

УДК 004.93'12

DOI:10.25729/ESI.2026.41.1.014

## Программные средства для оценки выполнения физических упражнений

Кораблева Марина Дмитриевна, Бекенева Яна Андреевна

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина), Россия, Санкт-Петербург, [marinkakd.ru23322@gmail.com](mailto:marinkakd.ru23322@gmail.com)

**Аннотация.** В современном мире наблюдается растущий интерес к мобильным приложениям для занятий спортом. Эта тенденция обусловлена ускоряющимся темпом жизни, нехваткой времени на посещение фитнес-центров и растущей потребностью людей в поддержании необходимого уровня физической активности. Цифровые платформы предлагают пользователям разнообразные тренировочные программы: специализированные комплексы для проработки различных мышечных групп, программы кардионагрузок, индивидуальные планы тренировок с учётом уровня подготовки, целей и ограничений пользователя. Главным преимуществом таких приложений является возможность тренироваться в любом месте и в любое время. Однако существенный недостаток подобных приложений заключается в отсутствии профессионального контроля за правильностью выполнения упражнений. Неверная техника может не только снизить эффективность занятий, но и привести к травмам, например, растяжениям, повреждениям суставов и мышц. Особенно это критично для начинающих спортсменов, которые ещё не освоили базовые упражнения и технику безопасности при их выполнении. Целью работы является создание интеллектуальной системы оценки качества выполнения физических упражнений. Принцип работы основан на анализе видеопотока с камеры устройства пользователя, сравнении техники выполнения с эталонной моделью и автоматическом распознавании эталонной техники тренера. Процесс тренировки сопровождается визуальной обратной связью: индикацией корректных положений тела, выявлением ошибок в технике выполнения, отображением положения ключевых точек тела (суставов, конечностей и т.д.) в режиме реального времени. Такой подход позволяет пользователям получать качественную обратную связь мгновенно, что значительно повышает эффективность тренировок и снижает риск получения травм из-за неправильной техники. Система может давать рекомендации по корректировке позы, темпа и амплитуды движений, делая самостоятельные занятия спортом безопаснее и результативнее. В работе продемонстрирована возможность применения разработанной системы для выполнения статичных упражнений, например, при занятиях йогой. Дальнейшее направление исследования и разработки связано с динамическими упражнениями и значительным расширением функциональности и сферы применения системы.

**Ключевые слова:** программные средства для фитнеса, физические упражнения, компьютерное зрение, обработка изображений, определение поз, ключевые точки

**Цитирование:** Кораблева М.Д. Программные средства для оценки выполнения физических упражнений / М.Д. Кораблева, Я.А. Бекенева // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2026. – № 1(41). – С. 189-198 – DOI:10.25729/ESI.2026.41.1.014.

**Введение.** Популяризация здорового образа жизни повлияла не только на увеличение числа спортивных секций и студий фитнеса, но и на развитие соответствующих технологий. Согласно исследованиям, всё больше людей заинтересованы в формировании и поддержании правильных пищевых привычек и регулярном выполнении физических упражнений. Развивается направление корпоративного спорта [1], подразумевающее вовлечение в спортивные занятия сотрудников организаций. Направления физкультурно-спортивной деятельности широко представлены в учебных заведениях [2]. Согласно результатам опубликованных исследований, около 77,8% населения России уделяют время фитнесу и спорту [3]. Однако не все готовы регулярно посещать спортивные залы или индивидуальные тренировки. Среди наиболее частых причин выделяют временные и финансовые затраты, стеснительность при посещении групповых занятий [4, 5]. Такие люди предпочитают в домашних условиях выполнять упражнения, увиденные по телевизору или в интернете. Стоит отметить, что люди, посещающие спортивные секции, тоже предпочитают короткие домашние тренировки в качестве ежедневной рутины. Несомненным преимуществом таких тренировок является возможность

легко встроить их в повседневный график, например, выполнять короткие серии упражнений во время перерывов.

Существует множество мобильных приложений для самостоятельных занятий фитнесом. Отмечается, что существенный рост их популярности приходится на 2020, т. е. период пандемии [3] и с тех пор продолжает расти. Например, приложение Starva, разработанное для профессиональных спортсменов, используют более 100 миллионов пользователей, а приложение Google Fit для подсчета количества шагов было скачано пользователями более 50 миллионов раз [6]. Как правило, мобильные приложения занятий фитнесом содержат наборы упражнений, которые предлагаются пользователю в рамках тренировки. Это позволяет выполнять составленные профессионалами комплексы, включающие в себя разминку, основную часть и заминку, а разнообразие упражнений поддерживает интерес к тренировкам. Однако возникает вопрос о безопасности проведения тренировок в домашних условиях без какого-либо контроля.

Стоит отметить, что существующие приложения для фитнеса разработаны для смартфонов и не имеют аналогов для использования на ПК. Целью работы являлась разработка десктопного программного инструмента для мониторинга и оценки качества выполнения упражнений с помощью компьютерного зрения.

**1. Релевантные работы.** Большинство существующих фитнес-приложений, например, Nike Training Club, Fitness Online или ProFit функционирует по общему принципу [7]. При первом запуске пользователю предлагается оценить уровень физической подготовки посредством выполнения тестового набора упражнений и предоставления обратной связи. Формирование набора тренировочных упражнений происходит на основе результата оценки, а также пожеланий пользователя, которые задаются в настройках. Пользователю предлагается указать количество тренировок в неделю, предпочтения относительно задействованных групп мышц и ограничения. Как правило, все настройки могут быть изменены в любой момент времени.

Перед проведением тренировки пользователю предоставляются инструкции по выполнению упражнений, которые содержат как текстовые описания, так и видеозаписи. Отдельно отмечаются важные особенности и типичные ошибки. Приступая к тренировке, пользователю предлагается нажать кнопку запуска, что одновременно приводит к включению секундомера и началу отображения упражнений по порядку. Большинство современных приложений регистрируют время, затраченное на тренировку, а также количество потраченных калорий, которое вычисляется для каждого упражнения без учета реального качества их выполнения. После окончания тренировки пользователю предлагается отправить обратную связь и оценить сложность предложенного комплекса, усталость, положительные и негативные ситуации.

Несомненными преимуществами таких приложений является экономия временных и финансовых затрат за счет отсутствия необходимости идти или ехать в спортивную студию, а цена подписки на фитнес-приложение значительно ниже цены абонемента в спортивный зал. Однако во время очных тренировок есть возможность немедленной корректировки в случае неправильного выполнения упражнения. При необходимости тренер может пояснить ошибку, помочь её исправить, а также предотвратить потенциально опасные ситуации, результатом которых может стать травмирование.

Проблема отсутствия мониторинга со стороны мобильных приложений может быть решена средствами компьютерного зрения. На данный момент существуют несколько приложений с внедренным искусственным интеллектом, среди которых: Infigro [8], DeepSport [9] и ALPHA AI Coach [10].

Infigro – это инновационная платформа для домашних тренировок, которая помогает пользователям совершенствовать технику выполнения упражнений. Основной принцип ра-

боты заключается в использовании мобильного приложения, поскольку веб-версия не предусмотрена. Платформа содержит более ста разнообразных тренировочных программ, охватывающих множество направлений фитнеса. Тренировка проходит следующим образом: на экране телефона показывается правильное выполнение упражнения, а камера устройства фиксирует движения пользователя. Система анализирует технику выполнения и сразу же даёт рекомендации по улучшению. К особенностям платформы можно отнести голосовые подсказки при обнаружении ошибок, визуальный индикатор точности выполнения в процентах, подробная статистика после завершения тренировки. В отличие от некоторых аналогичных приложений, *Infigo* не использует технологию наложения контрольных точек на изображение пользователя для анализа техники, что может создавать определенные неудобства при тренировке. Однако система компенсирует это за счет других механизмов обратной связи. По завершении занятия пользователь получает полную информацию о его эффективности, включая процент точности выполнения и детальный анализ результатов тренировки.

*DeepSport* представляет собой мобильное приложение для эффективных домашних тренировок, не требующих специального спортивного инвентаря. Принцип работы приложения построен на инновационной технологии распознавания положения тела пользователя в режиме реального времени. Система анализирует движения и предоставляет мгновенную обратную связь через голосовые подсказки, звуковые сигналы, визуальное сопровождение. Интерфейс тренировки включает в себя демонстрационное видео с эталонным выполнением упражнения и прямую трансляцию с камеры телефона, где отображаются ключевые точки тела для контроля техники. Система оценки позволяет пользователю отслеживать правильность выполнения упражнений в процентах, получать детальную статистику после каждой тренировки и анализировать свой прогресс. Такой комплексный подход делает тренировки максимально эффективными и безопасными, помогая пользователям достигать своих фитнес-целей в домашних условиях.

*Alpha AI Coach* – это мобильное приложение для персональных тренировок, разработанное для достижения различных фитнес-целей: от похудения до поддержания физической формы. Функциональные возможности приложения включают анализ движений пользователя через камеру смартфона в режиме реального времени, интеллектуальные подсказки по улучшению техники выполнения, визуальное отображение ключевых точек тела на экране, подсчёт базовых показателей тренировки. Текущая база содержит около 10 различных упражнений, что ограничивает возможности её использования. Система предоставляет базовые голосовые инструкции (например, «поднимитесь» или «опуститесь»), при этом отсутствует возможность предоставления более конкретных инструкций. Отсутствует демонстрация эталонного выполнения упражнений, что может затруднить освоение правильной техники. Также не предусмотрена возможность составлять комплексы для отдельной тренировки, поэтому пользователю необходимо самостоятельно планировать последовательность упражнений и число подходов. Система оценки ограничивается только такими количественными показателями, как продолжительность тренировки, расчёт потраченных калорий. Несмотря на наличие полезных функций, таких, как отображение ключевых точек тела, приложение имеет существенные ограничения в плане обратной связи и автоматизации тренировочного процесса.

В России также появляются разработки с применением искусственного интеллекта. Например, мобильное приложение *SportAchieve Partner* [11] предоставляет возможность получать скидки у партнеров при правильном выполнении упражнений заданное количество раз. Приложение призвано решить проблему низкой мотивации к занятиям спортом, предлагая пользователям реальные бонусы за физическую активность. Приложение активно развивается, однако на данный момент не содержит видеоинструкции к выполнению упражнений, а также

отсутствует голосовой помощник. Основной идеей приложения является возможность получения промокодов за правильно выполненные задания, и, хоть это является повышением мотивации к выполнению физических упражнений, пока еще не может считаться приложением для проведения тренировок с целью проработки определенных групп мышц. Кроме того, следует учитывать, что пользователи могут выбирать более простые для себя упражнения, а также превышать нагрузку, желая получить больше скидков.

Приложение Fittonic [12] разработано при участии специалистов и тренеров, содержит обширный набор упражнений и предлагает возможность индивидуализации тренировок. Однако, в настоящее время, доступна только версия для iOS, что ограничивает возможности использования.

Технологии компьютерного зрения применяются и в более узкоспециализированных отраслях спорта. Например, российская разработка BD-Sport [13] позволяет анализировать технику упражнений в художественной гимнастике, спортивной гимнастике, прыжках в воду и др.

Важно отметить, что все рассмотренные решения являются мобильными приложениями. Однако отсутствуют инструменты, которые можно было бы использовать на ПК или ноутбуке. Разработка настольных приложений могла бы повысить круг лиц, использующих компьютерные технологии для проведения домашних фитнес тренировок.

**2. Программные средства распознавания образов.** Для разработки программного обеспечения было принято решение выбрать готовый фреймворк среди существующих. По умолчанию, любое фитнес-приложение разрабатывается для единоличного использования, следовательно, требуется распознавание в кадре только одного человека. Таким образом, в результате анализа существующих средств распознавания образов были рассмотрены YOLO v7 [14] и Mediapipe [15], предварительно обученные на датасете COCO (Common Object in Context) [16], который представляет собой набор, содержащий 330 000 различных изображений и 1,5 миллиона экземпляров объектов.

YOLO (You Only Look Once) представляет собой революционный алгоритм, разработанный для классификации и идентификации объектов, как на статических изображениях, так и в видеопотоке. Автором алгоритма является Джозефа Рэдмонда, представивший и опубликовавший результаты своей работы в 2015-2016 гг. Главными преимуществами технологии YOLO являются высокая скорость обработки данных, высокая точность распознавания объектов, относительная простота процесса обучения модели. Популярность алгоритма обусловлена его эффективностью в сфере компьютерного зрения, что привело к появлению более десяти различных модификаций YOLO от различных разработчиков. Наибольший интерес в контексте поставленной задачи представляет версия YOLOv7, отличающаяся способностью выделять структуру скелета и возможностью анализа позы человека на каждом кадре видео.

Mediapipe – разработка компании Google, история которой началась в 2012 году. Основной целью создания являлось решение задачи обработки видео- и аудиоконтента в режиме реального времени на видеохостинге YouTube. Эволюция технологии привела к её интеграции в различные продукты Google. Важным этапом развития стал 2019 год, когда платформа стала доступной для сторонних разработчиков, что открыло новые возможности для развития технологий компьютерного зрения. Принцип работы Mediapipe основан на создании единой модели человека, которая непрерывно отслеживается на протяжении всего видеопотока. Ключевые возможности фреймворка включают детальное распознавание лиц (face mesh), точное определение положения тела, идентификация отдельных частей тела. Mediapipe отличается минимальными требованиями к ресурсам (достаточно мощности графического процессора), потенциальной кроссплатформенностью и высокой эффективностью обработки данных.

В отличие от YOLO, Mediapipe демонстрирует лучшие показатели при разработке пользовательских приложений, требующих обработки видео в реальном времени и точного отслеживания объектов. Это делает его предпочтительным выбором для создания решений в области компьютерного зрения.

Mediapipe характеризуется более простой по сравнению с YOLO архитектурой системы, минимальными потерями кадров во время работы, а также возможностью отслеживания движений практически в реальном времени (с незначительной задержкой). Точность анализа Mediapipe Pose существенно выше благодаря отслеживанию большего количества точек на теле, возможности анализа положения ступней и пальцев, детальной оценке правильности выполнения упражнений. Особое значение точность отслеживания имеет при занятиях йогой, где важна правильная постановка стоп, и даже незначительные отклонения могут привести к травмам, например, растяжениям.

Таким образом, для тренировок, требующих детального анализа положения тела, особенно в области стоп и пальцев, Mediapipe демонстрирует явное преимущество перед YOLOv7, что делает его более подходящим решением для фитнес-приложений.

Для обнаружения человека на фото или видео используется модель, состоящая из 33 точек тела человека, показанная на рисунке 1. Каждая точка сопровождается следующими характеристиками:

- положению этой точки в координатах (x; y; z), где параметр z описывает глубину точки и может быть, как отрицательным, так и положительным числом, а x и y описывают положение точки относительно ширины и высоты изображения;
- параметре видимости, интересующей нас точки – visibility: visibility in [0; 1].

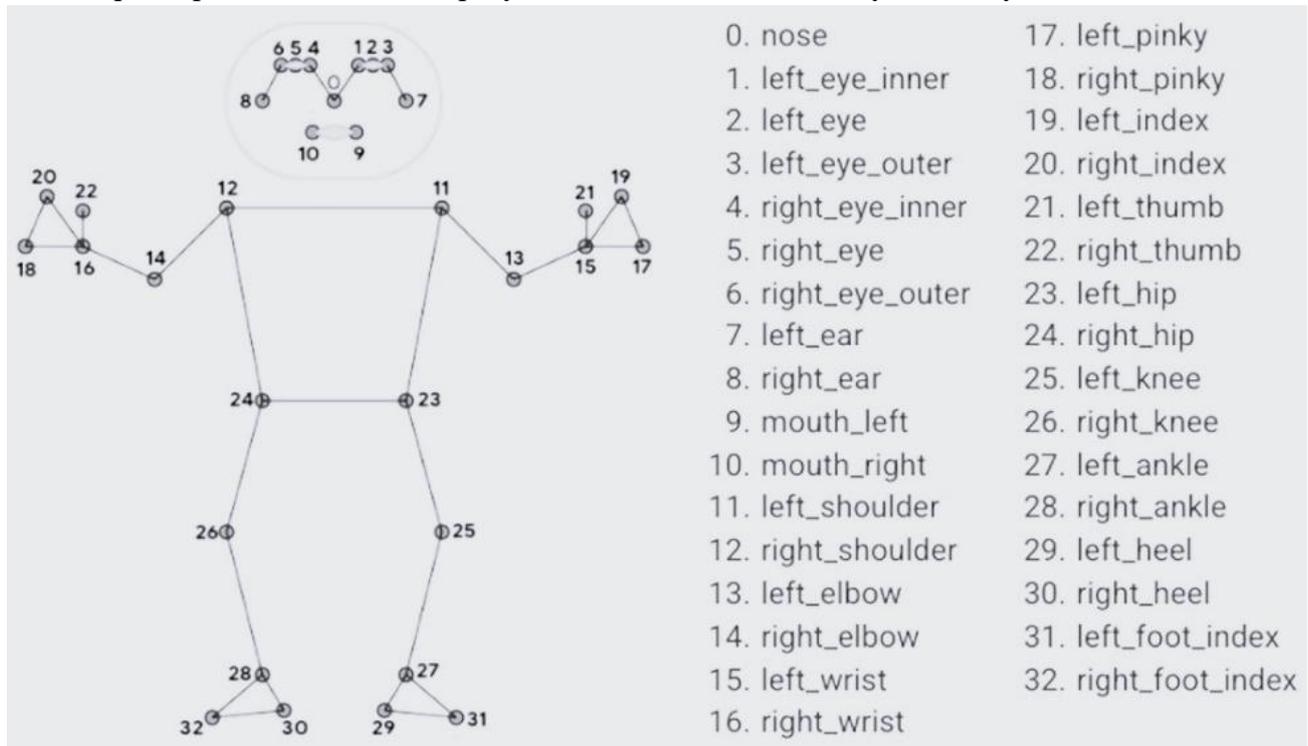


Рис. 1. Представление ключевых точек человека

С помощью этого фреймворка можно реализовать технологию сравнения пользовательской позы и эталонно исполненной позы, заложенной в программу, и внедрить ее в разработанное программное обеспечение.

**3. Описание подхода к мониторингу и оценке выполнения упражнений.** Основной идеей предлагаемого подхода является непрерывное сопоставление эталонной модели выполнения упражнения и выполнения этого же упражнения пользователем в режиме реального времени.

Любое упражнение представляет собой упорядоченную и согласованную последовательность движений различных частей тела. Эталонная модель представляет собой желаемую последовательность движений с точно определенной амплитудой и расположением как тела в пространстве, так и отдельных частей тела относительно друг друга. Следовательно, необходимо определить ключевые точки для каждой позы, принимаемой человеком во время выполнения упражнения.

В общем виде, для сравнения двух поз может быть использован следующий алгоритм, который сопровождается рисунком 2 (необходимо отметить, что на иллюстрации отмечены только 13 точек вместо 33 – рисунок 1, так как использовать все для примера нецелесообразно):

1. Необходимо определить следующие точки на теле человека и их координаты (x, y): левое плечо, правое плечо, левое бедро, правое бедро (точки 1, 2, 3 и 4 соответственно). Глубина z не используется, так как рассматривается угловое сравнение.
2. Необходимо найти точки C\_12 и C\_34 таким образом, чтобы точка C\_12 была центром точек 1 и 2, а C\_34 – центром точек 3 и 4.
3. Перебираем все ключевые точки модели. Каждой точке пользователя сопоставляем такую же точку эталонной модели (на рисунке 2 представлена точка N).
4. Правило: при сравнении верхней части тела (голова, руки, плечи) используется точка C\_12, при сравнении нижней – C\_34. Поскольку как начало отрезка выбрана точка N, относящаяся к верхней части тела, то концом отрезка будет точка C\_12. Таким образом получим две прямые, проходящие через отрезки (C\_12 N)\_п и (C\_12 N)\_э.
5. Далее определяется угол между двумя прямыми – alpha. Сравнив этот угол с углом нормального отклонения – angular\_deviation, можно сделать вывод о корректности расположения ключевой точки.

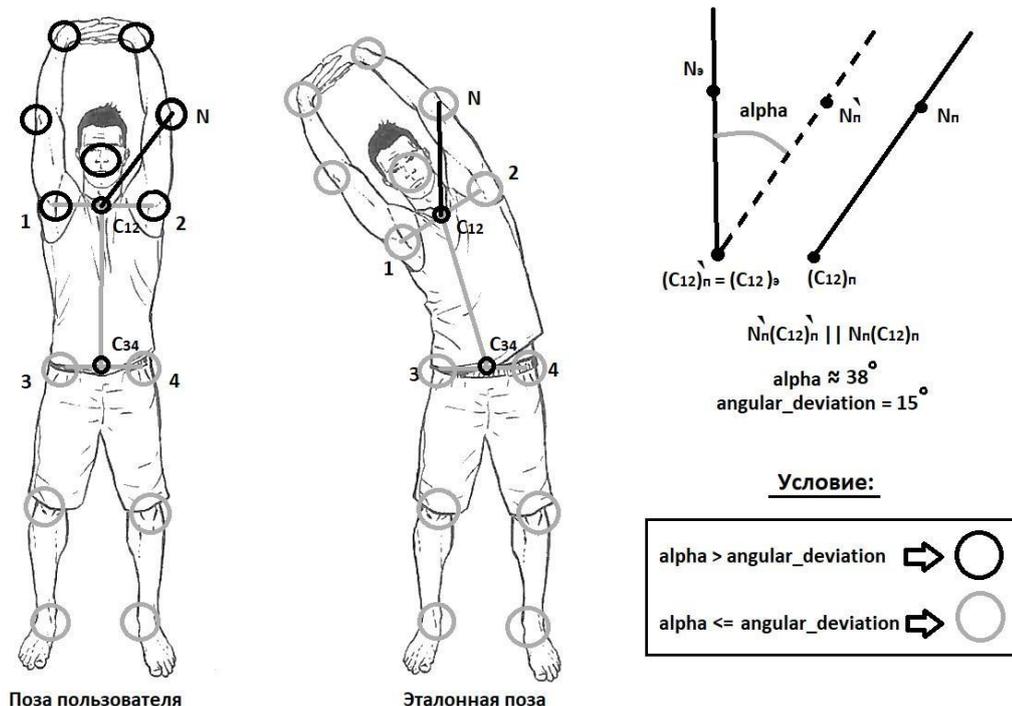


Рис. 2. Иллюстрация процесса сравнения

При первоначальной реализации программного продукта было принято решение установить величину отклонения *angular\_deviation* равной  $15^\circ$  для всех возможных углов. В настоящее время ведется исследование по выявлению возможных отклонений для разных частей тела и отдельных суставов при выполнении разных упражнений.

**4. Программная реализация.** В настоящее время разработано десктопное приложение, анализирующее статическое положение пользователя и направленное на оценку правильности выполнения асан из йоги. На рисунках 3 и 4 представлены иллюстрации работы приложения в случаях корректного и некорректного исполнения пользователем отдельно взятой асаны.

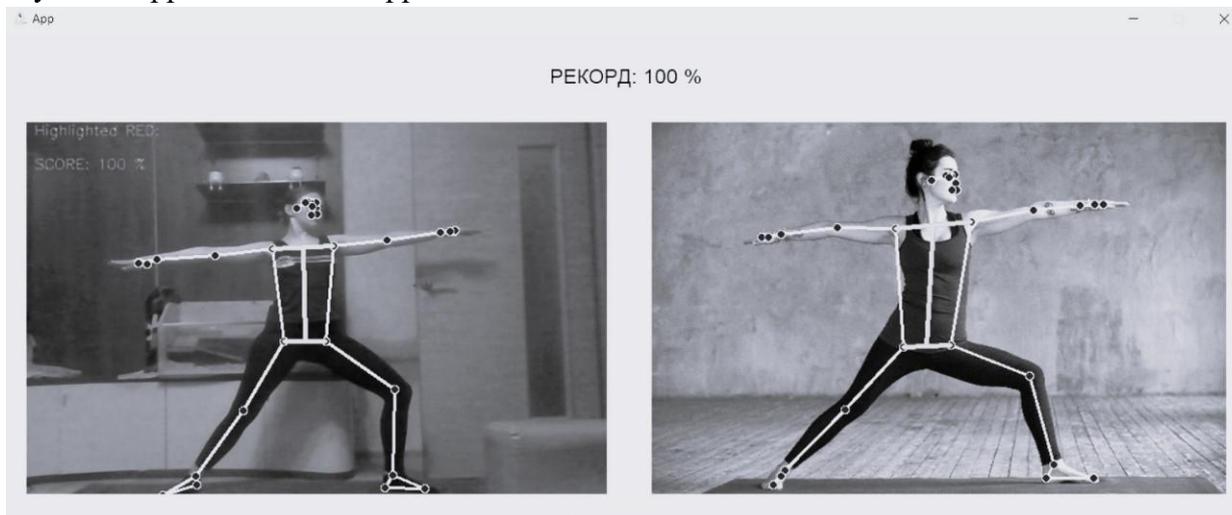


Рис. 3. Корректное исполнение асаны

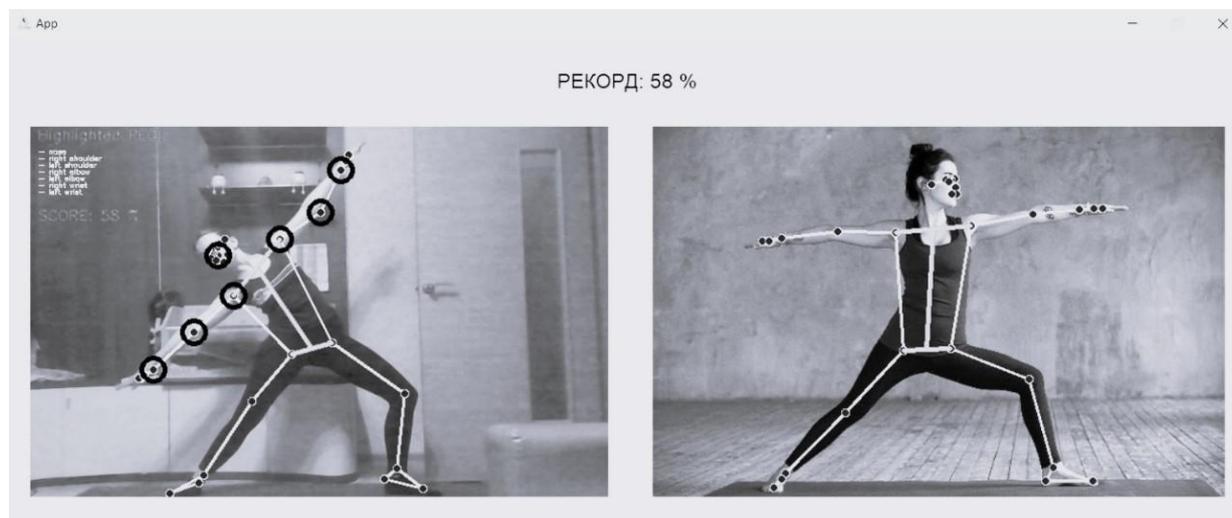


Рис. 4. Некорректное исполнение асаны

Также ведется расширение возможностей приложения, а именно оценка выполнения динамических упражнений. Получены результаты для таких упражнений, как отжимания, приседания, выпады, махи руками и ногами.

**Заключение.** В результате выполненной работы было создано десктопное приложение, которое способствует повышению продуктивности самостоятельных занятий фитнесом за счет предоставления обратной связи в режиме реального времени и корректировки положения пользователя. Мониторинг действий пользователя осуществляется с помощью камеры ноутбука или веб-камеры. Для анализа действий пользователя используются инструменты компьютерного зрения, для оценки корректности выполнения упражнений осуществляется непрерывное сравнение с эталонной моделью. Система оперативно указывает на ошибки, что способствует повышению эффективности тренировок и снижению риска травм.

В качестве дальнейших этапов развития приложения намечены следующие доработки:

- определение возможных допустимых углов отклонения для различных упражнений и разных частей тела;
- учет индивидуальных особенностей пользователя для оценки его физических возможностей и подборе подходящих упражнений.

Кроме того, интерес представляет также построение паттернов движения в каждом упражнении и учет скорости его выполнения. Эти направления исследований и разработки позволят расширить функциональность предлагаемой системы и повысить эффект от её применения.

Особый интерес представляет персонализация системы для возможности гибкой адаптации к возможностям пользователя и развитию его двигательных способностей.

#### Список источников

1. Николаева И.В. Развитие корпоративного спорта в России / И.В. Николаева, В.А. Казначеев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2024. – № 8-1 (95). – С. 60-62.
2. Буханова О.Н. Анализ физкультурно-спортивной деятельности студенческой молодежи в условиях досуга // Актуальные проблемы теории и практики физической культуры, спорта и туризма, 2024. – Т. 1. – С. 371-373.
3. Кузнецов В.А. Фитнес как модная тенденция в современном мире / В.А. Кузнецов, А.А. Зеленова, О.В. Сесорова // Глобальный научный потенциал, 2024. – Т. 11(164). – С. 121-123.
4. Zourladani A., Ntovoli A., Alexandris K. Traditional exercise vs. online fitness classes: a comparison based on participants' enjoyment. Retos, 2024, vol. 61, pp. 714-721.
5. Морозов М.В. Современные тенденции в физической культуре: вызовы и возможности / М.В. Морозов, К.А. Афонькина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2024. – № 9-4 (96). – С. 165-167.
6. Сираковская Я.В. Применение современных фитнес-приложений для активного мониторинга уровня здоровья и физического состояния взрослого населения. – URL: <https://phsreda.com/e-articles/10748/Action10748-149699.pdf> (дата обращения: 08.10.2025).
7. Yamini S., Gajanand M.S. A qualitative analysis of customer acquisition in online fitness communities. International Journal of Enterprise Network Management, 2025, vol. 16, no. 1, pp. 1-22.
8. infiGro | Infivolve. Available at: <https://www.infivolve.com/> (accessed: 06/06/2025).
9. DeepSport Athletic – AI Athlete Development. Available at: <https://deepsportapp.com/> (accessed: 05/06/2025).
10. Artificial Intelligence Fitness Coach | ALFA AI. Available at: <https://www.alfa-ai.com/> (accessed: 06/06/2025).
11. SportAchieve. Available at: <https://sportachieve.ru/> (accessed: 10/08/2025).
12. Fittonic. Available at: <https://fittonic.app/> (accessed: 10/08/2025).
13. BD-Sport. Available at: <https://bd-sport.com> (accessed: 10/08/2025).
14. YOLOv7: A Powerful Object Detection Algorithm. Available at: <https://viso.ai/deep-learning/yolov7-guide/> (accessed: 06/06/2025).
15. MediaPipe Solutions guide. Available at: <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide> (accessed: 06/06/2025).
16. COCO – Common Object in Context. Available at: <https://cocodataset.org/> (accessed: 06/06/2025).

**Кораблева Марина Дмитриевна.** Студент СПбГЭТУ «ЛЭТИ», инженер-программист «АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». Направления исследования: алгоритмы машинного и глубокого обучения. AuthorID: 1301353, SPIN: 2890-2040, ORCID: 0009-0005-6579-7932. [marinkakd.ru23322@gmail.com](mailto:marinkakd.ru23322@gmail.com). 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

**Бекенева Яна Андреевна.** Кандидат технических наук, доцент каф. ВТ СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Направления исследования: обработка данных в распределенных системах, методы машинного и глубокого обучения, обработка не идентично распределенных данных в системах федеративного обучения. AuthorID: 1038788, SPIN: 2233-2853, ORCID: 0000-0002-7110-6000. [yabekeneva@eti.ru](mailto:yabekeneva@eti.ru). 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора По

UDC 004.93'12

DOI:10.25729/ESI.2026.41.1.014

## Software tools for assessing exercise performance

Marina D. Korableva, Yana A. Bekeneva

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI",  
Russia, Saint Petersburg, *marinkakd.ru23322@gmail.com*

**Abstract.** In recent years, applications providing users with physical activity programs have become very popular. This trend is driven by the accelerating pace of life, the lack of time to visit fitness centers, and the growing need to maintain a healthy level of physical activity. Digital platforms offer users a variety of training programs: specialized workouts for various muscle groups, cardio programs, and customized training plans tailored to the user's fitness level, goals, and limitations. The main advantage of such apps is the ability to train anywhere and anytime. However, a significant drawback of such apps is the lack of professional supervision to ensure proper exercise performance. Incorrect technique can not only reduce the effectiveness of workouts but also lead to injuries, such as strains, joint damage, and muscle damage. This is especially critical for beginners who have not yet mastered basic exercises and safety precautions. The goal of this work is to create an intelligent system for assessing the quality of exercise performance. The system is based on analyzing the video stream from the user's device camera, comparing the user's technique with a reference model, and automatically recognizing the trainer's reference technique. The training process is accompanied by visual feedback: indication of correct body position, detection of technique errors, and display of key body points (joints, limbs, etc.) in real time. This approach allows users to receive high-quality feedback immediately, significantly increasing the effectiveness of training and reducing the risk of injury due to improper technique. The system can provide recommendations for adjusting posture, tempo, and range of motion, making independent exercise safer and more effective. The study demonstrated the feasibility of using the developed system for static exercises, such as yoga. Further research and development focuses on dynamic exercises and significantly expanding the system's functionality and scope of application.

**Keywords:** Fitness software, exercise, computer vision, image processing, pose detection, key points

### References

1. Nikolaeva I.V., Kaznacheev V.A. Razvitiye korporativnogo sporta v Rossii [Development of corporate sports in Russia]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International journal of humanities and natural sciences], 2024, no. 8-1 (95), pp. 60-62.
2. Bukhanova O.N. Analiz fizkul'turno-sportivnoy deyatel'nosti studencheskoy molodezhi v usloviyakh dosuga [Analysis of physical culture and sports activities of student youth in leisure conditions]. *Aktual'nyye problemy teorii i praktiki fizicheskoy kul'tury, sporta i turizma* [Actual problems of theory and practice of physical culture, sports and tourism], 2024, vol. 1, pp. 371-373.
3. Kuznetsov V.A., Zelenova A.A., Sesorova O.V. Fitnes kak modnaya tendentsiya v sovremennom mire [Fitness as a fashion trend in the modern world]. *Global'nyy nauchnyy potentsial* [Global scientific potential], 2024, vol. 11(164), pp. 121-123.
4. Zourladani A., Ntovoli A., Alexandris K. Traditional exercise vs. online fitness classes: a comparison based on participants' enjoyment. *Retos*, 2024, vol. 61, pp. 714-721.
5. Morozov M.V., Afonkina K.A. Sovremennyye tendentsii v fizicheskoy kul'ture: vyzovy i vozmozhnosti [Modern trends in physical culture: challenges and opportunities]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International journal of humanities and natural sciences], 2024, no. 9-4 (96), pp. 165-167.
6. Sirakovskaya Ya.V. Primeneniye sovremennykh fitnes-prilozheniy dlya aktivnogo monitoringa urovnya zdorov'ya i fizicheskogo sostoyaniya vzroslogo naseleniya [Application of modern fitness applications for active monitoring of the health level and physical condition of the adult population]. Available at: <https://phsreda.com/e-articles/10748/Action10748-149699.pdf> (accessed: 10.08.2025).
7. Yamini S., Gajanand M.S. A qualitative analysis of customer acquisition in online fitness communities. *International Journal of Enterprise Network Management*, 2025, vol. 16, no. 1, pp. 1-22.
8. infiGro | Infivolve. Available at: <https://www.infivolve.com/> (accessed: 06/06/2025).
9. DeepSport Athletic – AI Athlete Development. Available at: <https://deepsportapp.com/> (accessed: 05/06/2025).
10. Artificial Intelligence Fitness Coach | ALFA AI. Available at: <https://www.alfa-ai.com/> (accessed: 06/06/2025).
11. SportAchieve. Available at: <https://sportachieve.ru/> (accessed: 10/08/2025).
12. Fittonic. Available at: <https://fittonic.app/> (accessed: 10/08/2025).
13. BD-Sport. Available at: <https://bd-sport.com> (accessed: 10/08/2025).

14. YOLOv7: A Powerful Object Detection Algorithm. Available at: <https://viso.ai/deep-learning/yolov7-guide/> (accessed: 06/06/2025).
15. MediaPipe Solutions guide. Available at: <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide> (accessed: 06/06/2025).
16. COCO – Common Object in Context. Available at: <https://cocodataset.org/> (accessed: 06/06/2025).

**Korableva Marina Dmitrievna.** Student of ETU “LETI”, software engineer at JSC Concern TsNII Elektropribor. Research areas: machine and deep learning algorithms. AuthorID: 1301353, SPIN: 2890-2040, ORCID: 0009-0005-6579-7932. [marinkakd.ru23322@gmail.com](mailto:marinkakd.ru23322@gmail.com). Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, 5 Professora Popova street, St-Petersburg, 197022, Russian Federation

**Bekeneva Yana Andreevna.** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science, ETU “LETI”. Research areas: data processing in distributed systems, machine and deep learning methods, processing of non-identically distributed data in federated learning systems. AuthorID: 1038788, SPIN: 2233-2853, ORCID: 0000-0002-7110-6000. [yabekeneva@etu.ru](mailto:yabekeneva@etu.ru). Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, 5 Professora Popova street, St-Petersburg, 197022, Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 10.07.2025; одобрена после рецензирования 13.10.2025; принята к публикации 24.02.2026.

The article was submitted 07/10/2025; approved after reviewing 10/13/2025; accepted for publication 02/24/2026.