

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА ВИДЕОРЯДА

В.Ю. Столбов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский пр., 29
E-mail: valeriy.stolbov@gmail.com

О.Р. Ильялов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский пр., 29
E-mail: oleg390@mail.ru

А.Д. Терехин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский пр., 29
E-mail: alex_teryohin@mail.ru

Ключевые слова: тренировочный процесс, информационная система, упражнения с мячом, анализ изображений, ключевые точки, нейронные сети.

Аннотация: Рассматривается разработка информационной системы автоматизированного оценивания спортивных упражнений, основанной на методах компьютерного зрения и использовании нейронных сетей. Обоснован подход, основанный на определении ключевых точек тела спортсмена в пространстве и времени. Дано определение ключевой точки и обосновано необходимое их количество и расположение на теле человека для оценивания упражнений с мячом. Рассмотрен ряд предобученных нейронных сетей, которые определяют расположение ключевых точек на теле человека, а также предложен алгоритм решения задачи анализа изображений. Разработан прототип информационной системы, которая способна проводить анализ качества выполнения спортивных упражнений. Приводятся демонстрационные примеры, подтверждающие возможность применения информационной системы для поддержки тренировочного процесса.

1. Введение

В настоящее время известен ряд информационных систем [1, 2], которые анализируют поведение игроков в ходе футбольного матча. В аналитику попадают все передвижения игрока, его положение на поле и положение мяча. Также в открытом доступе имеется информация о нескольких системах, которые анализируют силовые упражнения [3,4], используя алгоритмы для поиска ключевых точек тела человека и сопоставление с шаблоном. Однако в открытом доступе нет информации об используемых или разрабатываемых информационных системах, которые бы умели анализировать отдельные упражнения по футболу и оценивать качество их выполнения

путем выставления балльной оценки каждому игроку. Поэтому тема данной работы является важной и актуальной.

Цель создания информационной системы (ИС) поддержки тренировочного процесса – обеспечение автоматизированной поддержки принятия оперативных решений тренера при подготовке спортсменов в режиме реального времени на основе методов машинного обучения и цифровых технологий, а также предиктивной аналитики и накопленных знаний.

Ожидаемые эффекты от ИС:

- Повышение эффективности тренировочного процесса
- Повышение объективности оценки правильности выполнения спортивных упражнений
- Снижение функциональной нагрузки на тренера
- Сокращение времени обработки результатов тренировочного процесса
- Передача накопленного опыта тренера в виде базы знаний.

2. Структура информационной системы

Разрабатываемая система представляет собой интегрированный набор подсистем, предназначенных для эффективной обработки и анализа видеоматериалов. Следующая структура элементов является наиболее приемлемой:

- **Подсистема сбора данных.** Данные о спортивных упражнениях и тренировках вводятся в систему. Это может быть загрузка видеофайлов с камер и мобильных устройств, либо прямая загрузка на сервер обработки данных.
- **Подсистема предварительная обработка.** Загруженные видеофайлы проходят процесс стабилизации и улучшения качества. Это важно для обеспечения четкости и точности анализа.
- **Подсистема анализа видеоматериалов.** Нейронные сети и алгоритмы анализа кадров используются для оценки позиций ключевых точек человека на каждом кадре видео, а также для поиска необходимого для упражнения инвентаря.
- **База знаний.** База знаний включает в себя описания упражнений, правила выполнения, примеры успешного и нежелательного выполнения, а также рекомендации по улучшению качества упражнений.
- **Отчеты и визуализация.** В основе результатов анализа создаются подробные отчеты, включающие графики, диаграммы и визуализации движений. Это помогает лучше понимать результаты тренировок.
- **Интеграция и обновления.** Система может интегрироваться с другими спортивными приложениями или тренировочными платформами. База знаний также обновляется в соответствии с новыми данными и исследованиями.
- **Персонализация тренировок.** Анализ результатов спортсмена и информация из базы знаний позволяет системе генерировать индивидуализированные программы тренировок, учитывая его потребности и результаты предыдущих загруженных видеоматериалов.

Немаловажным фактором в системе является обратная связь с тренером посредством отчетов и визуализации упражнения, выполняемых его подопечными. Тренер как лицо принимающее решение может как согласиться с выбранными системой упражнениями для тренировки отдельных профессиональных навыков, так и выбрать для спортсмена отдельную программу, которая на его взгляд будет для него наиболее эффективной [5].

3. Анализ изображений

Для автоматического контроля выполнения требований тренировочного процесса необходимо анализировать положение тела человека в пространстве и во времени, что обуславливает необходимость постановки и решения задачи анализа изображений, получаемых с видеокамер в виде последовательности кадров или видеоряда. Отметим, что одной из базовых задач анализа изображений является поиск ключевых точек на теле человека.

Для представления положения тела человека в памяти компьютера используются ключевые точки, которые показывают местоположение основных суставов человека на изображении. Если исследуется последовательный ряд изображений, то получают положения точек в пространстве и во времени, по которым можно оценивать положение человека, и то какие действия он выполняет. На рис. 1 приведен пример расположения ключевых точек, которые показывают основные суставы на человеческом теле.

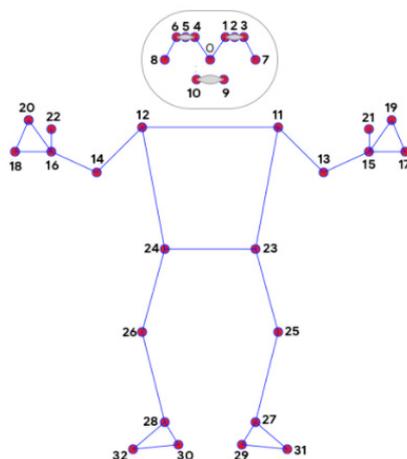


Рис. 1. Ключевые точки на теле человека

Отметим, что для контроля выполнения требований к основным упражнениям футболиста подойдут точки 23 – 32.

С учетом всего вышесказанного задачу анализа изображений в данном случае можно сформулировать следующим образом: получая исходную информацию с видеокамер в виде набора кадров, требуется с заданной точностью определять положения в пространстве ключевых точек спортсмена и положение спортивного снаряда для дальнейшего использования получаемой информации при контроле выполнения требований к спортивным упражнениям.

Для решения поставленной задачи предложено использовать нейросетевой подход, подробно описанный в работе [6].

4. Результаты

ИС тестировалась при мониторинге тренировочного процесса молодых футболистов. Было выбрано несколько стандартных упражнений, выполнение которых фиксировалось при помощи установленных видеокамер. Далее полученный видеоряд исследовался с помощью разработанного алгоритма и по заданным тренером показателям оценивалось качество выполнения. В качестве примера рассмотрим несколько упражнения из группы упражнения на ловкость. Выбранные упражнения

выполняется стоя в квадрате 2×2 метра, ограниченном фишками, спортсмен выполняет жонглирование мячом. Требования к первому упражнению, которые должен соблюдать игрок:

- Мяч после удара должен подниматься выше колена игрока
- Во время жонглирования игрок не должен покидать ограниченную фишками зону
- После каждого удара по мячу следующий удар выполняется другой ногой.

На первом этапе работы алгоритма видеоряд разбивается на отдельные кадры, далее на каждом кадре выполняется поиска людей, их ключевых точек, и спортивного инвентаря, с которым игрок выполняет упражнение. После того, как вся необходимая информация с кадра собрана, происходит запись в файл для последующей обработки и анализа требований к упражнению.

На рис. 2 представлено изображение из обработанного видео. На нем показаны ключевые точки на коленях, а также найдены стопы спортсмена. Кроме этого, были найдены положения мяча и фишек, которые ограничивают зону выполнения упражнения.



Рис. 2. Пример работы ИС

Сверху слева на изображении выводится информация о том, сколько раз спортсмен нарушил требования Т1 (мяч после удара должен подниматься выше колена игрока) и Т3 (после каждого удара по мячу следующий удар выполняется другой ногой). Пример, когда нарушается требование Т2 (во время жонглирования игрок не должен покидать ограниченную фишками зону), также показан на рис. 2. При этом зона, в которой спортсмен должен выполнять упражнение, изменяет цвет с зеленого на красный. Так же в ходе работы программы велся подсчет количества ударов по мячу, этот показатель на изображении (рис. 2) показан под именем I1.

5. Заключение

При создании информационной системой были отработаны алгоритмы для анализа изображений при выполнении различных упражнений с мячом и без мяча, а также

выдвинут ряд требований к видеоматериалу, используемому при оценивании качества тренировочного процесса. Также в ходе разработки системы была сформирована база знаний, позволяющая тренироваться спортсмену самостоятельно без участия тренера, а тренеру следить за прогрессом спортсменов, пользующихся информационной системой, основанной на знаниях. Следует отметить, что применение ИС повышает объективность оценивания тренировочного процесса и снижает нагрузку тренера, так как не требуется его присутствие при выполнении каждого упражнения. При этом тренер в конце тренировки получает полную картину тренировочного процесса с набором объективных оценок для каждого спортсмена.

Список литературы

1. Azevedo D., Player Detection using Deep Learning [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/analytics-vidhya/player-detection-using-deep-learning-2122c3bf9>.
2. Cronin Neil J. Using deep neural networks for kinematic analysis: Challenges and opportunities // Journal of Biomechanics. 2021. Vol. 123, No. 23. P. 10460.
3. Kulakov A. How I created the Workout Movement Counting App using Deep Learning and Optical Flow Algorithm [Электронный ресурс]. URL: <https://towardsdatascience.com/how-i-created-the-workout-movement-counting-app-using-deep-learning-and-optical-flow-89f9d2e087ac>.
4. Bazarevsky V., Grishchenko I. On-device, Real-time Body Pose Tracking with MediaPipe BlazePose [Электронный ресурс]. URL: <https://ai.googleblog.com/2020/08/on-device-real-time-body-pose-tracking.html>.
5. Степанов А. В. Математическое моделирование при профессиональном ориентировании футболиста и прогрессе развития навыков в достижении топ-уровня // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2019. № 8. С. 210-215.
6. 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.