

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.969:519.712

Катко  
Вадим Юрьевич

**АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ  
ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1 - 40 80 02 Системный анализ, управление и обработка  
информации

Научный руководитель

А.В. Ломако,  
кандидат технических наук,  
доцент

Минск 2023

Нормоконтроль

А.В. Ломако

## ВВЕДЕНИЕ

Обнаружение и оценка параметров движущихся объектов на видеопоследовательности является одной из самых актуальных тем в области компьютерного зрения, о чём свидетельствует постоянно возрастающее количество публикаций по данному и смежным вопросам. Массовое распространение и удешевление видеокамер, а также значительное увеличение мощности графических процессоров в последнее десятилетие сделали возможным реализацию академического и коммерческого потенциала комплексных алгоритмов анализа видеопоследовательностей. Самые современные методы, используемые в компьютерном зрении, базируются на свёрточных нейронных сетях – сетях со специальной архитектурой, нацеленных на эффективное распознавание образов. Самые точные модели уже превосходят возможности человека.

Системы видеоаналитики, включающие алгоритмы обнаружения и оценки параметров движущихся объектов, находят применение в промышленности, медицине, обеспечении общественной безопасности, торговле, финансовом секторе, транспорте и других сферах деятельности. Такие системы позволяют реализовывать различные сценарии оценки эффективности, сбора количественных и качественных данных, выявления нежелательных сценариев и другие без прямого участия человека.

Цель: разработка нового или модернизация существующего алгоритма обнаружения и оценки параметров движущихся объектов.

Объект исследования: движущиеся объекты на видеопоследовательности.

Предмет: обнаружение и оценка параметров движущихся объектов.

Задачи:

1. Изучить существующие алгоритмы обнаружения и оценки параметров движущихся объектов на видеопоследовательности;
2. Разработать новый либо модернизировать существующий алгоритм;
3. Оценить работоспособность и качество полученного алгоритма.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Актуальность исследования

Алгоритм обнаружения и оценки параметров движущихся объектов является актуальной темой и может быть использован во многих отраслях таких как промышленность, торговля, транспорт, финансовый сектор, безопасность и других. Более того, разрабатываемые здесь подходы находят своё применение в разнообразных областях приложения и поставленных задачах: распознавание, идентификация, сегментирование, подсчёт, оценка скорости, направления движения, внешнего вида, эмоций; оценка поведения, выполнения определённых действий и другие.

Такой алгоритм может быть применён в системах видеоаналитики для камер в общественных местах и заведениях, беспилотной технике, для обеспечения общественной безопасности, предотвращения несчастных случаев, в сборе данных и ведении статистики для коммерческих организаций, балансировании и направлении потока пешеходов и в других областях.

В контексте пешеходов в городской среде существует множество возможных сценариев использования алгоритма обнаружения и оценки параметров движущихся. Например, для предупреждения преступности. Случаи агрессивного поведения людей, воровства могут быть обнаружены автоматически. В людных местах комплексные системы, в состав которых входят алгоритмы, подобные исследуемому, могут обнаружить массовую панику и предотвратить несчастные случаи, автоматически открывая запасные, эвакуационные выходы и направляя людей.

Отслеживание людей не обязательно должно выполняться в режиме реального времени. Выполнение автономного анализа большого количества реконструированных траекторий может быть полезным для обнаружения областей, где чаще всего скапливаются люди. Это может дать новое представление о планировании путей эвакуации в зданиях. Ещё одно интересное с коммерческой точки зрения приложение алгоритма – изучение перемещений людей в магазинах или на торговых улицах с целью сбора статистики и повышения эффективности торговли. Кроме того, что визуальное наблюдение не ограничивается наблюдением за людьми. Система, способная отслеживать автомобили на оживлённом перекрестке, может регулировать светофоры, чтобы обеспечить плавность автомобильного потока и предотвратить пробки, предоставить ценную информацию для долгосрочного развития дорожного движения в городских условиях.

## **Цель и задачи исследования**

Целью диссертационной работы является разработка нового или модернизация существующего алгоритма обнаружения и оценки параметров движущихся объектов.

Поставленная цель работы определяет следующие основные *задачи*:

1. Изучить существующие алгоритмы обнаружения и оценки параметров движущихся объектов на видеопоследовательности;
2. Разработать новый либо модернизировать существующий алгоритм;
3. Оценить работоспособность и качество полученного алгоритма.

## **Область исследования**

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-40 80 02-2020 специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка информации».

## **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли работы зарубежных исследователей в области множественного отслеживания и оценки параметров движущихся объектов в контексте пешеходов в городской среде. А также технические нормативные правовые акты по тематике диссертационной работы.

Информационная база исследования сформирована на основе технической литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

## **Научная новизна**

Научная новизна заключается в том, что был разработан комбинированный алгоритм множественного обнаружения и отслеживания движущихся объектов, основанный на использовании детектора YOLOv3 для решения задачи детектирования объектов, GM-PHD фильтра, вспомогательной сиамской свёрточной нейронной сети, Венгерского алгоритма для решения задачи ассоциации объектов. Также реализована реидентификация потерянных объектов на основе вспомогательной сиамской свёрточной нейронной сети. Общая точность отслеживания для этапов детекции и ассоциации улучшилась

на 2,1% по сравнению с рассмотренными в диссертационной работе аналогичными алгоритмами.

*Теоретическая значимость* работы заключается в продолжении развития темы обнаружения и оценки параметров движущихся объектов.

*Практическая значимость* диссертации состоит в апробации разработанного алгоритма обнаружения и оценки параметров движущихся объектов по правилам релевантного конкурса для подобных алгоритмов и определении показателей эффективности использования предложенного алгоритма.

### **Личный вклад соискателя**

Соискателем выполнены все изложенные в работе разработки и исследования. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем и сотрудниками кафедры информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Обработка, интерпретация данных, а также выводы сделаны автором самостоятельно.

### **Опубликованность результатов диссертации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 1 печатной работе в научном журнале. Общий объём публикаций по теме диссертации составляет 3 страницы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Общий подход к задаче обнаружения и отслеживания объектов на видеопоследовательности состоит из двух этапов:

1. Этап детекции (обнаружения) объектов – обнаружение объектов интереса в каждом кадре видеопоследовательности с помощью детектора;
2. Этап ассоциации объектов между кадрами (трекинг) – прогнозирование местоположение объекта в последующем кадре и сопоставление объекта между кадрами по обнаружениям и спрогнозированным местоположениям для создания целостной траектории.

В зависимости от реализации эти этапы сами по себе тоже состоят из подэтапов. В данной работе детектирование объектов производится детектором You Only Look Once третьей версии (YOLOv3). Прогнозирование местоположения объекта на последующих кадрах выполнено с помощью фильтра Gaussian mixture Probability Hypothesis Density (GM-PHD). Для сопоставления объектов между кадрами вычисляется стоимость сопоставления, состоящая из пространственно-временной связи и визуального подобия объектов. Пространственно-временная связь вычисляется как Евклидово расстояние между центрами ограничительных рамок объектов, визуальное подобие вычисляется вспомогательной сямской свёрточной нейронной сетью. На основе рассчитанной стоимости сопоставление производится Венгерским алгоритмом. Кроме того, алгоритм улучшается с помощью реидентификации потерянных целей на основе вспомогательной сямской свёрточной нейронной сети.

В настоящей работе рассматриваются методы решения данных задач технического зрения.

В первой главе диссертационной работы уточняется тема исследования, производится обзор существующих алгоритмов множественного обнаружения и отслеживания объектов на видеопоследовательности. Рассмотрены составные части каждого алгоритма. Приведено сравнение и анализ значений их метрик оценки качества, а также выявлены существующие факторы, которые усложняют обнаружение и отслеживание объектов.

В разрабатываемом алгоритме требуется достижение максимальной точности в обнаружении и отслеживании объектов, минимизация количества ложных и пропущенных срабатываний детектора, прерываний траектории, нарушений идентификации.

Во второй главе диссертационной работы производится анализ существующих методов и подходов к множественному обнаружению и отслеживанию объектов. Рассматриваются два основных этапа данной задачи: этап детекции и этап ассоциации объектов. Для каждого этапа приводится

подробный анализ существующих методов. Результаты анализа методов и подходов множественного обнаружения и отслеживания движущихся объектов показали их сильные и слабые стороны, на основании которых был сделан выбор методов для реализации нового алгоритма.

В третьей главе диссертационной работы производится исследование и реализация нового алгоритма, включающего в себя детектор YOLOv3, GM-RHD фильтр, вспомогательную сиамскую свёрточную нейронную сеть, Венгерский алгоритм. Также было принято улучшить приведённый алгоритм с помощью реидентификации потерянных целей с помощью той же вспомогательной сиамской свёрточной нейронной сети. Общая схема алгоритма приведена в приложении пояснительной записки.

В четвёртой главе производится анализ разработанного алгоритма и дается экспериментальная оценка предлагаемых решений. Приведено описание процесса обучения нейронных сетей, произведена оценка качества работы разработанного алгоритма с помощью метрик, аналогичных метрикам оценки качества работы существующих алгоритмов, рассмотренных в первой главе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над диссертацией был проведён анализ существующих алгоритмов, методов и подходов для решения задачи множественного обнаружения и отслеживания движущихся объектов на видеопоследовательности применительно к пешеходам в городской среде, разработан и исследован новый алгоритм, основанный на комбинированном методе с использованием детектора YOLOv3, GM-PHD фильтра, вспомогательной свёрточной нейронной сети и Венгерского алгоритма.

В результате анализа существующих решений и значений метрик оценки их работы было принято решение о разработке нового, более совершенного алгоритма с более высокими показателями точности.

На основе анализа методов и подходов к решаемой задаче для реализации собственного алгоритма выбраны: нейросетевой детектор YOLOv3 для этапа детекции, метод фильтрации GM-PHD и Венгерский алгоритм для этапа ассоциации данных, реализована реидентификация потерянных целей с помощью вспомогательной свёрточной нейронной сети.

Разработан детектор YOLOv3 на основе архитектуры Darknet-53, включающий этапы извлечения признаков, многомасштабного прогнозирования, выделения пешеходов в кадре, использования техники NMS. Вероятность верного обнаружения детектором составила 89%.

Реализован GM-PHD фильтр с этапами инициализации, прогнозирования, обновления. По итогу работы фильтра вычисляется пространственно-временная связь с помощью вычисления Евклидова расстояния, и визуальное сходство с помощью вспомогательной свёрточной нейронной сети между положением трека в кадре  $k - 1$  и спрогнозированным положением в кадре  $k$ . На основе этих двух значений вычисляется общая стоимость ассоциации и спрогнозированные ограничительные рамки добавляются к существующим трекам с помощью Венгерского алгоритма.

Реализована реидентификация в случае, если после предыдущих этапов в течение 10 кадров остаются несвязанные ограничительные рамки объектов или треки. Проводится проверка визуального сходства с помощью вспомогательной свёрточной нейронной сети между потерянной и двигающейся по треку целью. Вероятность верного распознавания вспомогательной нейронной сетью составила 92%. Если ограничительная рамка не связалась ни с одним треком, она используется для инициализации нового трека. Если трек не связался ни с какой ограничительной рамкой объекта, он завершается.

Общая точность отслеживания для этапов детекции и ассоциации улучшилась на 2,1% по сравнению с аналогичными рассмотренными алгоритмами.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

[1–А.] Катко, В.Ю. Анализ подходов к обнаружению объектов на изображении / В.Ю. Катко // Студенческий вестник. – 2023. – № 12. С.10–12.