

УДК 004.93

## КОНВЕЙЕР РАСПОЗНАВАНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОЗАПИСЯХ

**Кулиш М.Н., Ладыженский Ю.В.**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра прикладной математики и информатики  
e-mail: [feniks\\_fire@yahoo.com](mailto:feniks_fire@yahoo.com)

### *Аннотация*

*Кулиш М.Н., Ладыженский Ю.В. Конвейер распознавания и отслеживания объектов в видеозаписях. Разработана архитектура программного комплекса обработки и анализа футбольных матчей на основе видеозаписей. Описан конвейер распознавания и отслеживания объектов в видеозаписях. Проанализированы методы поиска и отслеживания объектов. Проведены экспериментальные исследования качества методов обработки изображения*

### **Введение**

Методы и алгоритмы обработки изображений, поиска и отслеживания объектов в последовательности кадров могут быть использованы при решении широкого класса прикладных задач. Важной областью применения является анализ спортивных соревнований, в частности, футбольных матчей. Использование автоматизированных систем обработки данных позволит улучшить качество игры за счет более точной оценки действий игроков и команд.

### **Программный комплекс анализа видеозаписей футбольных матчей**

В [1] предложена архитектура программного комплекса анализа видеозаписей футбольных матчей, состоящего из следующих подсистем:

подсистема ввода – обеспечивает запись и дальнейшее сохранение видеозаписей футбольных матчей;

подсистема предварительной обработки – обеспечивает перевод видеозаписей во внутренний формат обработки и дальнейшую синхронизацию данных;

подсистема обработки – предназначена для обнаружения и поиска объектов в видеозаписях;

подсистема анализа – обеспечивает расчет статистических характеристик об их игроках и командах;

подсистема вывода – обеспечивает вывод результатов работы комплекса на экран и сохранение отчетов.

Ядром программного комплекса является подсистема обработки. Подсистема обработки реализуется с использованием конвейерного подхода OpenTL [2]. В каждом такте работе конвейер получает одно или несколько изображений из каждого видеофайла. В полученных изображениях производится поиск новых и потерянных объектов. Выполняется их сравнение с набором существующих объектов и формируется новый набор. Полученный набор объектов передается в байесовский фильтр. Параллельно на этапе предобработки из полученного изображения выделяется набор заданных визуальных характеристик (пиксели изображения в форматах RGB и HSV или наборы точек, характеризующих свойства изображения – углы, грани, контуры). На этапе обработки измерений происходит сравнение характеристик, полученных из изображения, и предсказанных характеристик объектов, обработанных с помощью байесовского фильтра. Байесовский фильтр выполняет для

каждого объекта отслеживания две основные задачи: предсказание состояния объекта с помощью динамических моделей объектов и обновление состояния после обработки согласованных измерений [3]. Схема работы конвейера приведена на рис. 1.

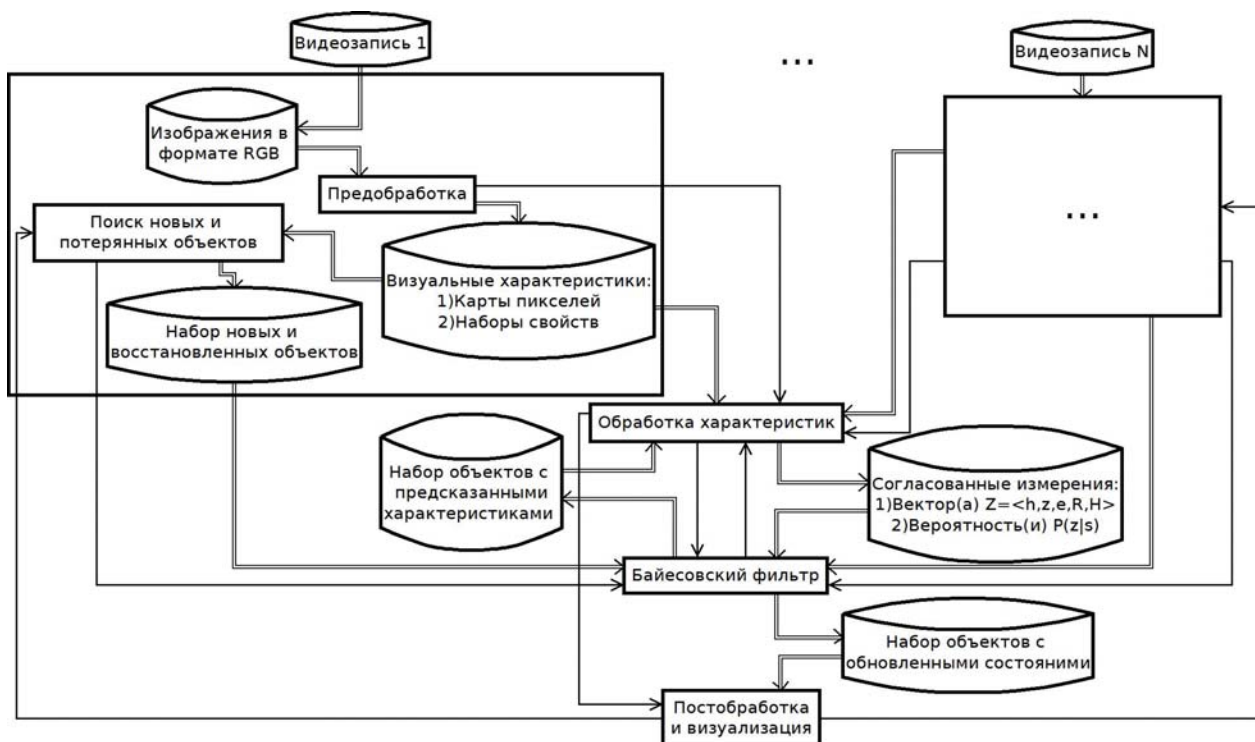


Рисунок 1 – Конвейер распознавания и отслеживания объектов в видеозаписях

Для реализации эффективной подсистемы обработки необходимо проанализировать две группы методов:

Методы обработки изображений – обеспечивают выделение характеристик;

Методы поиска и отслеживания объектов.

#### Методы обработки изображений

В [4] приведены наиболее распространенные методы обработки изображений:

построение цветовых характеристик изображения;

вычитание фона;

выделение пятен;

выделение контуров объектов;

определение движущихся объектов.

Авторами разработано программное обеспечение и проведены экспериментальные исследования с целью выявления наиболее качественных методов выделения характеристик объектов на изображении.

Исследуемые методы разделены по следующим группам:

базовые методы обработки изображений – методы математической морфологии, методы, основанные на смене яркости на границах объектов;

методы детектирования простых элементов изображения – фильтр Кенни, детектор Харриса;

методы сегментации изображений – бинаризация, метод водораздела, вычитание фона.

В результате экспериментов с видеозаписями получены следующие результаты:

морфологические операции сужения и расширения для обработки кадров видеозаписей футбольных матчей не позволяют получить достаточной информации об

объектах на поле. Лучшей комбинацией из морфологических операций для получения информации об объектах на поле является операция вычитания из изображения, полученного с помощью морфологического расширения, изображения, полученного с помощью морфологического сужения (операция Dilate-Erode);

методы пороговой сегментации плохо применимы к обработке кадров футбольных видеозаписей, так как локальных пиков на гистограмме яркостей больше чем два. Наилучшие результаты показывает последовательное применение операций пороговой сегментации и сегментации методом водораздела;

среди методов вычитания фона наилучшие результаты обеспечивает алгоритм, основанный на смеси нормальных распределений;

детектор Кенни является наилучшим из всех рассмотренных фильтров для предварительной обработки кадров видеозаписей;

из смеси фильтров наилучшие результаты демонстрирует объединение фильтра Кенни и морфологической операции Dilate-Erode (рис. 2).

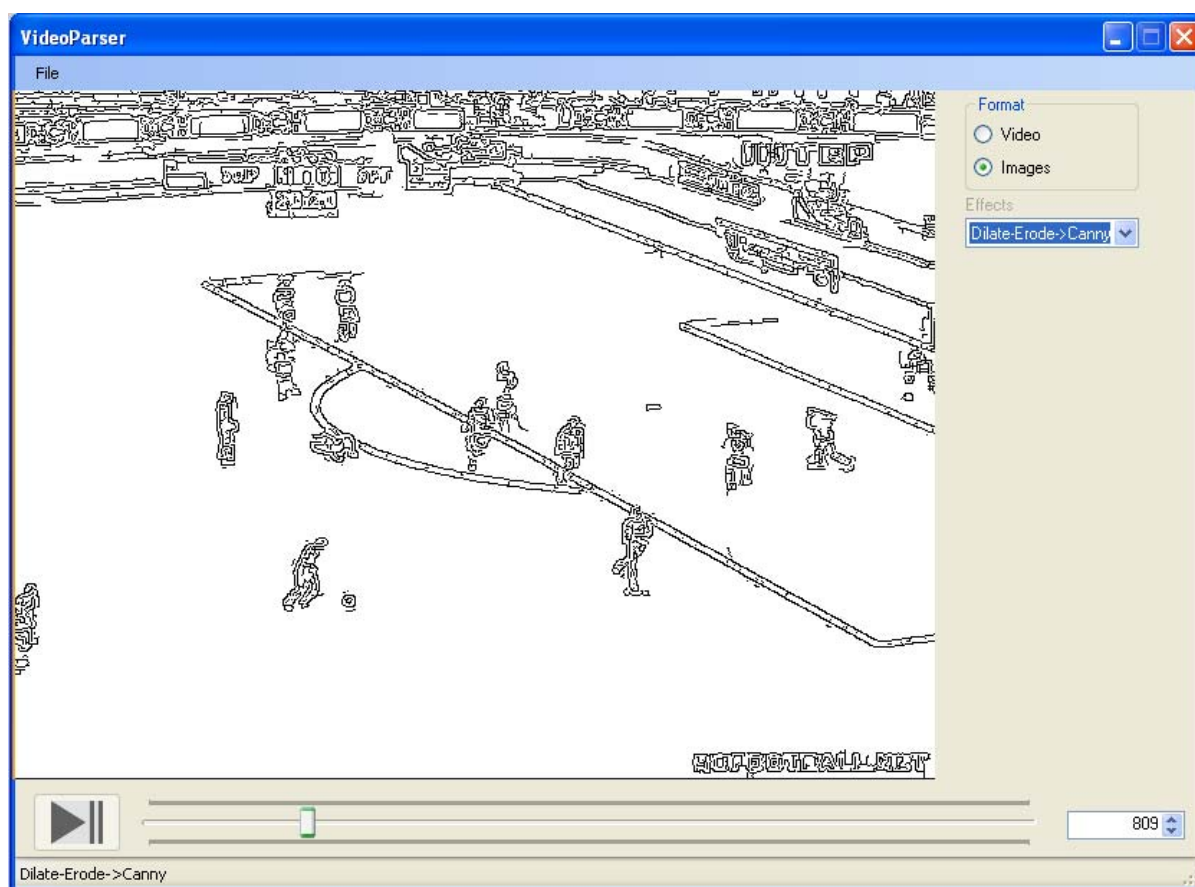


Рисунок 2 – Совмещение фильтров

### Методы поиска и отслеживания объектов

Рекурсивная байесовская оценка (или фильтр Байеса) – это общий вероятностный подход к оценке неизвестной функции плотности вероятности рекурсивно с течением времени, используя входящие измерения и математическую модель процесса.

Фильтр Байеса использует марковские модели в непрерывном времени (рис. 3). Таким образом, для отслеживания объектов во времени требуется расчет интеграла по известным параметрам.

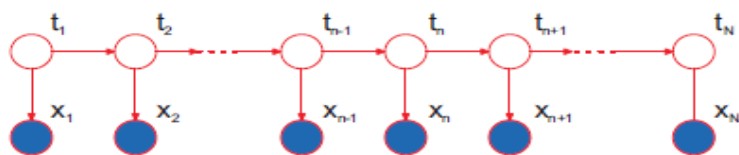


Рисунок 3 – Вероятностная модель

Здесь  $t_i$  - истинные параметры объекта,  $x_i$  - наблюдаемая последовательность,  $p(t_n | t_{n-1})$  - модель движения объекта,  $p(x_n | t_n)$  - модель шума [5].

Классификация байесовских фильтров [6]:

модели на основе нормальных распределений (наиболее популярная модель – фильтр Калмана);

модели на основе смеси нормальных распределений;

непараметрические модели (наиболее популярная - фильтр частиц). Пример отслеживания приведен на рис. 4.

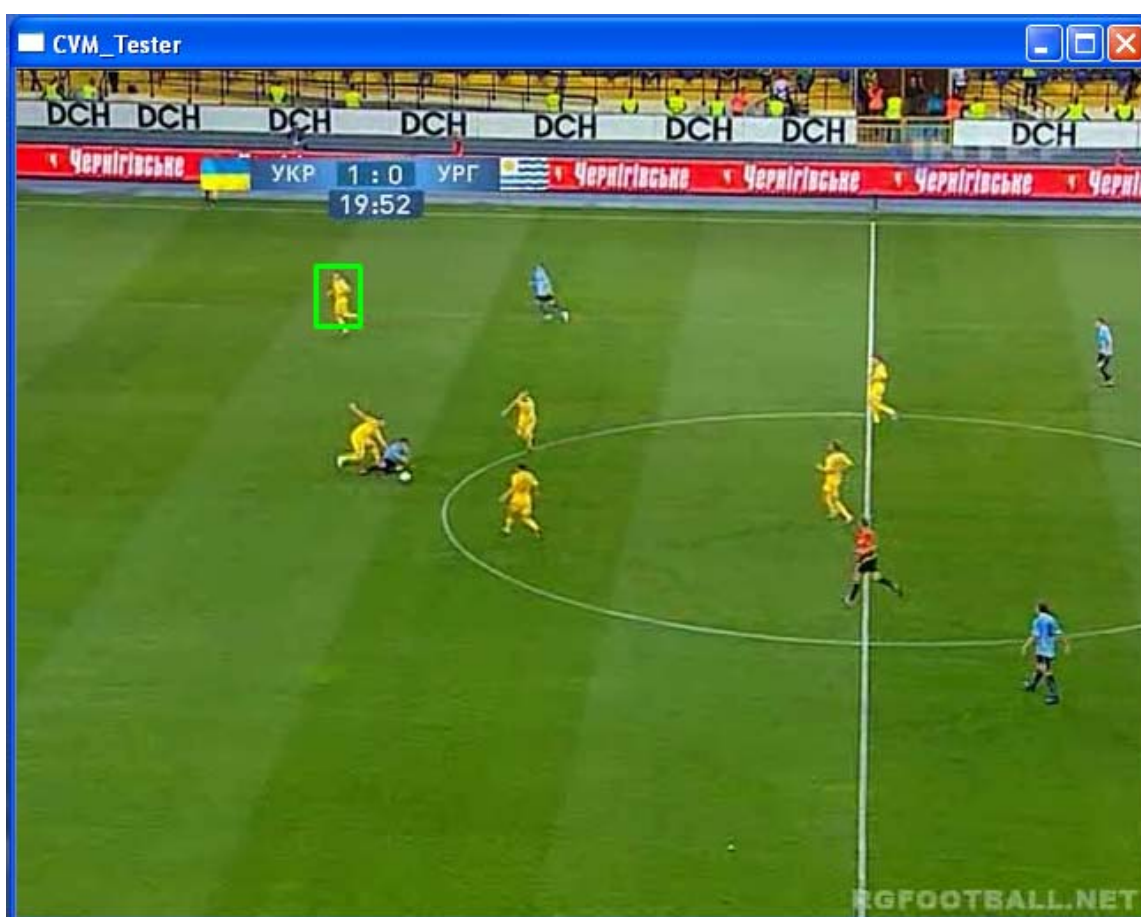


Рисунок 4 – Отслеживание с использованием фильтра частиц

Классический фильтр Калмана является уравнениями для расчета первого и второго момента апостериорной плотности вероятности. Фильтр Калмана состоит из двух этапов:

этап прогноза – оценивается распределение на новом промежутке;

этап коррекции (или обновления) – происходит обновление параметров фильтра.

Фильтр Калмана является широко применяемым, но имеет ряд серьезных ограничений. Среди них гауссовость априорных и апостериорных плотностей вероятности

вектора состояния в любой момент времени, формирующих шумов, шумов наблюдений; линейность модели наблюдений и модели формирующего процесса.

В случае, если данные ограничения нельзя применить, используются непараметрические фильтры, основной из которых – фильтр частиц.

Идея фильтра частиц, в отличие от фильтра Калмана, состоит не в попытке аналитически решить интеграл, а применить численные методы для решения, в частности, метод Монте-Карло. В фильтре частиц используется набор случайно выбранных взвешенных образцов [6].

### Выводы

Разработан программный комплекс анализа видеозаписей футбольных матчей. Описаны его подсистемы. Предложен конвейер распознавания и отслеживания объектов в видеозаписях. Определены и исследованы необходимые для его работы методы и алгоритмы.

Дальнейшие планируемые исследования:

- экспериментальные исследования методов поиска и отслеживания объектов;
- реализация конвейера распознавания и отслеживания объектов с использованием наиболее эффективных методов;
- распараллеливание трудоемких вычислительных процессов.

### Список литературы

1. Кулиш М.Н., Ладыженский Ю.В. [Программный комплекс для обработки и анализа видеозаписей футбольных матчей](#) // Информатика и компьютерные технологии — 2011 / Материалы VII международной научно-технической конференции — 22-23 ноября 2011 — Донецк, ДонНТУ — 2011.— с. 92-95.
2. Panin G.. Model-based visual tracking : the OpenTL framework – Chicester: [John Wiley & Sons](#),2011. – 318с.
3. Кулиш М.Н., Ладыженский Ю.В. Архитектура программного комплекса для обработки и анализа видеозаписей футбольных матчей // Моделирование и компьютерная графика — 2011 / Материалы IV международной научно-технической конференции — 5-8 октября 2011 — Донецк, ДонНТУ — 2011.— с. 166-170.
4. Галиакберов Р.А., Ладыженский Ю.В. [Методы](#) предварительной обработки изображений для отслеживания объектов в видеопотоках // Информатика и компьютерные технологии — 2011 / Материалы VII международной научно-технической конференции — 22-23 ноября 2011 — Донецк, ДонНТУ — 2011.— с. 83-87.
5. Курс лекций «Структурные методы анализа изображений и сигналов» [Электронный ресурс]. Страница доступа: <http://courses.graphicon.ru/main/smisa/lectures>.
6. Muhlich M. Particle filters: An overview, Talk at Filter Worskshop, Bucharest, Romania, March 2003.