетей и 3D-видеоконтроллера Microsoft Kinect v.2.0. Исследователи разработали программу, направленную на распознавание шести выбранных упражнений для нижних конечностей, анализируя углы в коленном и тазобедренном суставах. Применение компьютерных технологий выявило достаточно высокую точность распознавания упражнений, что открывает перспективы для дальнейшего применения этой технологии в оценке правильности техники выполнения физических упражнений. Данное исследование демонстрирует потенциал использования компьютерного зрения и машинного обучения в анализе движений человека, что может найти применение как в спортивной подготовке, так и в реабилитационных программах [1].

Применение компьютерного зрения в спорте становится все более разнообразным и охватывает различные аспекты спортивной деятельности. Как отмечают К. В. Германов, Т. В. Красноперова и А. А. Германова [2], применение компьютерного зрения в спорте в основном затрагивает три направления: тренировочный и соревновательный процессы, телевизионные трансляции и судейство. В тренировочном процессе эти технологии позволяют оценивать техническое мастерство спортсмена, а также в некоторых видах и тактическую деятельность, анализировать стратегию соперника. В телевизионных трансляциях



компьютерное зрение используется для отображения положения игроков или траекторий мяча, что помогает комментаторам анализировать игру. В судействе эти технологии применяются для повышения точности принимаемых решений, например в определении положения «вне игры» в футболе или попадания мяча в аут в теннисе [2].

Применение технологий компьютерного зрения в спорте становится все более распространенным явлением. Как отмечается в обзоре трендов цифровизации спорта, системы компьютерного зрения с использованием технологии распознавания узлов человеческого тела (HPE – Human Pose Estimation) активно внедряются не только в профессиональном спорте, но и в любительском. Эти системы позволяют отслеживать правильность выполнения упражнений, помогая совершенствовать технику и улучшать спортивные показатели.

Существуют работы, в которых рассматривается использование современных компьютерных технологий для конкретных видов спорта и упражнений. Так, в исследовании А. Д. Терёхина с соавторами (2022), направленном на анализ техники дистанционных бросков в баскетболе, отмечается, что компьютерные технологии позволяют автоматически распознавать фазы исследуемого игрового приема и анализировать правильность его выполнения [11]. Работа Ю. В. Киселева с соавторами (2023) посвящена оценке и анализу выполнения двигательных элементов гимнастов на основе видеоданных, при этом использование программы способствует выявлению технических ошибок [4].

Применение искусственного интеллекта и компьютерного зрения находит свое место не только в традиционных видах спорта, но и в спортивном туризме.

И. В. Сивцов (2024) рассматривает роль искусственного интеллекта в повышении эффективности, безопасности и персонализации спортивного туризма [10]. Хотя автор не фокусируется исключительно на компьютерном зрении, он подчеркивает важность использования передовых технологий для анализа движений, оценки физического состояния туристов и оптимизации маршрутов. Это исследование демонстрирует потенциал применения технологий искусственного интеллекта, включая компьютерное зрение, в новых областях спортивной деятельности, что может способствовать развитию более безопасных и персонализированных подходов к организации активного отдыха [10].

В контексте развития цифровых технологий в спорте компьютерное зрение играет важную роль в создании интерактивных спортивных экосистем. Как отмечается в описании проекта «Цифровая экосистема интерактивного спорта»<sup>1</sup>, системы компьютерного зрения используются для виртуальной оценки эффективности спортивных тренировок, позволяя идентифицировать физические, физиологические и антропометрические показатели организма. Это дает возможность не только отслеживать правильность выполнения упражнений, но и прогнозировать перспективы улучшения физических возможностей спортсмена. Кроме того, в проекте подчеркивается, что компьютерное зрение в сочетании с другими технологиями искусственного интеллекта может способствовать персонализации тренировочного процесса и повышению его эффективности.

Еще одной сферой применения компьютерного зрения выступает фитнес-индустрия. Так, использование современных интеллектуальных спортивных тренажеров помогает инструкторам

<sup>1</sup> Цифровая экосистема интерактивного спорта [Электронный ресурс]. – URL: <https://pt.2035.university/project/cifrova-ekosistema-interaktivnogo-sporta> (дата обращения: 06.04.2024).



и занимающимся визуализировать технику выполнения упражнения и при необходимости корректировать ее. Этому способствует применение технологии компьютерного зрения [3].

П. С. Коберник (2024) рассматривает возможности применения ИИ-технологий в сфере спорта, уделяя особое внимание использованию нейросетей для составления персонализированных планов тренировок в фитнес-приложениях [5]. Автор выделяет три подхода к разработке индивидуальных планов тренировок в фитнес-приложениях: простой выбор уровня сложности, генерация плана на основе базовых физических параметров и использование искусственного интеллекта для детального анализа данных пользователя. Последний подход, по мнению автора, является наиболее продвинутым и позволяет создавать максимально индивидуализированные планы тренировок. В качестве примеров приложений, использующих искусственный интеллект, автор приводит “Smarty Assistant”, “Impakt” и “TrainAsONE”, каждое из которых имеет свои уникальные особенности в применении технологий искусственного интеллекта. Однако П. С. Коберник подчеркивает, что несмотря на значительный прогресс, искусственный интеллект пока не способен полностью заменить работу профессиональных тренеров из-за уникальности организма каждого человека [5].

П. А. Кулаков и А. С. Еремин (2024) рассматривают особенности разработки компьютерных обучающих тренажеров в среде Unity 3D [7]. Авторы подчеркивают важность использования современных технологий, включая физические движки и средства визуализации, для создания эффективных тренажеров. Они описывают основные этапы разработки: начиная с определения целей и требований, проектирования сценариев и уров-

ней до реализации механики взаимодействия и создания пользовательского интерфейса. Особое внимание уделяется преимуществам компьютерных тренажеров, таким как повышение эффективности обучения, индивидуализация процесса и улучшение усвоения сложных навыков. Хотя исследование не фокусируется непосредственно на использовании компьютерного зрения, оно демонстрирует потенциал интеграции различных технологий для создания эффективных обучающих систем, которые могут найти применение в том числе и в сфере физической культуры и спорта [7].

Е. В. Медникова, Е. С. Котляров и М. В. Попова (2023) рассматривают перспективы ИИ-приложений в физической культуре, отмечая рост популярности онлайн-тренировок [8]. В частности, они описывают приложение “Fittonic”, использующее компьютерное зрение для контроля упражнений. Авторы подчеркивают такие преимущества приложений, как снижение нагрузки на преподавателя и персонализация обучения, но также указывают на необходимость участия преподавателей и риск технических ошибок. Они заключают, что совместная работа программистов и тренеров необходима для успешной интеграции искусственного интеллекта в обучение [8].

Интересный пример применения глубоких нейронных сетей для распознавания физической активности человека по видеоданным представлен в работе А. В. Пятаевой с соавторами (2022) [9]. Исследователи разработали алгоритм определения типа физической активности на основе моделей DenseNet121 и MobileNetV2, а затем самостоятельно построили модель глубокой нейронной сети. Авторы использовали набор данных UCF50, содержащий 50 различных видов действий человека, а также дополнительные видеопоследователь-



ности с YouTube для увеличения репрезентативности тестового набора. Экспериментальные исследования подтвердили эффективность предложенного подхода для решения задачи классификации видов физической активности по визуальным данным. Особенно важно, что разработанная модель требует меньше вычислительных ресурсов по сравнению с предварительно обученными сетями, сохраняя при этом высокую точность распознавания [9].

Стоит отметить, что использование технологий компьютерного зрения очень актуально не только для спорта. В контексте высшего образования также наблюдается тенденция к интеграции инновационных технологий в физическое воспитание. Г. Н. Шилкина (2024) отмечает, что применение технологий дополненной (AR) и виртуальной реальности (VR) в физическом воспитании студентов открывает новые возможности для повышения эффективности обучения [12]. Автор подчеркивает, что использование AR-приложений позволяет студентам в реальном времени взаимодействовать с виртуальными объектами и получать мгновенную обратную связь, что способствует более глубокому усвоению материала и повышению мотивации. В контексте биомеханических занятий AR-технологии дают возможность визуализировать движения и проводить анализ техники выполнения упражнений, что способствует формированию правильных двигательных навыков и снижению риска травм. VR-технологии, в свою очередь, позволяют создавать виртуальные тренировки, предоставляющие студентам уникальный опыт участия в симулированных сценариях, которые трудно воссоздать в реальной жизни. Важно отметить, что внедрение этих технологий требует дальнейших исследований, а также поддержки и подготовки педаго-

гического и студенческого сообщества к интеграции новых образовательных методов [12].

Практическое применение компьютерного зрения в физическом воспитании демонстрирует программа “CV-Тренер”, разработанная К. М. Жоминным и Б. А. Шрайнером (2023) [13]. Эта программа, используя библиотеки OpenCV и MediaPipe, анализирует фото и видео для автоматического определения типа телосложения обучающихся, расчета длин частей тела и углов в суставах при выполнении упражнений. Тестирование на выборке из 544 школьников 5–9 классов при выполнении базовых упражнений (приседания, наклоны, выпады, отжимания, подъемы туловища) показало возможность количественной оценки техники выполнения упражнений, амплитуды движений и расчета показателей нагрузки на ключевые точки тела. Авторы отмечают потенциал подобных решений для оптимизации и рационализации физической нагрузки, а также повышения эффективности и индивидуализации физического воспитания школьников на занятиях по физической культуре [13].

Е. А. Конопко и М. Г. Сидин (2024) рассматривают перспективы и этические аспекты использования искусственного интеллекта в анализе биометрических данных в спортивной тренировке [6]. Авторы отмечают, что искусственный интеллект может применяться для оценки состояния спортсмена, прогнозирования результатов, оптимизации тренировок и повышения их безопасности. Однако они также подчеркивают важность учета этических аспектов, таких как конфиденциальность данных, недискриминация и прозрачность при использовании ИИ-систем. Исследователи указывают на необходимость разработки более эффективных методов сбора и обработки биометрических данных, создания бо-



лее надежных и точных ИИ-систем для их анализа, а также разработки более понятных и прозрачных ИИ-систем для спортсменов и тренеров [6].

Исследования последних лет демонстрируют растущий интерес к интеграции искусственного интеллекта в образовательный процесс и подготовку кадров в области физической культуры и спорта. В этих работах раскрывается потенциал использования искусственного интеллекта для повышения эффективности обучения, индивидуализации подхода к каждому учащемуся и оптимизации тренировочного процесса в сфере физической культуры и спорта.

Компьютерное зрение играет ключевую роль в модернизации физкультурного движения, предлагая инструменты для точного анализа движений, оценки и корректировки техники выполнения упражнений и оптимизации тренировочного процесса. Текущие исследования подтверждают необходимость этих технологий и раскрывают их потенциал для повышения эффективности и улучшения безопасности занимающихся. Внедрение компьютерного зрения в физическую культуру и спорт требует дальнейшего развития и адаптации, однако уже сейчас очевидно, что эти технологии станут неотъемлемой частью будущего, способствуя его цифровой трансформации и инновационному развитию. Вместе с этим выявлено, что большинство исследований, посвященных применению компьютерных технологий, направлены на спортивную деятельность, где основным критерием выступает оценка качества выполнения технического элемента. Работ, посвященных оптимизации оздоровительной культуры, крайне мало, хотя именно с правильности и безвредности двигательного дей-

ствия должно начинаться любое обучение в спорте.

*Целью работы* является создание компьютерной программы автоматизированной оценки эффективности физического упражнения на основе биомеханических свойств двигательного действия с учетом индивидуальных пропорций тела, определения нагрузки на ключевые точки организма.

**Методология.** В рамках научно-исследовательской работы была предпринята попытка создания компьютерной программы, основанной на языке Python с использованием библиотек MediaPipe, OpenCV и др., которая позволит по видео оценить эффективность выполнения двигательного действия. Программа, основанная на компьютерном зрении, при внесении основных антропометрических данных (рост и масса тела) исследуемого позволяет автоматизировать оценку выполнения физического упражнения на основе биомеханических свойств, выявления силы воздействия на ключевые точки при двигательном акте, определять индивидуальные особенности выполнения упражнения в зависимости от типа телосложения и пропорций человека.

**Результаты.** Для расчета нагрузок воспользуемся пропорциями распределения массы тела по его отдельным частям, достаточно широко принятым в биомеханике. При этом парные органы (руки, ноги) будем считать суммарными в боковой проекции.

Для определения персональных геометрических характеристик тела объекта исследования составим структурную схему с обозначением весовых нагрузок, приложенных в точках центров тяжести соответствующих органов (рис. 1).



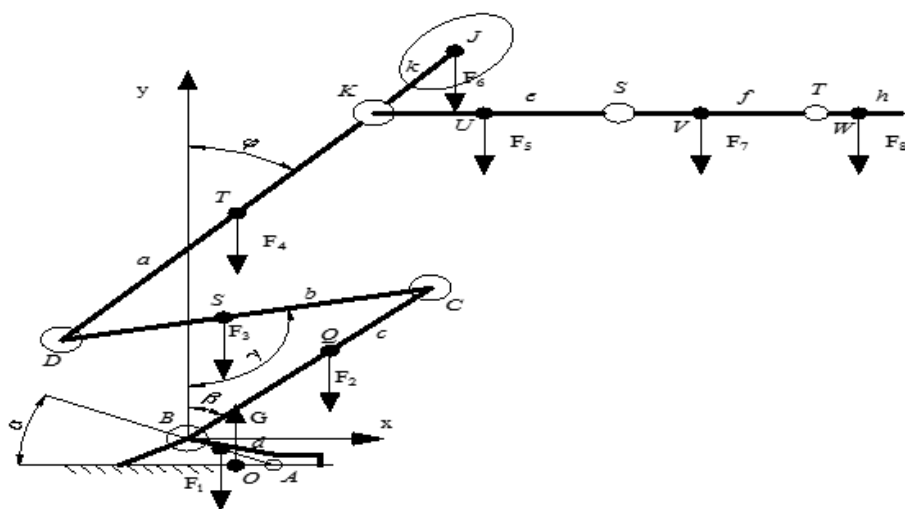


Рис. 1. Структурная схема человека при выполнении упражнения по вертикали

Таким образом, в соответствии с принятыми нормами биомеханики, при известных величинах роста и массы тела компьютерная программа позволяет рассчитать длины и массы конечностей и, как следствие, определить центр тяжести (ЦТ) отдельного звена и найти общий центр тяжести тела.

На схеме:

$O$  – точка приложения общего центра масс  $G$ ;

$d$  – длина стопы;

$c$  – длина голени;

$b$  – длина бедра;

$a$  – длина туловища;

$k$  – расстояние до центра тяжести головы;

$e$  – длина плеча;

$f$  – длина предплечья;

$v$  – длина кисти;

$u$  – расстояние до точки  $O$  от вертикальной оси  $y$ ;

$F1 = 0.04 * G$  – вес стоп;

$F2 = 0.1 * G$  – вес голеней;

$F3 = 0.24 * G$  – вес бедер;

$F4 = 0.43 * G$  – вес туловища;

$F5 = 0.06 * G$  – суммарный вес плеч;

$F6 = 0.07 * G$  – вес головы;

$F7 = 0.04 * G$  – вес предплечий;

$F8 = 0.02 * G$  – вес кистей.

Процесс изменения положения частей тела при выполнении упражнения будет определяться углами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\varphi$ . Введем возможные ограничения на значения этих углов.

Угол  $\alpha$  может увеличиваться от естественных значений  $25^\circ$  при подъеме на суставах пальцев ноги. Но при выполнении упражнения с полным прилеганием стопы к опорной поверхности его значение можно принять близким к  $25^\circ$ .

Угол  $\beta$  из-за ограниченности подвижности голеностопного сустава может меняться в пределах от  $0$  до  $40^\circ$  и может быть принят как независимый аргумент, но следует учесть, что на начальных этапах приседания он изменяется практически одинаково с углом  $\gamma$ , и при достижении предельных значений  $\beta$  дальнейшая глубина приседания обеспечивается нарастанием угла  $\gamma$ , вплоть до его предельных значений, близких к  $120^\circ$  (при  $90^\circ$  достигается максимальная нагрузка на суставы).

Угол  $\varphi$  отклонения оси туловища от вертикали будет определяться условием равновесия всего тела относительно опорной точки  $O$  стопы. Положение



этой точки на схеме будет определяться расстоянием  $u$ . Для определения этого угла в каждый момент выполнения упражнения на основе схемы рисунка 1 составим уравнения равновесия плоской системы сил:

$$\Sigma F_y = G - F_1 - F_2 - F_3 - F_4 - F_5 - F_6 - F_7 - F_8 = 0$$

Разберем один из примеров расчета силы действующей на предплечье одно-моментно:

$$F_5 \cdot (-c \cdot \sin\beta + b \cdot \sin\gamma - a \cdot \sin\varphi - 0.47 \cdot e)$$

$$\varphi = \arcsin \frac{u - 0.00194 \cdot \cos\alpha - 0.202 \cdot \sin\beta + 0.1825 \cdot \sin\gamma - 0.01712}{0.1362}$$

Для рассмотрения равновесия коленного сустава под действием приложенных к нему внешних сил составим

После преобразования уравнения с использованием рекомендованных пропорций массы конечностей тела и их длин можем получить выражение для определения одного неизвестного при заданных значениях других из ряда:  $u, \alpha, \beta, \gamma$  или  $\varphi$ .

При этом стоит отметить, что величины, используемые в расчете, не зависят от общего веса, а только от весовых пропорций частей тела.

Таким образом, рационально задавая значения  $u, \beta$  и  $\gamma$ , определить необходимое для равновесия тела значение угла  $\varphi$ .

расчетную схему, изображенную на рисунке 2. Жестко зафиксируем голень под углом  $\beta$  к вертикальной оси  $y$ .

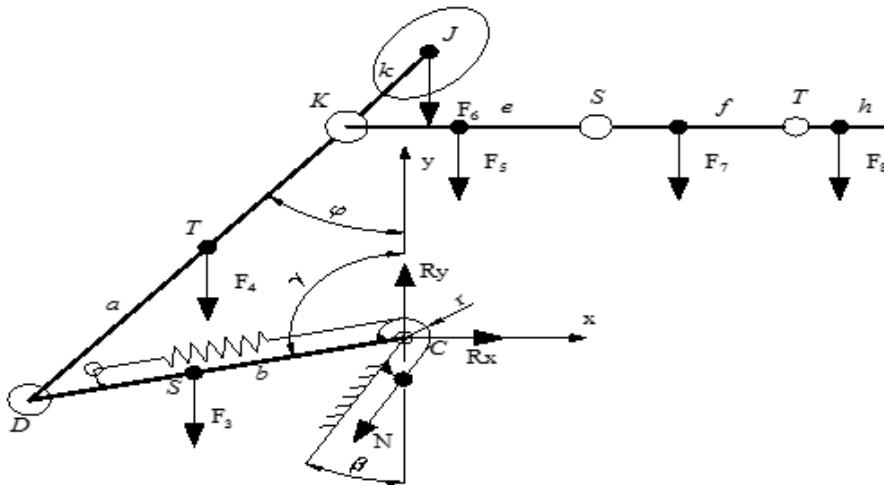


Рис. 2. Расчетная схема для определения внешних сил, действующих на коленные суставы при приседании

На схеме указаны принятые и ранее использованные обозначения и значения параметров. Кроме того, считаем, что шарнир коленного сустава закреплен на жестком основании в точке  $C$ . Уравновешивание всех внешних весовых на-

грузок обеспечивается упругой силой  $N$ , возникающей при сокращении четырехглавой мышцы бедра, показанной на схеме в виде пружины. Радиус  $r$  определяется расстоянием от точки касания бедренной и большеберцовой костей до



внешнего контура коленной чашечки.

При составлении уравнения равновесия для определения неизвестных сил, действующих на коленный сустав, путем параллельного переноса приложим силу  $N$  в коленном суставе, дополнив систему моментом этой силы относительно точки переноса.

Таким образом, можно рассчитать нагрузку, действующую на сустав.

Аналогичным образом можно рас-

считать нагрузки, действующие на тазобедренный сустав при выполнении данного упражнения.

Также рассмотрим и другие схемы при выполнении симметричных упражнений. Так, на рисунках 3 и 4 представлено схематичное изображение физических упражнений сгибание-разгибание рук в упоре лежа и подъем туловища из положения лежа.

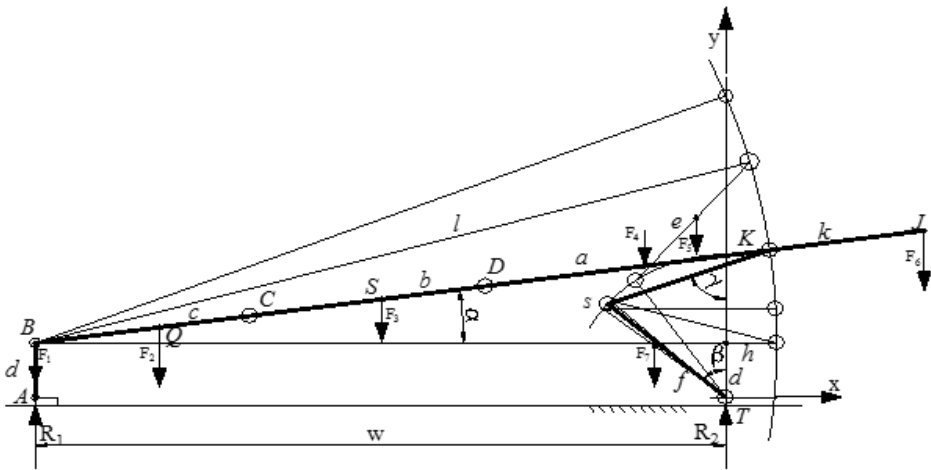


Рис. 3. Расчетная схема положений тела и внешних нагрузок на его части при упоре лежа

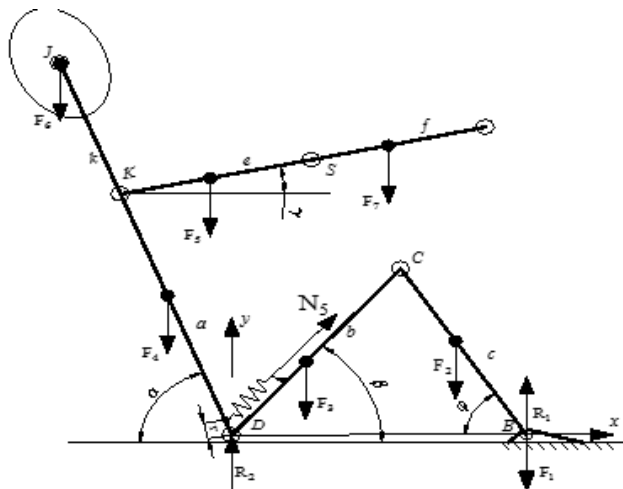


Рис. 4. Расчетная схема для определения опорных реакций при выполнении упражнения подъем туловища из положения лежа



Стоит также отметить, что данная компьютерная программа позволяет определить общий центр масс и проследить его изменения при выполнении физического упражнения. При этом анализ имеющихся данных свидетельствует об эффективности выполнения физического упражнения: проекция общего центра масс на горизонтальную ось будет способствовать оценке мышечного корсета исследуемого при двигательном действии и, как следствие, экономизации деятельности организма.

**Выводы.** Основной особенностью применения данной программы является индивидуальный подход к оценке физического упражнения исследуемого с учетом его индивидуальных пропорций тела. Данная программа позволит более рационально использовать основные физические движения с учетом особенностей человека, а также дифференцировать их по подгруппам для более оптимального построения занятий по оздоровительной физической культуре.

### Список источников

1. *Вельможко Н. И., Бойко А. А.* Разработка алгоритма распознавания физических упражнений // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: труды XIV Международной научной конференции. Кн. 2. – Владимир, 2020. – С. 94–99.
2. *Германов К. В., Красноперова Т. В., Германова А. А.* Анализ применения компьютерного зрения в спорте // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2023. – № 9 (223). – С. 100–105.
3. *Ермаков А. В.* Анализ движения в единоборствах с помощью библиотек «компьютерного зрения» OpenCV и фреймворка искусственного интеллекта MediaPipe // Боевые искусства и спортивные единоборства: наука, практика, воспитание: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, 14 октября 2021 г.) / под общ. ред. Ю. Л. Орлова, Л. Г. Рыжковой. – М.: Изд-во Российского университета спорта «ГЦОЛИФК», 2021. – С. 106–111.
4. *Киселев Ю. В., Богомолов И. А., Розалиев В. Л., Баклан В. А.* Анализ подходов, методов и решений для детектирования позы человека. Выбор инструмента для задачи определения эмоционального состояния человека по его позе // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 6. – С. 41–47.
5. *Коберник П. С.* Использование искусственного интеллекта в сфере спорта для оптимизации работы фитнес-приложений // Молодой ученый. – 2024. – № 15 (514). – С. 453–454.
6. *Конюшко Е. А., Сидин М. Г.* Образование и искусственный интеллект: возможности, ограничения и перспективы // Студенческая наука для развития информационного общества: материалы XV Всероссийской научно-технической конференции с приглашением зарубежных ученых. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2024. – С. 37–42.
7. *Кулаков П. А., Еремин А. С.* Особенности разработки компьютерных обучающих тренажеров в Unity 3D // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 177–181.
8. *Медникова Е. В., Котляров Е. С., Попова М. В.* Перспективы применения приложений с искусственным интеллектом в физической культуре // Студенческий спорт: инновации, технологии и цифровая трансформация: материалы I Всероссийской научно-практической конференции (Калининград, 30–31 марта 2023 г.). – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2023. – С. 153–156.
9. *Пятаева А. В., Мерко М. А., Жуковская В. А., Казакевич А. А.* Распознавание активности человека по видеоданным // International Journal of Advanced Studies. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 96–110.



10. Сивцов И. В. Революция искусственного интеллекта в спортивном туризме: эффективность, безопасность и персонализация // Проблемы и перспективы развития спортивного ориентирования и активных видов туризма: материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Смоленск: Изд-во СГУС, 2024. – С. 222–224.

11. Терехин А. Д., Ильялов О. Р., Степанов А. В. Система оценивания спортивных упражнений по нейросетевому анализу видеоряда // Прикладная математика и вопросы управления. – 2022. – № 1. – С. 75–86.

12. Шилкина Г. Н. Применение инновационных технологий обучения в области физического воспитания в вузе. Возможности и перспективы // Инновации в спортивной науке: опыт поколений и новые технологии: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – М.: Изд-во РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2024. – С. 219–223.

13. Шрайнер Б. А., Жомин К. М. Инновационные подходы в организации занятий физической культурой с применением компьютерных технологий // Вестник педагогических инноваций. – 2023. – № 4 (72). – С. 77–85.

14. Moeslund T. B., Thomas G., Hilton A. Computer Vision in Sports. Advances in Computer Vision and Pattern Recognition [Электронный ресурс]. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-09396-3#bibliographic-information> (дата обращения: 17.04.2024).

15. Naik B. T., Hashmi M. F., Bokde N. D. A Comprehensive Review of Computer Vision in Sports: Open Issues, Future Trends and Research Directions // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12, Issue 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12094429>

16. Smith J., Johnson M. Exploring the applications of computer vision in sports. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ultralytics.com/blog/exploring-the-applications-of-computer-vision-in-sports> (дата обращения: 17.04.2024).

## References

1. Velmozhko N. I., Boyko A. A. Development of an algorithm for recognizing physical exercises. *Physics and radioelectronics in medicine and ecology: proceedings of the XIV International Scientific Conference. Book 2.* Vladimir, 2020, pp. 94–99. (In Russian)

2. Germanov K. V., Krasnoperova T. V., Germanova A. A. Analysis of the use of computer vision in sports. *Scientific notes of the University named after P. F. Lesgaft*, 2023, no. 9 (223), pp. 100–105. (In Russian)

3. Ermakov A. V. Analysis of the movement in martial arts using the OpenCV “computer vision” libraries and the MediaPipe artificial intelligence framework. *Martial arts and martial arts: science, practice, education: Materials of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation (Moscow, October 14, 2021).* Under the general editorship of Yu. L. Orlov, L. G. Ryzhkova. Moscow: Publishing House of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, 2021, pp. 106–111. (In Russian)

4. Kiselev Yu. V., Bogomolov I. A., Rozaliev V. L., Baklan V. A. Analysis of approaches, methods and solutions for detecting human posture. Choosing a tool for the task of determining a person’s emotional state by his pose. *Modern science-intensive technologies*, 2023, no. 6, pp. 41–47. (In Russian)

5. Kobernik P. S. The use of artificial intelligence in the field of sports to optimize the work of fitness applications. *Young scientist*, 2024, no. 15 (514), pp. 453–454. (In Russian)

6. Konopko E. A., Sidin M. G. Education and artificial intelligence: opportunities, limitations and prospects. *Student science for the development of the information society: Materials of the XV All-Russian Scientific and Technical Conference with the invitation of foreign scientists.* Stavropol: Publishing House of the North Caucasian Federal University, 2024, pp. 37–42. (In Russian)



7. Kulakov P. A., Eremin A. S. Features of the development of computer training simulators in Unity 3D. *Izvestia Tula State University. Technical sciences*, 2024, no. 1, pp. 177–181. (In Russian)

8. Mednikova E. V., Kotlyarov E. S., Popova M. V. Prospects for the use of artificial intelligence applications in physical education. *Student sports: innovation, technology and digital transformation: materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference* (Kaliningrad, March 30–31, 2023). Kaliningrad: Publishing House of the I. Kant Baltic Federal University, 2023, pp. 153–156. (In Russian)

9. Pyataeva A. V., Merko M. A., Zhukovskaya V. A., Kazakevich A. A. Recognition of human activity from video data. *International Journal of Advanced Studies*, 2022, vol. 12, issue 4, pp. 96–110. (In Russian)

10. Sivtsov I. V. The revolution of artificial intelligence in sports tourism: efficiency, safety and personalization. *Problems and prospects for the development of orienteering and active types of tourism: Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation*. Smolensk: Publishing House of the Smolensk State University of Sports, 2024, pp. 222–224. (In Russian)

11. Terekhin A. D., Ilyalov O. R., Stepanov A. V. The system of estimation of sports exercises according to the neural network analysis of a video series. *Applied mathematics and issues of management*, 2022, no. 1, pp. 75–86. (In Russian)

12. Shilkina G. N. Application of innovative training technologies in the field of physical education at the university. Opportunities and prospects. *Innovations in sports science: generational experience and new technologies: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation*. Moscow: Publishing House of the Russian University of Economics named after G. V. Plekhanov, 2024, pp. 219–223. (In Russian)

13. Shriner B. A., Zhomin K. M. Innovative approaches in the organization of physical education with the use of computer technology. *Journal of Pedagogical Innovations*, 2023, no. 4 (72), pp. 77–85. (In Russian)

14. Moeslund T. B., Thomas G., Hilton A. *Computer Vision in Sports. Advances in Computer Vision and Pattern Recognition* [Electronic resource]. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-09396-3#bibliographic-information> (date of access: 17.04.2024).

15. Naik B. T., Hashmi M. F., Bokde N. D. A Comprehensive Review of Computer Vision in Sports: Open Issues, Future Trends and Research Directions. *Applied Sciences*, 2022, vol. 12, issue 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12094429>

16. Smith J., Johnson M. *Exploring the applications of computer vision in sports* [Electronic resource]. URL: <https://www.ultralytics.com/blog/exploring-the-applications-of-computer-vision-in-sports> (date of access: 17.04.2024).

## Информация об авторах

**Шрайнер Борис Александрович** – кандидат психологических наук, доцент кафедры информационных систем, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-5697-2701>, [boris.shrayner@gmail.com](mailto:boris.shrayner@gmail.com)

**Жомин Константин Михайлович** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры спортивных дисциплин, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-8642-9470>, [kos-jom83@mail.ru](mailto:kos-jom83@mail.ru)



### **Information about the Authors**

**Boris A. Schreiner** – Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-5697-2701>, [boris.shrayner@gmail.com](mailto:boris.shrayner@gmail.com)

**Konstantin M. Zhomin** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Sports Disciplines, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, <https://orcid.org/0000-0001-8642-9470>, [kos-jom83@mail.ru](mailto:kos-jom83@mail.ru)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи к публикации.

**Authors' contribution:** Authors have all made an equivalent contribution to preparing the article for publication.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflict of interest.**

Поступила: 22.04.2024; одобрена после рецензирования: 01.07.2024; принята к публикации: 15.07.2024.

Received: 22.04.2024; approved after peer review: 01.07.2024; accepted for publication: 15.07.2024.

