Введение

Отслеживание объектов на видео представляет собой важную проблему в сфере компьютерного зрения. Распространение мощных компьютеров, наличие высококачественной и недорогой видеоаппаратуры, растущая потребность в автоматизированном анализе видеоизображений – все это вызвало большой интерес к алгоритмам отслеживания объектов. Их использование применимо к ряду задач, таких, как:

* распознавание на основе движения, например: идентификация человека по походке, автоматическое обнаружение объектов и т.д.;
* автоматизированное видеонаблюдение, например, с целью выявления подозрительных действий;
* видеоиндексация, т.е. аннотирование видеозаписей и осуществление поиска по мультимедийным базам данных;
* взаимодействие человека с компьютером: распознавание жестов, отслеживание движения глаз и т.д.
* мониторинг дорожного движения;
* навигация транспортных средств: планирование маршрута с учетом препятствий.

и др.

Данная научно-исследовательская работа посвящена проблеме отслеживания объектов в видеопотоке применительно к задаче автоматизированного анализа футбольных матчей, под которой будет пониматься сбор статистики об игроках: скорость перемещений, покрытое расстояние и т.п.

Целью работы является разработка метода отслеживания объектов в видеопотоке, способного следить одновременно за несколькими объектами.

1. Обзор существующих решений

В настоящее время существует ряд автоматизированных систем, осуществляющих компьютеризированный анализ футбольных матчей на основе данных, полученных из видеозаписей. Отечественным аналогом является Ascensio System - программный комплекс для всестороннего анализа футбольных матчей и сбора статистической информации. Ascensio System создает двух- и трехмерную модели матча и предоставляет пользователю средства комплексного изучения игры, построения отчетов и т.д. Принцип работы системы состоит в следующем: матч снимается четырьмя статично установленными видеокамерами, охватывающими все поле (соседние камеры должны иметь зоны перекрытия), затем полученные видеоизображения обрабатываются, распознаются фигуры всех игроков, судей, отслеживаются перемещения мяча и участников матча на поле. По полученным данным строятся статистические отчеты, а также формируется 3D-модель матча, позволяющая взглянуть на поле с любой точки, даже глазами каждого игрока .

Программный комплекс InStat Football представляет клубам отчет о матче, содержащий самую полную профессиональную статистику. Каждый пользователь может сам сформировать отчет из собранных данных – с помощью программы InStat Video. Этот программный инструмент позволяет увидеть каждое зарегистрированное камерами действие. Через 5-10 минут после окончания матча программа автоматически формирует интересующие клиента видеонарезки и записывает их: это может быть отдельный диск, посвященный каждому игроку, отдельный диск с голевыми эпизодами, отдельный диск с быстрыми атаками команды и т.д. Программа полезна как тренерскому штабу, так и селекционному отделу клуба: через InStat Video быстро и удобно просматривать игровые эпизоды интересующего футболиста. Среди клиентов компании числятся футбольные клубы «Зенит» и «Локомотив», Российский футбольный союз, а также телекомпания «НТВ-Плюс».

Британская компания Opta Sports предлагает свой вариант программы-анализатора: Opta Sports Data. Она располагает самой обширной статистической базой, формирующей отчёты на основании запросов по одному или нескольким критериям. Opta Sports работает в различных сферах, пересекающихся со спортом: профессиональные клубы, интернет-издания, газеты и журналы, а также букмекерские конторы. С Opta Sports сотрудничает 25 футбольных клубов и федераций, в том числе «Челси», «Арсенал», «Рома», «Наполи», дортмундская «Боруссия», а также футбольная ассоциация Италии. Статистическими данными британской компании пользуются мировые лидеры телевизионного рынка: Sky Sports, ESPN, EuroSport, BBC Sport и другие.

Castrol Index – инновационная система использования высоких технологий и статистики для объективного анализа и оценки действий игроков. Система отслеживает все действия каждого из игроков на поле. Количество очков, которое начисляется игроку, зависит от сегмента поля, на котором происходит игровой эпизод. Если мяч находится в непосредственной близости от ворот, то коэффициент возрастает, поскольку в этот момент повышается вероятность гола. Система также оценивает полезность действий в обороне. По итогам матча игрокам присваивается оценка по десятибалльной шкале, что позволяет болельщикам выяснить, кто на самом деле был самым полезным.

1. Отслеживание объектов на видео с использованием фильтра частиц
   1. Модель пространства состояний

Мощным инструментом отслеживания деформируемых объектов в последовательности изображений со сложным фоном являются фильтры частиц с множеством параметров: цвет, текстура, края и др. наблюдаемые свойства объекта, позволяющие распознать его на изображении. Совокупность данных параметров вместе с положением объекта в кадре формирует вектор состояния объекта . Изменение вектора состояния в каждом кадре описывается уравнением движения , где – стохастическая величина, описывающая погрешность модели движения. Измерение, или наблюдение, на текущем кадре задается уравнением , шум, получаемый вследствие погрешностей при измерении.

* 1. Вероятностный подход к отслеживанию объектов

При использовании вероятностного подхода целью является вычисление на каждом шаге (для каждого кадра) постериорной плотности распределения вероятности

Для определения постериорной плотности необходимо пройти 2 стадии: предсказание и обновление (фильтрация). На стадии предсказания по имеющимся данным выносится предположение о том, какой вид будет иметь вектор состояния объекта в следующий момент времени:

После получения измерения на шаге найденная плотность распределения будет скорректирована с учетом нового наблюдения.

* 1. Фильтр частиц

Поскольку прямой («в лоб») расчет плотность распределения вероятности в данном случае является достаточно трудоемким процессом, для решения полученной задачи используют аппроксимацию плотности распределения взвешенным набором частиц – число частиц. Фильтр частиц включает в себя 3 этапа:

* + Изменение (evolution)
  + Перевыборка (re-sampling)
  + Распространение (propagation)

Предполагается, что частицы , полученные в предыдущий момент времени, распределены согласно . На стадии изменения генерируются новые частицы из распределения Производится перерасчет весов частиц, и новый набор частиц оказывается распределен согласно искомой постериорной плотности вероятности .

Главной проблемой стандартного фильтра частиц является его вырожденность: через небольшое количество шагов алгоритма малая доля частиц заберет себе весь вес, и остальные частицы останутся незадействованными. Этап перевыборки позволяет решить эту проблему. Он заключается в том, что частицы с незначительными весами отбрасываются, а вместо них выбираются новые, причем вероятность попадания новой частицы в набор пропорциональна ее весу.

Варьирование вектора состояний и уравнений движения и измерения, а также совместное использование алгоритма фильтра частиц с другими приемами отслеживания объектов позволяют получить новые методы отслеживания объектов на видеопоследовательности, которые, возможно, окажутся более выигрышными по сравнению с известными аналогами.

В последнее время было предложено множество новых подходов к решению сложных проблем многообъектного отслеживания, основанных на фильтре частиц. Однако в большинстве работ не уделялось внимания вопросу настройки параметров предлагаемых моделей: они выбирались на основе некоторой комбинации ручной настройки и простого генеративного обучения. Такие подходы часто оказываются неэффективными и/или трудоемкими.[1]

1. Применение фильтра частиц к отслеживанию объектов в видеопотоке

На сегодняшний день существует ряд работ, посвященных применению алгоритма фильтра частиц к отслеживанию объектов на видео. Основные различия в используемых в данных работах подходах заключаются в выборе модели состояния и вида уравнений движения и измерения, а также в используемых совместно с фильтром частиц алгоритмах.

В работе [3]фильтр частиц применен для распознавания и отслеживания объектов, подвергающихся деформациям, поворотам и частичным перекрытиям. Для отслеживания используется множество независимых фильтров частиц и алгоритм PDA (Probabilistic Data Association, вероятностная идентификация данных), с помощью которого полученные наблюдения ассоциируются с движущимися объектами. В качестве объектов выступают футболисты на игровом поле. Игроки представлены с помощью цветовой гистограммы и описывающего прямоугольника. Вектор состояния имеет вид , где - координаты центра области, по которой высчитывается цветовая гистограмма, - размеры данной области. Для описания движения авторы используют модель случайных блужданий (Random Walk Model):

- матрица перехода; для модели случайных блужданий ;

- белый Гауссов шум с нулевым матожиданием и ковариационной матрицей .

- видеопоследовательность, где – изображение в дискретный момент времени . В качестве измерения используется цветовая гистограмма , вычисленная по области изображения, заданной вектором состояния в момент времени .

Функция правдоподобия описана распределением Гаусса:

,

где - расстояние между эталонной гистограммой и текущей гистограммой , стандартное отклонение Гауссова распределения, расчетный параметр. Расстояние между двумя гистограммами с карманами вычисляется как:

.

В качестве распределения, из которого происходит выборка новых частиц, предлагается взять модель вычисления состояния .

Для соотнесения измерения с объектом используется алгоритм JPDA (Joint PDA). Предполагается, что число объектов известно.

Совместные вероятности ассоциации (joint association probabilities) вычисляются по формуле

, где

- измерения в момент времени , – число измерений;

– совместное событие ассоциации (joint association event);

*–* нормализующая константа;

.

Предполагается, что измерения определяются независимо друг от друга. Вероятность присвоения измерения объекту при условии наличия последовательности состояний объекта аппроксимируется формулой

,

где - вероятность определения объекта, – число присвоений фиктивного наблюдения , - вероятность «ложного сигнала», статистические свойства которого отличаются от целевого объекта.

В работе [3] также описаны способы обработки ситуаций, когда наблюдаемый объект покидает кадр, а затем попадает в него вновь. В этом случае фильтр, соответствующий данному объекту, останавливается, а при его появлении снова начинает свою работу.

Также интерес представляет работа [2], посвященная использованию фильтра частиц для отслеживания футболистов на поле. Как и в предыдущей работе, для отслеживания каждого игрока используется отдельный фильтр частиц. Форма (очертания) игрока представлена непосредственно набором частиц. На первой стадии с помощью низкоуровневых технологий компьютерного зрения из видеоданных извлекаются области с игроками, которые затем используются фильтром частиц для оценки и обработки позиции игрока, если он находится в кадре. Отслеживание ведется на основе данных, полученных с одной движущейся камеры, расположенной на стадионе у центральной линии. В работе также учитывается, что игроки могут появляться и исчезать из зоны видимости.

Для сегментации областей изображения, в которых предположительно находятся игроки, применяется вычитание зеленого цвета поля. Цвет поля представлен одно- или двумерной гистограммой в пространстве HSV. Гистограмма проецируется на изображение, после чего может быть получена бинарная маска поля. Пикселы бинарного изображения группируются в области; после вычисления выпуклой оболочки наибольших областей может быть вычислена часть изображения, занимаемая полем. Так как цвет поля может изменяться в течение матча, гистограмма может рекурсивно обновляться вычислением гистограммы по областям поля.

Данные измерений подаются на вход фильтра частиц в виде набора из областей, где каждая область определена как: , – список границ области, - центр масс области, - средний цвет пикселей внутри области.

Вектор состояния имеет вид: , где - позиция игрока, - цветность, - скорость. Особенностью применяемого подхода является тот факт, что состояние не включает информацию о размере и очертаниях игрока, эти данные представляются набором частиц.

Априорная вероятность вычисляется отдельно для позиции, цвета и скорости:

где , – стандартные отклонения. Высокие значения стандартных отклонений увеличивают разброс частиц, увеличивая регион поиска для установления соответствий в последовательных кадрах.

, должны быть достаточно низкими, что позволит отдельным частицам в случае перекрытия игроков «запомнить» цвет игрока, к которому они относятся, и переместиться вслед за ним после того, как игроки разойдутся. Если обновленное значение цветности не попадает в интервал от 0 до 1, оно перевыбирается из Гауссового распределения с математическим ожиданием, равным среднему значению цветности по всем частицам, и стандартным отклонением .

- авторегреcсионный фильтрующий параметр, находящийся пределах от 0 до 1.

Вес каждой частицы обновляется в соответствии с моделью наблюдения: . Для вычисления веса сначала для каждой области рассчитывается вектор ошибок . Тогда вес частицы

- диагональный вектор корреляции, нормализующий вклад каждого измерения пространства состояний в окончательный вес.

Для инициализации трекера выбирается относительно большая область с игроком, которая не вносит значительного вклада в существующую модель, используемую для инициализации новой отслеживаемой области. Когда игрок покидает поле, соответствующий ему фильтр частиц останавливается.

Заключение

Научно-исследовательская работа в текущем семестре была посвящена анализу применимости фильтра частиц для отслеживания объектов в видеопоследовательности, когда в качестве объектов выступают игроки на футбольном поле.

Приведенные в данном отчете алгоритмы представляются наиболее перспективными для дальнейшего изучения, поэтому далее будет произведена попытка повторить результаты, полученные авторами данных работ, после чего можно будет разрабатывать собственный метод отслеживания на основе предложенных алгоритмов, который будет применим в конкретных условиях при заданных ограничениях.

На данном этапе ведется детальное изучение фильтра частиц, представленного в работе [3], и его взаимодействие с алгоритмом JPDA. Этот подход предполагает, что размер игроков меняется незначительно от кадра к кадру, а также что цвет игровой формы игрока не изменяется в зависимости от освещения. Это достаточно жесткие ограничения, что является недостатком метода. Способ, предложенный в работе [3], снимает эти ограничения, поэтому предполагается, что его использование будет более обоснованно. В дальнейших планах по научно-исследовательской работе стоит экспериментальное подтверждение данного предположения. На текущий момент начата реализация первого подхода на языке Matlab.

Список использованной литературы

1. Hess R., Fern A. Discriminatively Trained Particle Filters for Complex Multi-Object Tracking.
2. Dearden A., Demiris Y., Grau O. Tracking Football Player Movement From a Single Moving Camera.
3. Jaward M., Mihaylova L., Canagarajah N., Bull D. Multiple Object Tracking Using Particle Filters.