



УДК 796.012

Контроль выполнения спортивных упражнений и диагностики заболеваний опорно-двигательной системы с помощью аппаратно-программного комплекса и алгоритмов машинного обучения

М. Н. Петров¹, А. А. Книга², Д. Л. Дьяченко²,
А. В. Дубоделов², С. С. Симаков¹

¹ Московский физико-технический институт, Москва, Россия

² ООО Акселерэйшн, Москва, Россия

Аннотация

В статье представлен опыт разработки аппаратно-программного комплекса, предназначенного для контроля выполнения спортивных упражнений и диагностики состояния опорно-двигательной системы спортсмена. Описываются используемые алгоритмы, обосновывается их значимость для решаемой задачи.

Ключевые слова: опорно-двигательная система, оценка позы, йога, танцы, высокоинтенсивная интервальная тренировка

Control of sports exercises and diagnostics of diseases of the musculoskeletal system using hardware and software complex and machine learning algorithms

M. N. Petrov¹, A. A. Kniga², D. L. Dyachenko²,
A. V. Dubodelov², S. S. Simakov¹

¹ Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

² Acceleration LLC, Moscow, Russia

Abstract

The article presents the experience of developing a hardware and software complex designed to monitor the performance of sports exercises and diagnose the state of the athlete's musculoskeletal system. The algorithms used are described and their significance for the problem being solved is justified.

Keywords: musculoskeletal system, pose estimation, yoga, dancing, high-intensity interval training

Введение

Аппаратно-программные комплексы для контроля выполнения спортивных упражнений и диагностики заболеваний опорно-двигательной системы (ОДС) необходимы для проведения качественных тренировок и своевременного выявления нарушений ОДС. Такой подход позволяет проконтролировать правильность выполнения спортивных упражнений, предостеречь спортсмена от получения травм во время выполнения упражнения, а также дает возможность определить негативные изменения в состоянии ОДС, которые могут стать причиной для других заболеваний. В настоящее время анализ негативных изменений ОДС определяется в основном методами визуального осмотра экспертом либо с использованием дорогостоящего оборудования, такого как, например, бодисканер. Предлагаемый подход позволяет сделать такой анализ более строго специалистами с меньшей экспертностью.

Цель исследования – разработка и тестирование аппаратно-программного комплекса для контроля выполнения спортивных упражнений и диагностики заболеваний опорно-двигательной системы.

Материал и методы

Совместно с профильными специалистами был определен набор статических и динамических поз, на основании которых можно выявить отклонения ОДС. К выделенному набору поз применяется набор нейросетевых алгоритмов для оценки позы человека (Pose Estimation) и построения его скелетной модели [1, 2] на основе моделей YOLOv8 Pose и BlazePose. Используемые алгоритмы позволяют для заданного набора поз определять набор ключевых точек, по которым строится скелетная модель человека. Для этого необходимо выделить в каждой позе ключевые признаки и по этим признакам проводить анализ отклонений и классифицировать нарушения. В качестве базовых признаков в исследовании используются углы и относительные длины. Для достижения наилучшей точности модели выделение признаков и построение датасета для обучения алгоритма классификации проводилось совместно с практикующими специалистами по работе с нарушениями ОДС. Использование таких алгоритмов позволяет получать более точные результаты, чем традиционные методы визуального осмотра, используемые в медицинских и околomedical организациях РФ, основанные на общих клинических данных. При этом оценка состояния может быть проведена быстро и точно.

Результаты

Используемые алгоритмы были обучены и протестированы на трех крупных датасетах: йога, танцы и высокоинтенсивная интервальная тренировка. На всех тестовых данных модель демонстрировала высокое качество, которое составляло более 95 по метрике PCK@0.2. Метрика PCK (Percent of Correct Keypoints) показывает процент найденных ключевых точек, которые попали в окрестность заданного радиуса с центром в соответствующей истинной ключевой точке, 0,2 указывает на то, что радиус задается как 0,2 длины торса. Далее по скелетной модели, полученной по набору поз, выявляются отклонения от нормы при выполнении упражнения. По векторным описаниям поз человека проводится классификация общего состояния ОДС по заранее определенным классам нарушений. Точность определения класса нарушения ОДС по метрике F-мера, которая является средним

гармоническим метрик Точность и Полнота, не ниже 0,8. Такой подход позволяет аккумулировать знания от разных специалистов, непрерывно уточнять модель, стандартизирует подходы в диагностике.

Выводы

Представленный комплекс состоит из прибора и программ диагностики на основании анализа статических и динамических поз человека, анализирует корректность выполнения упражнения, общее состояние ОДС, выявляет отклонения и проводит предварительную диагностику. За счет простоты в установке и использовании комплекс может применяться для предварительной диагностики в спортивных учреждениях, при диспансеризации, осмотра в парках по программе «Здоровая Москва», для выявления проблем ОДС и направления к профильному специалисту. Использование просто, как взвешивание или измерение температуры, что позволит предупредить о появлении проблем с ОДС на стадии, когда они еще не заметны. Предложенная разработка дополняет существующие подходы оценки ОДС за счет расширения возможностей предварительной диагностики, делая ее более массовой.

Список литературы

1. Liu W., Bao Q., Sun Y., Mei T. Recent advances of monocular 2d and 3d human pose estimation: A deep learning perspective // ACM Computing Surveys. – 2022. – Vol. 55, No 4. – Article 80. DOI: <https://doi.org/10.1145/3524497>
2. Fan Z., Zhu Y., He Y., Sun Q., Liu H., He J. Deep learning on monocular object pose detection and tracking: A comprehensive overview // ACM Computing Surveys. – 2022. – Vol. 55, No 4. – Article 81. DOI: <https://doi.org/10.1145/3524496>

References

1. Liu W., Bao Q., Sun Y., Mei T. Recent advances of monocular 2d and 3d human pose estimation: A deep learning perspective. *ACM Computing Surveys*, 2022, 55(4), Article 80. DOI: <https://doi.org/10.1145/3524497>
2. Fan Z., Zhu Y., He Y., Sun Q., Liu H., He J. Deep learning on monocular object pose detection and tracking: A comprehensive overview. *ACM Computing Surveys*, 2022, 55(4), Article 81. DOI: <https://doi.org/10.1145/3524496>

Сведения об авторах

Петров Михаил Николаевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры вычислительной физики, Московский физико-технический институт, Москва.

Е-mail: mikhail.petrov@phystech.edu

Книга Андрей Анатольевич – специалист по корпоративному здоровью, реабилитолог, ООО Акселерэйшн, Москва.

Е-mail: a.kniga@acceleration.ru

Дьяченко Дмитрий Львович – технический директор, ООО Акселерэйшн, Москва.

Е-mail: d.dyachenko@acceleration.ru

Дубоделов Артем Викторович – генеральный директор, ООО Акселерэйшн, Москва.

Е-mail: a.dubodelov@acceleration.ru

Симаков Сергей Сергеевич – доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой вычислительной физики, Московский физико-технический институт, Москва.

Е-mail: simakov.ss@phystech.edu

Для цитирования:

Петров М.Н., Книга А.А., Дьяченко Д.Л., Дубоделов А.В., Симаков С.С. Контроль выполнения спортивных упражнений и диагностики заболеваний опорно-двигательной системы с помощью аппаратно-программного комплекса и алгоритмов машинного обучения // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2024. – Т. 1, № 1. – С. 9–12. DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-1-1-9-12> EDN: QGAWOO

Cite as:

Petrov M.N., Kniga A.A., Dyachenko D.L., Dubodelov A.V., Simakov S.S. Control of sports exercises and diagnostics of diseases of the musculoskeletal system using hardware and software complex and machine learning algorithms. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2024, 1 (1), pp. 9–12 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-1-1-9-12> EDN: QGAWOO

Статья поступила в редакцию: 20.12.2023

Статья принята в печать: 22.01.2024

Статья опубликована: 13.03.2024