



УДК 796.015

Использование технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения для автоматизации контроля выполнения фитнес-упражнений на примере онлайн-платформы FORA VISION

А. Н. Борисова¹, С. А. Вольнов²

¹Общество с ограниченной ответственностью «Фора Вижен Интеллектуальные Системы»,
Москва, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва,
Россия

Аннотация

Актуальность автоматизации контроля выполнения упражнений обусловлена увеличением потребности в онлайн фитнес-программах, применением искусственного интеллекта для анализа техники выполнения упражнений и стимулированием пользователей к занятиям фитнесом с помощью удобных цифровых платформ, способствующих повышению эффективности тренировок.

Цель. Разработка и внедрение технического решения для контроля физической активности во время выполнения комплексов тренировок с использованием мобильного телефона и компьютера с применением технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения.

Методы. В предложенном решении был использован фреймворк для компьютерного зрения MediaPipe Pose Detection, нейронные сети которого предварительно обучены на большом количестве данных и могут с высокой точностью справляться с поставленной задачей в ситуациях с разными фонами, одеждой и людьми.

Результаты. Разработано техническое решение – онлайн-платформа FORA VISION (<https://fora.vision>), в основе которого лежат нейронные сети, обученные на размеченном массиве физических упражнений, которое позволяет в автоматическом режиме отслеживать выполнение упражнений и подсчитывать их количество.

Заключение. Технология распознавания и оценки движений применима в различных областях - от проведения дистанционных занятий по физической культуре в учебных заведениях до лечебной и производственной гимнастик, а также для самостоятельной отработки базовых навыков движений в различных видах спорта и профессионально-прикладных областях.

Ключевые слова: искусственный интеллект в физической культуре и спорте, технологии компьютерного зрения в спорте, автоматический контроль выполнения упражнений, дистанционные занятия физической культурой, персонализированный подход к занятиям спортом

The use of artificial intelligence and computer vision technologies for automating fitness exercise monitoring using the example of the online platform FORA VISION

A. N. Borisova¹, S. A. Volnov²

¹Fora Vision Intelligent Systems LLC, Moscow, Russia

²National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia

Abstract

The importance of automating exercise tracking is due to the growing demand for online fitness programs. Artificial intelligence can be used to analyze exercise techniques and encourage users to engage in fitness through convenient digital platforms that enhance training effectiveness.

Objective. To develop and implement a technical solution for tracking physical activity during training sessions, using a mobile phone and computer, with the help of artificial intelligence and computer vision technologies.

Methods. The proposed solution uses the MediaPipe Pose Detection computer vision framework. Its neural networks have been pre-trained on a vast amount of data, allowing them to accurately handle the task in various scenarios with different backgrounds, clothing, and people.

Results. A technical solution has been developed - the FORA VISION online platform (<https://fora.vision>), which is based on neural networks trained on a marked-up set of physical exercises. This allows users to automatically track their exercise performance and calculate the number of repetitions they have completed.

Conclusions. Motion recognition and evaluation technology has applications in various fields. It can be used for conducting distance physical education classes in schools and universities, as well as in therapeutic and industrial gymnastics. It can also be used to help people develop their basic movement skills for various sports and professional activities.

Keywords: artificial intelligence in physical education and sports, computer vision technologies in sports, automatic exercise monitoring, remote physical education classes, personalized approach to sports

Введение

Развитие платформенных ИТ-решений с применением искусственного интеллекта и компьютерного зрения для контроля и управления физической активностью стало одним из ключевых направлений усиливающегося тренда цифровизации физической культуры и спорта [1]. Этот тренд получил мощный импульс во время пандемии COVID-19, когда традиционные формы занятий спортом стали недоступны, и продолжает набирать популярность в постковидный период, в частности, в образовательных учреждениях в рамках фиджитал-движения (phygital) [2, 3].

Утвержденная Правительством РФ в 2024 году концепция развития этого движения подразумевает «развитие отечественных технологических платформ цифровых и спортивных компетенций при проведении спортивных соревнований по фиджитал-спорту и иным спортивным дисциплинам в формате фиджитал» [4].

Одним из основных направлений фиджитал-движения является применение современных платформенных решений с использованием искусственного интеллекта и компьютерного зрения для регулярных занятий физической культурой и спортом, в частности:

- для дистанционных занятий физической культурой в учебных заведениях, спортивных школах, онлайн-школах;
- для развития навыков профессионально-прикладной физической подготовки в суворовских училищах и колледжах МЧС;
- для тренировки основных базовых движений вида спорта на начальном этапе спортивной подготовки;
- для выявления, оценки и развития двигательных способностей детей и подростков в целях спортивной ориентации и отбора;
- для правильного выполнения программ производственной гимнастики и организации и учета оздоровительной физической активности в организациях и на предприятиях;
- для интеграции образовательного процесса и спортивной подготовки студентов в образовательных организациях высшего образования [5].

Некоторые преимущества данной технологии включают:

- значительное сокращение расходов на транспорт, аренду спортивных сооружений и инвентаря как для тренеров, так и для занимающихся;
- возможность контроля за регулярностью физической активности с минимальными затратами труда;
- повышение мотивации молодежи к занятиям физической культурой благодаря индивидуальной настройке тренировок под их потребности;
- возможность увеличить число занимающихся при снижении затрат на их вовлечение;
- улучшение качества физической подготовки;
- единая оценочная система, которая помогает избежать предвзятости судейства и создает возможности для адекватного сравнения уровня подготовки детей;
- выстраивание контура обратной связи от занимающихся к тренеру в целях оценки правильности выполнения заданий в дистанционном формате. Также важно отметить, что такой формат проведения физических занятий очень близок и понятен современной молодежи.

В настоящее время дистанционные занятия проходят в следующих форматах:

- отправка видеозаписей занятий в мессенджерах (Telegram или WhatsApp) на проверку;
- онлайн-курсы - написание рефератов или прохождение онлайн-тестов, просмотр видео-уроков;
- проведение занятий в формате видеоконференций (типа Zoom);
- проведение занятий с использованием спортивных приложений.

Все эти решения обладают своими преимуществами и недостатками. Например, при отправке видеосообщений в мессенджерах тратится очень много времени преподавателя на проверку тренировок. В случае с рефератами и онлайн тестами у учащихся отсутствует реальная физическая нагрузка во время проведения занятий по физической культуре.

Предыдущие исследования и решения

В научной литературе изложены различные алгоритмы распознавания двигательной активности человека.

Так, в работе [6] предложен алгоритм распознавания активности, который состоит из следующей последовательности этапов:

- извлечение позы человека. Этот этап означает извлечение координат суставов скелета человека с последующим вычислением векторов признаков. Результатом является определение поз человека;
- выбор поз человека. Идентифицируемая активность представляется подмножеством поз человека. Подмножества являются векторами центроидов, вычисляемыми алгоритмом кластеризации k-средних с использованием извлеченных векторов признаков;
- вычисление вектора признаков активности. Полученные векторы центроидов сортируются с учетом порядка, в котором элементы кластера встречаются во время активности;
- классификация. На этом этапе выполняется связывание вектора признаков активности с конкретным действием.

В работе [6] предложен подход к построению библиотеки данных активности, состоящий из шести следующих этапов:

- 1) Генерация скелета и извлечение унифицированных данных.
- 2) Выравнивание скелетной структуры.
- 3) Повторная выборка.
- 4) Координационное преобразование.
- 5) Сегментация данных.
- 6) Формат данных набора данных.

В разработке FORA VISION за основу взят подход, указанный в работе [7]. При этом библиотека данных состояла как из видеобиблиотеки правильно выполненных движений, так и неправильно выполненных движений, что позволяло засчитывать только корректно выполненные упражнения и не засчитывать неверно выполненные.

В работе [8] перечисляются основные проблемы и сложности, связанные с захватом движения видеокамерой для последующего анализа:

- схожий внешний вид объектов;
- сложные перекрытия объектами друг друга;
- меняющийся фон;
- наличие дополнительного предмета (мяча, шайбы и т.п.);
- меняющийся масштаб игроков во время движения, и другое.

Методы

Для конструирования алгоритма распознавания использовался фреймворк для компьютерного зрения MediaPipe Pose Detection (MPPD), нейронные сети которого предварительно обучены на большом объеме данных и могут с высокой точностью справляться с поставленной задачей в ситуациях с разными фонами, одеждой и людьми.

MPPD – это система оценки позы от Google, которая использует подход для определения позы человека, которая сначала обнаруживает человека, а затем определяет семантические ключевые точки на его теле. MPPD использует сверточные нейронные сети (CNN) для оценки позы и предлагает 33 ключевые точки на теле человека, включая голову, верхнюю и нижнюю части тела.

Результаты и обсуждение

Для того чтобы решить описанные выше проблемы и обеспечить возможность заниматься онлайн с сохранением индивидуального подхода, было разработано техническое решение – онлайн-платформа FORA VISION [9]. В основе технического решения лежат нейронные сети, обученные на размеченном экспертами массиве физических упражнений, которые позволяют в автоматическом режиме отслеживать выполнение упражнений и подсчитывать их количество. Тренеры и преподаватели физической культуры, после регистрации, в своём личном кабинете могут составлять курсы из упражнений на разные части тела. В настоящий момент поддерживается 25 упражнений (рисунк 1). После овладения методикой правильного выполнения упражнений с дистанционным участием тренера, занимающиеся могут проходить созданные ими тренировки самостоятельно. В личном кабинете тренера (преподавателя) накапливается актуальная статистика по завершённым тренировкам занимающихся.

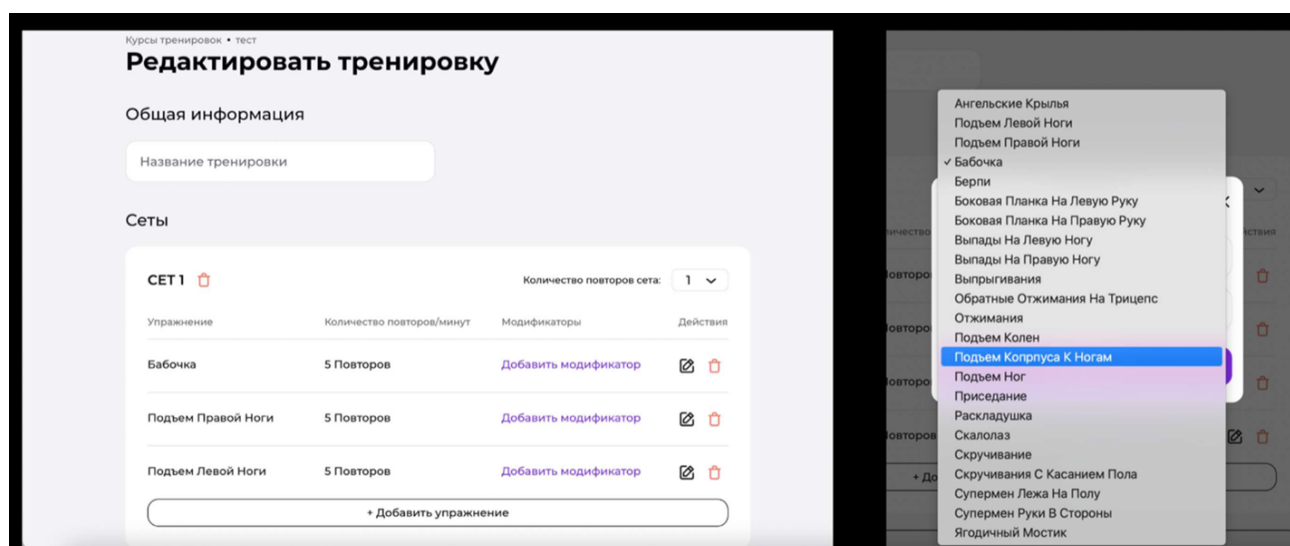


Рис. 1: Интерфейс сервиса FORA VISION. Составление программы тренировок
Fig. 1: The interface of the FORA VISION service. Preparation of a training program)

При разработке ИТ-решения FORA VISION использовался подход схожий с тем, который указан в работе [10], но только вместо того, чтобы классифицировать вектор активностей, в системе покадрово классифицируются позы, и только после этого, зная последовательность поз, определяется, было ли выполнено целевое действие. В основе существующего решения лежит алгоритм распознавания ключевых точек на теле человека, группируемых в кинематическую модель (рисунк 2).

Алгоритм позволяет по фото или видеопотоку определять координаты основных точек тела, по которым строится модель в отдельном кадре, которая в дальнейшем используется в алгоритме распознавания упражнения.

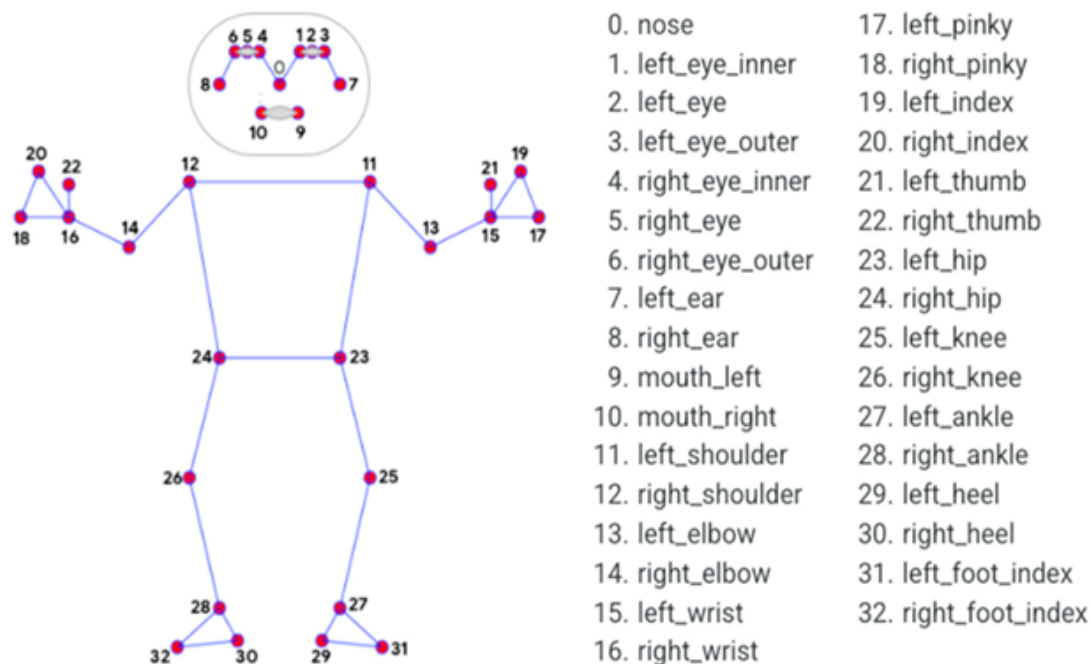


Рис. 2: Кинематическая модель человека, построенная на основе алгоритма распознавания ключевых точек

Fig. 2: A kinematic human model based on a key point recognition algorithm

Процесс распознавания в рамках одного видеокadra можно разделить на несколько этапов:

- детекция ключевых точек на теле человека;
- определение позы на изображении по найденным координатам точек;
- обновление счетчика количества сделанных упражнений, если на этом кадре произошло очередное выполнение упражнения.

Для успешного применения системы критическим фактором является скорость алгоритма, который должен работать в реальном времени, это важно для возможности легкого масштабирования системы. Поэтому MPPD находит точки только когда человек входит в кадр и после этого их отслеживает, а не заново ищет каждый раз. Это обеспечивает более высокую скорость и возможности запуска даже на не очень мощных устройствах.

Алгоритм распознавания упражнений основан на классических методах машинного обучения: на вход подаются координаты ключевых точек, и по ним определяются принимаемые человеком позы из имеющегося словаря. Так как в каждый момент времени система знает, какое упражнение сейчас выполняет человек, то нет необходимости использовать одну большую модель на все потенциальные упражнения: можно обучить много малых моделей, каждая из которых будет отвечать только за одно упражнение. В рамках одного упражнения использовались три вида позиций тела: верхняя, нижняя и нейтральная (любая другая, но не верхняя и не нижняя).

Примеры верхних и нижних позиций при приседании представлены на [рисунке 3](#).



Рис. 3: Иллюстрация верхней и нижней позиции при выполнении упражнения «Приседание»

Fig. 3: Illustration of the upper and lower positions during the Squat exercise

Система также позволяет детектировать некачественно выполненные упражнения, которые не засчитываются, если занимающийся сделал их неправильно.

Для разработки алгоритма детектирования по каждому упражнению снимались отдельные видеоролики, которые содержали некачественные варианты выполнения упражнения. Затем для каждого упражнения отдельно бинарным поиском уточнялась граница, начиная с которой упражнения можно засчитывать как правильно выполненные. Тренировка на платформе состоит из набора сетов, которые содержат последовательность упражнений и количество подходов необходимых для того, чтобы перейти к следующему упражнению.

Эмпирическим путем было вычислено, что для оптимальной динамики распознавания упражнений достаточно всего 12 кадров в секунду, хотя производительности компьютера хватает для распознавания точек на устройстве для 30 кадров в секунду.

Поэтому счетчик системы вычисляет признаки и запускает инференс моделей только для кадров с разницей во времени не менее чем 83 мс. Если счетчик увидел нижнюю позу для конкретного упражнения, то в течение нескольких секунд он ожидает верхнюю позу. В случае регистрации верхней позы алгоритм продвигается дальше по массиву упражнений или если это не так, то заново начинает ожидать нижнюю позу ([рисунок 4](#)).

Система засчитывает правильно выполненное движение, и маркер на экране отмечает это сменой цвета с красно-фиолетового на зеленый, а также автоматически меняется в сторону уменьшения счетчик упражнений, демонстрируя, что упражнение зачтено ([рисунок 5](#)).

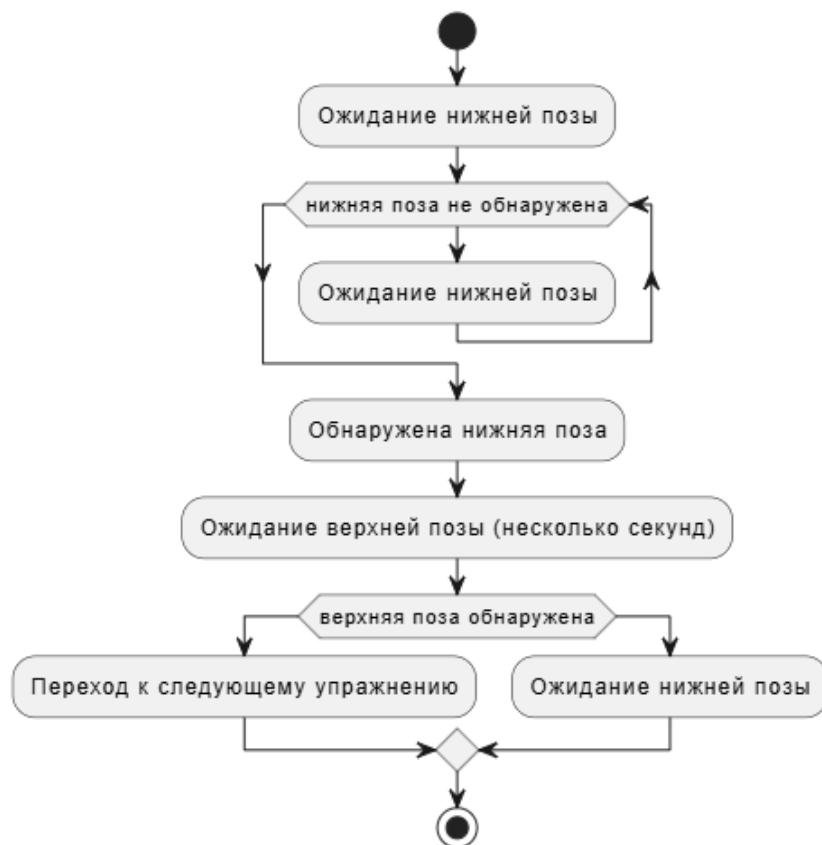


Рис. 4: Часть алгоритма распознавания вида позиции в одном кадре
 Fig. 4: Part of the algorithm for recognizing the type of position in one frame

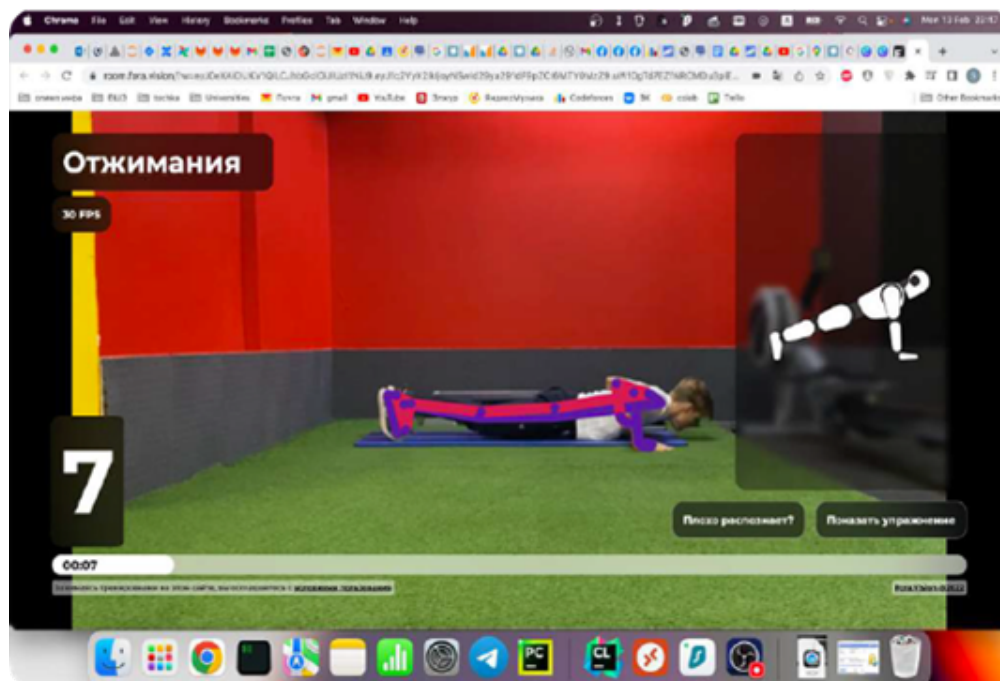


Рис. 5: Интерфейс сервиса, демонстрирующий засчитывание выполненного упражнения
 Fig. 5: The service interface that demonstrates the scoring of the completed exercise

За основу этого алгоритма было взято самостоятельно разработанное серверное решение, адаптированное под веб-интерфейс. Это позволило уменьшить задержку в распознавании и повысить стабильность обработки кадров.

В целях избегания проблем с распознаванием тренирующегося в системе FORA VISION даны рекомендации по необходимому освещению, форме одежды и расстоянию до экрана телефона или компьютера.

Выводы

Онлайн-платформа FORA VISION является разработкой, которая в дальнейшем может быть адаптирована под различные потребности цифровых видов спорта, а также лечебной физической культуры и реабилитации. Важным аспектом является то, что тренер, преподаватель физической культуры или врач имеют возможность формировать тренировки исходя из индивидуальных особенностей и личных целей тренирующегося, что помогает достигнуть значимого результата и повысить вовлеченность населения в занятия спортом. Система подразумевает использование данной разработки для широких масс занимающихся, имеющих ограниченные технические возможности. Для работы с сервисом не требуются маркеры, датчики и другая сложная аппаратура, достаточно только мобильного телефона или компьютера со встроенной камерой. Его использование позволит существенно снизить затраты на контроль занятий и при этом гарантировать качественное выполнение заданных комплексов физических упражнений.

Заключение

Разработанное техническое решение применимо в различных областях - от проведения дистанционных занятий по физической культуре в учебных заведениях до лечебной и производственной гимнастик, а также для самостоятельной отработки базовых навыков движений в различных видах спорта и военно-прикладных специальностях.

Для ее дальнейшей реализации и широкого внедрения необходимо выполнение следующих условий:

- создание единого федерального центра по апробации и внедрению инноваций, связанных с ИИ и компьютерным зрением в области физической культуры и спорта (с фокусом на массовый спорт);
- разработка «дорожной карты» по внедрению ИИ в области физической культуры и спорта;
- разработка единых стандартов сбора/хранения/обработки/анализа данных с учетом требований кибербезопасности;
- создание единой утвержденной видео-библиотеки правильно выполненных движений, а также неправильно выполненных движений;
- включение в государственные задания закупки средств с использованием ИИ и компьютерного зрения;
- создание мотивационных программ для регулярных занятий физической активностью.

В этом случае предстоит большая коллективная работа ученых, специалистов по спортивной медицине, специалистов по различным видам спорта, биомехаников, ИТ-специалистов, физиологов для дальнейшего совершенствования системы.

Список литературы

1. *Егорова Н.М.* Цифровизация российского спорта: проблемы и перспективы // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2022. №4(136). С. 102-106. EDN: <https://elibrary.ru/klxwzq>
2. *Жданович Д.О., Семенов М.М.* Анализ современного состояния фиджитал-движения в Российской Федерации и перспективы его развития до 2030 года // Физическое воспитание и студенческий спорт. 2024. Т.3. №3. С. 232-236. DOI: <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2024-3-3-232-236> EDN: <https://elibrary.ru/grjxyy>
3. *Плешаков В.А.* Фиджиталогия: Homo sapiens cyberus стал Homo sapiens phygitalis // Вестник НИЦБЖД. 2024. №1(59). С. 67-76. EDN: <https://elibrary.ru/sueqmz>
4. Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2024 N 3387-р «Об утверждении Концепции развития фиджитал-движения на территории Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://government.ru/docs/53601/>
5. *Ахмеров К.Ш., Тимме Е.А.* Интеграция учебного процесса и спортивной подготовки в университете в условиях цифровой трансформации // Физическое воспитание и студенческий спорт. 2023. Т.2. №3. С. 263-267. DOI: <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2023-2-3-263-267> EDN: <https://www.elibrary.ru/byzbzq>
6. *Cippitelli E., Gasparrini S., Gambi E., Spinsante S.* A human activity recognition system using skeleton data from RGBD sensors // Computational Intelligence and Neuroscience. 2016. V.2016. Article 4351435. P. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/4351435>
7. *Rahmani H., Mahmood A., Huynh D.Q., Mian A.* HOPC: Histogram of oriented principal components of 3D pointclouds for action recognition // Computer Vision - ECCV 2014: 13th European Conference on Computer Vision, Zurich, Switzerland, September 6-12, 2014, Proceedings, Part II. Cham: Springer, 2014. P. 742-757. (Lecture Notes in Computer Science; vol. 8690). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-10605-2_48
8. *Таранина Н.Г.* Основные направления применения искусственного интеллекта в спорте // Молодежь и научно-технический прогресс: сб. докл. XVII междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т. Губкин, 04 апр. 2024 г. Губкин: ООО «Ассистент плюс», 2024. С. 148-152. EDN: <https://elibrary.ru/iqrban>
9. FORA VISION. Проводите дистанционные тренировки по индивидуальным фитнес-программам с автоматическим контролем выполнения. URL: <https://fora.vision/>
10. *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. V.12. No 9. Article 4429. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12094429>

References

1. *Egorova N.M.* Digitalization of Russian sports: problems and prospects. Izvestiya St. Petersburg State University of Economics, 2022, 4(136), pp. 102-106. (in Russ.) EDN: <https://elibrary.ru/klxwzq>
2. *Zhdanovich D.O., Semenov M.M.* Analysis of the current state of the phygital movement in the Russian Federation and prospects for its development until 2030. Physical Education and University Sport, 2024, 3(3), pp. 232-236. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2024-3-3-232-236> EDN: <https://elibrary.ru/grjxyy>

3. *Pleshakov V.A.* Digitalogy: Homo sapiens cyberus became Homo sapiens phygitalis. Bulletin of the National Library of Railways, 2024, 1(59), pp. 67-76. (in Russ.) EDN: <https://elibrary.ru/sueqmqz>
4. *Government of the Russian Federation.* (2024, November 22). Decree No. 3387-r "On approval of the Concept for the development of the phygital movement in the Russian Federation for the period until 2030". (in Russ.) URL: <http://government.ru/docs/53601/>
5. *Akhmerova K.Sh., Timme E.A.* Integration of the educational process and sports training at the university in the context of digital transformation. Physical education and student sports, 2023, 2(3), pp. 263-267. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2023-2-3-263-267> EDN: <https://www.elibrary.ru/bybzbq>
6. *Cippitelli E., Gasparrini S., Gambi E., Spinsante S.* A human activity recognition system using skeleton data from RGBD sensors. Computational Intelligence and Neuroscience, 2016, Article 4351435, pp. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/4351435>
7. *Rahmani H., Mahmood A., Huynh D.Q., Mian A.* HOPC: Histogram of oriented principal components of 3D pointclouds for action recognition. In: Computer Vision - ECCV 2014: 13th European Conference on Computer Vision. 2014 Sep 6-12, Zurich, Switzerland. Cham: Springer, 2014, pp. 742-757. (Lecture Notes in Computer Science; vol. 8690). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-10605-2_48
8. *Taranina N.G.* Main directions of artificial intelligence application in sports. In: Youth and Scientific-Technical Progress: Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. 2024 Apr 4, Gubkin, Russia. Gubkin: Assistant Plus, 2024, pp. 148-152. EDN: <https://elibrary.ru/iqrban>
9. *FORA VISION.* Conduct remote training according to individual fitness programs with automatic performance monitoring. (in Russ.) URL: <https://fora.vision/>
10. *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, 12(9), Article 4429. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12094429>

Сведения об авторах

Борисова Анастасия Николаевна – Общество с ограниченной ответственностью «Фора Вижен Интеллектуальные Системы», Москва, Россия.

E-mail: borisov-anastasiy@yandex.ru

Вольнов Сергей Арсеньевич – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», кафедра «Прикладная математика и информатика», Москва, Россия.

E-mail: dog.vol.serg@gmail.com

Для цитирования:

Борисова А.Н., Вольнов С.А. Использование технологий искусственного интеллекта и компьютерного зрения для автоматизации контроля выполнения фитнес-упражнений на примере онлайн-платформы FORA VISION // Российский журнал информационных

технологий в спорте. – 2025. – Т. 2, № 2. – С. 3-14. DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2025-2-2-3-14> EDN: MANNHE

For citation:

Borisova A.N., Volnov S.A. The use of artificial intelligence and computer vision technologies for automating fitness exercise monitoring using the example of the online platform FORA VISION. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2025, 2 (2), pp. 3-14. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2025-2-2-3-14> EDN: MANNHE

Статья поступила в редакцию: 23.04.2025

Статья принята в печать: 15.05.2025

Статья опубликована: 21.05.2025