

УДК 796.004 (045)

ГРНТИ 77.01.77

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВНЕ ИГРЫ В ФУТБОЛЕ.

А.Салимли

Студент третьего курса института компьютерных наук и кибербезопасности, кафедры «Телематика», направление 02.03.01 - математика и компьютерные науки. (Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого)

salimli.am@edu.spbstu.ru

Ключевые слова: OpenCV, компьютерное зрение, офсайд, машинное обучение.

Аннотация

В статье рассматриваются применение методов компьютерного зрения на базе библиотеки OpenCV (open computer vision), для автоматизации процесса обнаружения положения «вне игры» (далее - офсайд.) в футболе. Использование методов и алгоритмов машинного обучения позволят повысить точность и быстроту определения офсайда. Применяемые методы не являются моделями «обучения с учителем», что исключает необходимость внедрения дата-сетов или интеграции тренировочной базы данных. Это позволяет нам определять события в реальном времени, без внедрения модели продолжительного обучения.

Проведен анализ существующих решений, выявлены их ограничения и предложен метод, основанный на библиотеке OpenCV, учитывающий пространственные и временные характеристики.

Предмет

Футбол — один из самых популярных видов спорта, по которому проводятся международные соревнования. В игре должны соблюдаться все правила современного футбола. Соответственно в игре обязательно должны соблюдаться все правила современного футбола. Одним из самых сложных фиксаций правил арбитрами (судьей матча), является офсайд (положение вне игры см. рис.1).

При офсайде фиксируется, когда атакующий игрок (позиция) оказывается ближе к воротам соперника чем защитник (позиция), в момент паса (передачи ведения мяча другому игроку своей команды). Так как арбитры могут не успеть зафиксировать момент такого события (чаще всего из-за расстояния между арбитром и местом офсайда), нам нужно автоматизировать процесс фиксации, с высокой точностью и быстрой скоростью вычислений.

Использование таких технологий не только позволяет улучшить судейство в футболе, но и способствует развитию новых форм анализа игровых ситуаций. Алгоритмы могут применяться для глубокого анализа игровых стратегий и тактических ходов, что даст тренерам возможность разрабатывать более точные планы на игру, основываясь на объективных данных. Подобный подход также поможет спортсменам улучшать свои навыки и корректировать действия на поле.

Методы машинного обучения имеют потенциал для значительного улучшения точности и минимизации ошибок в вычислениях, а оптимизация этих методов гарантирует быстрый расчет и результат.



Рис.1 Линия офсайда

Цели

Цель исследования - реализация модели и дальнейшая разработка программного обеспечения на основе методов обнаружения компьютерным зрением с использованием библиотеки OpenCV для определения положения вне игры. Модель будет принимать на вход видеопоток в реальном времени с камер наблюдения стадиона, идентифицировать позиции игроков и определять моменты офсайда с минимальным расходом времени и максимальной возможной точностью.

Методология

Для достижения цели использованы следующие методы машинного обучения и компьютерного зрения: Предобработка данных, обнаружение объектов, определение координат (игроков), геометрическая проверка.

Далее описаны математические модели методов:

1. Предобработка данных - использовалась для корректировки изображения, устранения шума, а также для стабилизации изображения. За основу была выбрана формула фильтра Гаусса:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

где, σ - стандартное отклонение, а x, y - координаты точек изображения.

2. Обнаружение объектов – Для сегментации игроков и мяча, использовались методы сверточных нейронных сетей (CNN). Так же для выделения объектов использовался метод `cv2.absdiff (python)`, эта функция имеет свое математическое описание, которое вычисляет разницу между кадрами:

$$diff = |I_t - I_{t-1}|$$

где, I_t - нынешний кадр, а I_{t-1} - предыдущий кадр. Результатом вычисления `diff` - является изменения пикселей между кадрами.

3. Определение координат игроков - отслеживание позиций игроков и мяча в реальном времени осуществлялось с использованием алгоритмов детекции объектов. Основой послужил алгоритм YOLO (you only look once). Для отслеживания движения объектов использовался метод `optical flow`, измеряющий смещение объектов между кадрами::

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

где, u, v - смещения по осям x, y соответственно. I - интенсивность пикселя.

4. Геометрическая коррекция и проверка офсайда - положение игроков вычисляется математически относительно линий офсайда. В качестве основы был взят метод геометрической трансформации изображения и для коррекции перспективы была применена матрица гомографии. Это преобразует координаты на кадре, в координаты плоскости поля:

$$\mathbf{p}' = H \cdot \mathbf{p}$$

где, \mathbf{p} - точка на изображении, H - матрица гомографии, \mathbf{p}' - точка на плоскости.

Матрица гомографии, в OpenCV используется вызовом метода `cv2.findHomography`.

Комбинация этих методов позволит нам точно определить положения игроков относительно линии офсайда.

Результаты

В результате работы, реализована модель, использующая методы компьютерного зрения на базе открытой библиотеки OpenCV. С использованием тестовых метрик таких как Recall и Precision, был проведен тест и показана точность определения положения игрока и момента передачи мяча игроку находившимся вне игровой зоны,

с точностью до 95%. Использование методов оптимизации помогло сократить время обработки одного кадра до 0.2 секунд, что позволяет использовать модель для анализа ситуации в реальном времени, на игровом поле. На рисунках 2–7 продемонстрированы результаты работы усовершенствованной модели на базе выше предложенных методов.



Рис.2. Исходный кадр

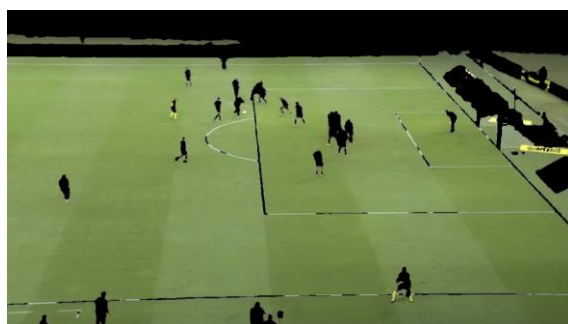


Рис.3. Кадр после определения поля



Рис.4. Кадр определения линий поля



Рис.5 Кадр определения игрока в позиции офсайда



Рис.6. Кадр определения игрока в обычной позиции

Выводы

В результате использования методов компьютерного зрения на базе библиотеки OpenCV, был разработан алгоритм распознавания офсайда, с помощью сверточных нейронных сетей, который с помощью методов выделения объектов и сегментации, позволяет отделить поле от объектов, затем отыскивает линии после чего отделяются и распознаются объекты такие как мяч и игроки. Затем высчитываются метрики и определяется позиция игроков с помощью матриц гомографии. Время расчета одного кадра составило – 0.2 секунды, с точностью в 95%.

Стоит отметить, что дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию алгоритмов для повышения их устойчивости к сложным условиям съёмки. Например, внедрение дополнительных механизмов коррекции изображения может значительно улучшить качество анализа при низком освещении или плохом разрешении видеопотока. Кроме того, рассмотрение возможностей интеграции с более сложными моделями искусственного интеллекта позволит повысить точность. Суммируя результаты, комбинации, использованные выше, можно использовать, создавая и масштабируя алгоритмы для повышения точности или для проверок других правил футбола или иного спорта. Это поможет выявлять честную игру, что несомненно продвинет честный и справедливый спорт.

Однако стоит отметить, пару ограничений и недостатков применения таких методов. Хотя и алгоритмы выдают точные результаты, одной из главных проблем является “чувствительность” к качеству потока видео, то есть – плохое освещение, низкое качество видео или нестабильность видеосигнала могут отрицательно повлиять на ожидаемый результат. Система будет ошибаться если качество не позволит точно выделить объекты (например игроков), методы, применяемые для устранения этой проблемы, такие как фильтрация, эффективны, но это решает проблему частично. Они не способны компенсировать качество. Так же алгоритмы YOLO, могут работать нестабильно если игроки будут находиться через чур близко друг к другу. Эту проблему в дальнейшем, можно решить методами оптимизации. Стоит так же помнить, что точность равна 95%, остаются 5% когда модель может ошибиться. Эти погрешности могут получаться при быстром передвижении или частой смене мяча, что не всегда просчитывается в реальном времени.

Список литературы

- Петров П.К. Основные направления научных исследований и внедрение современных информационных технологий в область физической культуры и спорта –[Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://s.science-education.ru/pdf/2014/6/372.pdf> (последняя дата обращения 23.09.2024 г.)
- Open computer vision. OpenCV free courses – [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://opencv.org/university/freecourses/?utm_source=opcv&utm_medium=menu&utm_campaign=obc (последняя дата обращения 23.09.2024 г.)
- SKLearn. Scikit-learn SVR – [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.svm.SVR.html> (последняя дата обращения 23.09.2024 г.)