

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОЙ ИИ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ФУТБОЛИСТОВ В ПРОЦЕССЕ ИГРЫ ПО ДАННЫМ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ

Хельвас А.В.¹, Хафизов Р.Р.², Гиля – Зетинов А.А.², Малышев С.А.², Демьянова Д.Д.²

¹ АО «Центр открытых систем и высоких технологий»

² Московский физико – технический институт

Аннотация: В статье предложена архитектура решения для анализа тактико-технических действий и психофизиологического состояния футболистов в процессе игры по данным видеотрансляции. Предложен подход, опирающийся на построение скелетной модели игроков и последующий анализ векторной траектории движения игроков.

Введение

Видеотрансляции футбольных матчей представляют собой последовательность видеоизображений с набора видеокамер. Поскольку трансляция как правило ведется в режиме on-line, возникает возможность ее использования для анализа игры в реальном времени в интересах поддержки принятия решений тренерами команд. При этом, как правило, съемка ведется с нескольких камер одновременно в режиме высокого разрешения. Уже сегодня стандартом де-факто является использование 4К видео. Наличие такого прекрасного инструмента, как видео высокого разрешения позволяет перейти от субъективной оценки игры команды тренером, находящимся на скамейке около поля к объективной оценке как индивидуальных, так и коллективных показателей команды, меняющихся в процессе игры.

Роль коллективных действий футбольной команды, как совокупности действий отдельных игроков, была точно сформулирована В.В. Лобановским еще в 1989 году:

"Коллективное осмысленное движение поставлено во главу угла в современном футболе. Игровой прямоугольник стал таким же доступным, как баскетболистам – баскетбольная площадка. Футболистам, подготовленным, естественно, как подобает, не составляет труда промчаться 50–60 метров вперед и столько же – назад. На поле не должно быть пассивных игроков. Общее движение. Ошибка должна быть моментально исправлена. Сегодняшний футболист не является одиноким солдатом, сражающимся в своем углу с противником. Он охватывает все поле битвы, а на поле этом нет клочков, свободных от борьбы." [1]

Целью предлагаемой работы является разработка алгоритмического подхода, позволяющего получить объективную оценку индивидуальных и командных показателей непосредственно в ходе футбольного матча на основе анализа видеотрансляции высокого разрешения с использованием технологий искусственного интеллекта.

1. Постановка задачи

Анализ игры, представляющий собой ее декомпозицию на отдельные составные элементы, которые мы далее будем называть тактико-техническими действиями (ТТД), должен превращать видео, получаемое от одной или нескольких камер высокого разрешения, в структурированную информацию, описывающую последовательность упорядоченных во времени ТТД $A_k^n(t_k)$, выполняемых игроками $p_n, n = 1..22$ каждой из команд.

Одновременно для каждого ТТД $A_k^n(t_k)$ могут рассчитываться показатели x_{kj}^n , характеризующие качество выполнения ТТД.

В работе мы используем несколько систем отсчета, приведенных на рисунке 1.

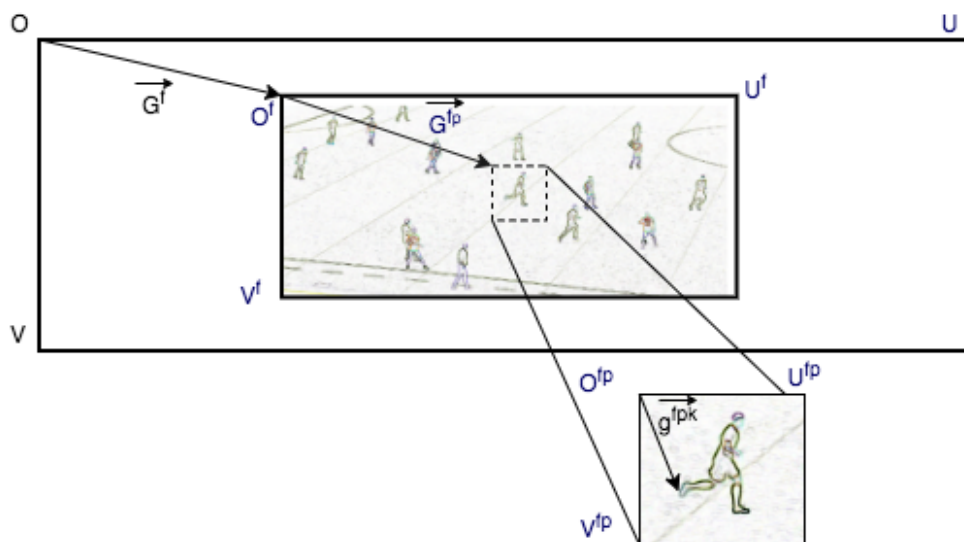


Рисунок 1. Системы отсчета для определения параметров движения футболистов

U, V - система отсчета, связанная с виртуальной или реальной неподвижной камерой.

U_c^f, V_c^f - система отсчета, связанная с отдельным кадром видеопоследовательности.

U_p^{fk}, V_p^{fk} - система отсчета связана с объектом P_k , обнаруженным в кадре f .

2. Обзор применения обработки видео для формирования футбольной аналитики

Применение анализа видео в спорте и, в частности, в футболе является достаточно известным направлением в спортивной аналитике. Хороший обзор основных подходов приведен в статье [2].

Для решения задачи футбольной аналитики разработан ряд массивов данных, на которых возможно обучение алгоритмов и сравнение их эффективности. Так, в статье [3] описан подход к детектированию действий футболистов. Для него были собраны и размечены данные из 500 игр и 6637 базовых действий. Алгоритм обучался классифицировать три класса (желтая карточка, красная карточка, замена). Для анализа тактико - технических действий футболистов данная выборка практически бесполезна. Но сам факт применения сверточных нейросетей для задачи видеоаналитики в футболе в контексте нашей работы играет важную роль.

Задача анализа видеотрансляции распадается на ряд подзадач, которые с различной степенью детальности уже были исследованы различными коллективами. Так в статье [4] предлагаются эффективные методы обнаружения и распознавания линий поля и игроков.

В футбольных видеотрансляциях типичной ситуацией является чередование планов. При этом одной из важных подзадач при использовании видеоаналитики является реидентификация игроков при смене планов. В статье [5] предложен подход к реидентификации игроков на основе внутренней мультимедийной структуры футбольных видеороликов.

В статье [6] описывается подход к анализу двумерных траекторий игроков во время футбольного матча. Разработаны методы, основанные на ньютоновской механике и фильтре Калмана. При этом были использованы генеративные состязательные сети и вариационные автоэнкодеры, обученные распознаванию различных схем движения игроков. В статье [7] описывается система сегментации, основанная на комбинации дескрипторов гистограммы ориентированных градиентов (HOG) и классификации линейных опорных векторов (SVM) для футбольного видео.

Распознавание движения в футбольных видеороликах необходимо для автоматического понимания событий, происходящих в футбольных играх. В статье [8] предлагается метод одновременного распознавания движений различных объектов в футбольных видеороликах на основе машинного обучения. В работе [9] представлен новый подход к обнаружению и визуализации паттернов и ситуаций (например, тактической расстановки или передачи мяча полузащитниками в нападении) на основе данных траекторий.

Анализ приведенных и иных, не попавших в обзор, публикаций показывает, что в настоящее время основной упор делается на движение игрока как объекта на футбольном поле и формирование траекторий игроков. При этом используются методы фильтрации и простые физические модели движения игроков и мяча. Представление игроков в виде скелетной модели и пучка траекторий для суставов в качестве основы для оценки индивидуальных и командных психо-физиологических показателей в проанализированной литературе не обнаружено. Это подтверждает новизну и актуальность предлагаемого ниже подхода.

3. Разработанная архитектура решения

В рамках данной статьи мы хотим представить подход к анализу футбольной трансляции с целью получения объективной оперативной информации о индивидуальных и командных показателях. Блок схема, описывающая предложенный подход, приведена на рисунке 2.

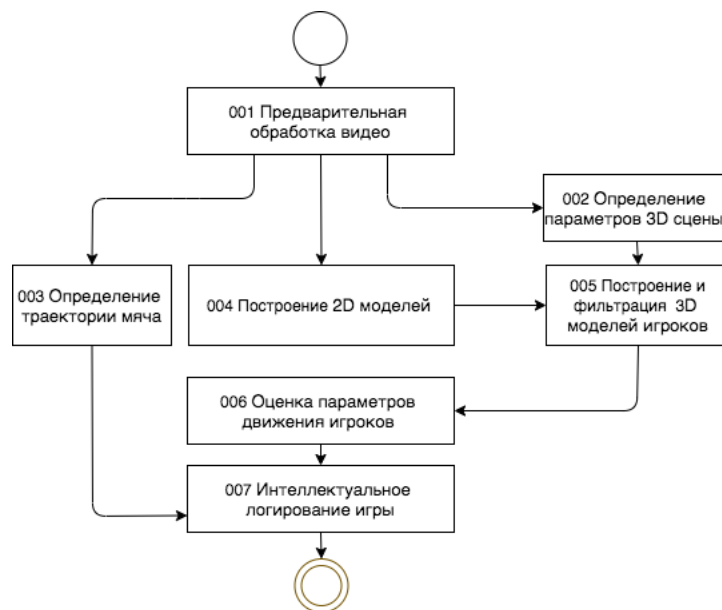


Рисунок 2. Архитектура предложенного решения

3.1 Предварительная обработка видео

На стадии предварительной обработки видео должны быть решены следующие задачи:

- коррекция параметров яркость/контраст и определение относительного расположения камеры и наблюдаемой сцены;
- фильтрация объектов (зрителей), находящихся за пределами футбольного поля;
- пересчет изображения в систему отсчета, связанную с неподвижной камерой.

3.2 Поиск объектов (игроков и судей) в кадре

В связи с тем, что для трансляций футбольных матчей характерным разрешением в настоящее время стало разрешение 4K (4K Ultra HD предполагает, что картинка имеет разрешение 3840x2160 пикселей, соотношение сторон 16:9, и частоту смены кадров от 60 Гц), использование ряда современных алгоритмов оказывается невозможным в применении к полному размеру кадра. Для решения этой проблемы нами предложено использовать алгоритм поиска и классификации объектов (игроков, судей, мяча) в кадре, реализуемый на полном кадре или на кадре с уменьшенным разрешением. В качестве такого алгоритма может использоваться, например, алгоритм YOLO [10,11].

Далее для каждого обнаруженного объекта формируется свое изображение которое передается для дальнейшей обработки и формирования двумерной скелетной модели игроков.

При этом при необходимости размер такого изображения может быть изменен и приведен к оптимальному с точки зрения применяемых в дальнейшем алгоритмов.

3.3 Формирование двумерных и трехмерных скелетных моделей игроков

Для формирования двумерных скелетных моделей игроков может использоваться алгоритм OpenPose (см., например, [12]). Результатом работы этого алгоритма является множество векторов, соответствующих обнаруженным в кадре f игрокам $\vec{B}_p^f = \{B_{pi}^f\}, i=1 \dots 40$. Обратим внимание что индекс p не обеспечивает знания о том, что игрок с индексом p на k -м и на $k+1$ -м кадре это один и тот же игрок. Задача межкадровой идентификации игроков в предложенном нами подходе решается в рамках фильтрации на стадии формирования трехмерной сцены.

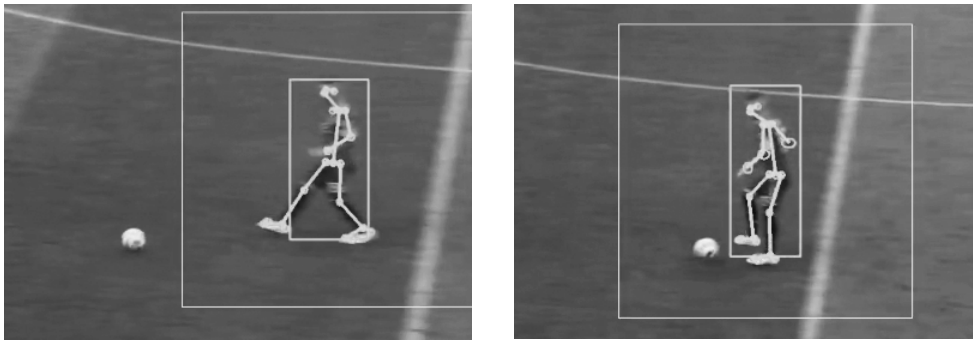


Рисунок 3. Последовательность кадров приема мяча игроком

Под трехмерной скелетной моделью мы понимаем вектор $\vec{S}_p^f = \{S_{pj}^f\}, j=1 \dots 60$.

Формирование трехмерной скелетной модели игроков предложено выполнять одновременно с фильтрацией траекторий суставов. Для фильтрации в простейшем случае могут использоваться следующие гипотезы:

- гипотеза о ограничениях на скорости и ускорения суставов;
- гипотеза о нерастяжимости костей (для некоторых пар суставов (n,m) расстояние в трехмерном пространстве $|S_{pn}^f, S_{pm}^f| = const$).

Для более сложного случая при фильтрации предложено учитывать максимально приближенную к реальности биокинематическую модель движения человека, для реализации которой может, например, использоваться коммерческое решение AnyBody Technology или решение с открытым кодом OpenSim. Краткое обсуждение достоинств и недостатков этих решений приведено в [13].

3.4 Поиск типовых тактико-технических действий игроков

Полученные в результате построения трехмерных моделей движения игроков временные ряды для векторов \vec{S}_p^f дальше могут анализироваться с помощью нейросетевых алгоритмов на основе долгой краткосрочной памяти (англ. Long short-term memory; LSTM) предложенных в 1997 году Зеппом Хохрайтером и Юргеном Шмидхубером [14].

Важным результатом в ходе дальнейшей работы должно стать создание корпуса данных для анализа тактико - технических действий в футболе.

4. Анализ результатов применения предложенных алгоритмов

Поскольку целью данной статьи является представление предложенной архитектуры решения, мы на стадии численных экспериментов ограничились проверкой принципиальной выполнимости предложенных подходов.

Детальный анализ качества для каждого из упомянутых алгоритмов представляет самостоятельную отдельную тему для исследования.

Применение предложенного подхода может позволить формировать расширенную статистику по футбольным матчам непосредственно в ходе игры.

Получение параметров выполнения тактико - технических действий игроками в ходе матча и отслеживание ряда показателей могут позволить тренерским штабам оперативно вносить коррективы в игру и производить необходимые замены.

Заключение

Таким образом, нами разработана архитектура решения, обеспечивающего анализ видеотрансляции футбольного матча и формирование векторных траекторий движения игроков, на основе дальнейшего анализа которых формируется массив индивидуальных и командных показателей, описывающих динамику психо-физиологического состояния команды.

Предложено использовать двухступенчатую технологию поиска, классификации и формирования векторных скелетных моделей игроков. Разработаны структуры данных для векторного представления двумерной и трехмерной скелетной модели. Предложено использовать Калмановский фильтр для формирования нестационарной трехмерной скелетной модели на основе множества двумерных моделей.

Результаты были обсуждены на научно-техническом семинаре кафедры твердотельной электроники, радиофизики и прикладных информационных технологий МФТИ. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта №19-29-09090

Литература

1. Валерий Лобановский «Бесконечный матч». — М.:Физкультура и спорт, 1989. - 191 с. ISBN 5-278-00151-8
2. Graham Thomas, Rikke Gade, Thomas Moeslund et al. Computer vision for sports: Current applications and research topics //Computer Vision and Image Understanding. - 2017. - 04. - Vol. 159.
3. Silvio Giancola, Mohieddine Amine, Tarek Dghaily, Bernard Ghanem} SoccerNet: A Scalable Dataset for Action Spotting in Soccer Videos//CoRR.—2018.—Vol. abs <http://arxiv.org/abs/1804.04527>.
4. Guizhong Liu and Li Sun Field lines and players detection and recognition in soccer video // Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP 2009, 19-24 April 2009, Taipei, Taiwan
5. Marco Bertini, Alberto Del Bimbo, Walter Nunziati Automatic detection of player's identity in soccer videos using faces and text cues // Proc. of ACM International Conference on Multimedia (ACM MM), January 2006
6. Anatolij Babic, Harshit Bansal, Gianluca Finocchio at al SciSports: Learning football kinematics through two-dimensional tracking data // CoRR abs/1808.04550 (2018).
7. Slawomir Mackowiak, Jacek Konieczny, Maciej Kurc, Przemysław Maćkowiak Football Player Detection in Video Broadcast // Computer Vision and Graphics - International Conference, ICCVG 2010, Warsaw, Poland, September 20-22, 2010, Proceedings, Part II
8. Jungsoo Lee, Jiwon Lee, Sungwon Moon, Dowon Nam A study on motion recognition of objects in soccer game // 2017 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)
9. Keven Richly Leveraging Spatio-Temporal Soccer Data to Define a Graphical Query Language for Game Recordings // 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)
10. Redmon, Joseph YOLO9000: Better, Faster, Stronger /Joseph Redmon, Ali Farhadi // 2017 IEEE Conference on ComputerVision and Pattern Recognition, CVPR 2017, Honolulu, HI, USA, July21-26, 2017. — 2017. — Pp. 6517–6525. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.690.5>.
11. Redmon, Joseph YOLOv3: An Incremental Improvement /Joseph Redmon, Ali Farhadi //CoRR. — 2018. — Vol. abs/1804.02767. <http://arxiv.org/abs/1804.02767>
12. Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon et al. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using PartAffinity Fields // CoRR.— 2018. — Vol. abs/1812.08008. <http://arxiv.org/abs/1812.08008.41>
13. Kim, Y., Jung, Y., Choi, W. et al. Similarities and differences between musculoskeletal simulations of OpenSim and AnyBody modeling system. J Mech Sci Technol 32, 6037–6044 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12206-018-1154-0>
14. Sepp Hochreiter; Jürgen Schmidhuber. Long short-term memory// Neural Computation — 1997.—Vol.9, no.8, P.1735—1780.