

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

УДК 004.93

Савостин
Алексей Алексеевич

Система автоматизированного распознавания плотности дорожного
трафика

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель
Фролов Игорь Иванович
к.т.н.

Минск 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Многие города по всему миру сталкиваются с проблемой автомобильных заторов и пробок. Для управления дорожным трафиком администрация города должна иметь информацию как реального времени, так и исторические данные о дорожных условиях, преобладающих на улично-дорожной сети. В долгосрочной перспективе эта информация может быть использована для улучшения дорожной сети путем определения областей с частыми заторами и строительства альтернативных маршрутов.

Информация, полученная с помощью такой системы, может быть интегрирована с SMS сервисами, которые предупреждают пользователей о перегруженности дороги, использована для автоматического управления интервалами светофоров, в географических информационных системах и т.п.

Популярные технологии, такие как магнитные датчики дороги в установке и требуют проведения земляных работ для установки [4]. Для использования решений, основанных на сверхвысокочастотных (СВЧ) радарх, ультразвуковых датчиках и инфракрасных детекторах необходимо специализированное и сложное оборудование [5].

В настоящее время для анализа транспортных потоков используются различные технологии, многие из них позволяют вести подсчет транспорта. Однако не все технологии способны дифференцировать транспорт по классам транспортных средств. В качестве альтернативы описанным системам предложены методы и алгоритмы для реализации системы оценки параметров транспортного потока, использующие недорогие камеры, которые используются для исследований системных моделей транспортных сетей.

Однако осуществление надежного мониторинга дорожных потоков большой интенсивности с использованием данных камер видеонаблюдения является достаточно сложной задачей. Существующие на данный момент программные системы для подсчета трафика либо используют распознавание номеров транспортного средства с последующей сверкой с базой данных зарегистрированного транспорта [12], либо работают только с потоком видео, где транспорт засчитывается при пересечении определенной границы.

В работе предлагается схема оценки параметров транспортного потока с использованием камер видеонаблюдения, установленных определенным образом [13] над дорогой. В разработке ПС внимание уделено распознаванию различных классов транспортных средств. ПС требует минимальной загрузки каналов передачи данных, т.к. обрабатывает статические кадры с камеры видеонаблюдения, снятые с определенным временным интервалом, а не видео данные, как это сделано в других ПС.

Итогом обработки данных является количественное распределение транспорта по классам транспортных средств и по полосам движения, а также определение плотности транспортного потока на наблюдаемом участке в данный момент времени.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка методов и алгоритмов для построения систем автоматизированного распознавания плотности дорожного трафика. А также проведение практической проверки и анализ разработанных методов и алгоритмов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать существующие методы и алгоритмы распознавания и классификации образов.
2. Исследовать существующие системы распознавания дорожного трафика.
3. Разработать программное средство (ПС) на основе разработанных методов и алгоритмов.
4. Разработать набор критериев для оценки эффективности методов и алгоритмов.
5. Провести экспериментальные исследования разработанного ПС с целью оценки разработанного ПС.

Объектом исследования является автомобильный трафик.

Предметом исследования является плотность автомобильного трафика.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность разработки эффективных методов и алгоритмов оценки плотности дорожного трафика по последовательности статических кадров, снятых с определенным интервалом на одном участке дороги.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась в соответствии с научно-техническим заданием и планом работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» по теме «Разработать модели, методы, алгоритмы для оценки параметров, повышения надежности и качества функционирования аппаратно-программных средств систем и сетей сложной конфигурации и внедрить в современные обучающие комплексы» (ГБ № 11-2004, № ГР 20111065, научный руководитель НИР – В. В. Бахтизин).

Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя И. И. Фролова, заключается в формулировке целей и задач исследования.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы опубликованы в журнале «Высшая школа», докладывались и обсуждались на 11-й Международной молодёжной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015» (Севастополь, Российская Федерация, 2015).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 3 печатные работы, из них две статьи в рецензируемом издании, одна работы в сборниках трудов и материалов международных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложения. В первой главе представлен анализ литературы, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритмов для распознавания и оценки дорожного трафика. Разработаны алгоритмы оценки и компенсации фона, вычитания и моделирования фона, морфологической фильтрации, удаления теней, классификации транспортных средств, подсчета транспорта. В третьей главе проведены эксперименты по оценке критериев эффективности разработанного ПС.

Общий объем работы составляет 63 страницы, из которых основного текста – 44 страницы, 20 рисунков на 17 страницах, 5 таблиц на 5 страницах, список использованных источников из 35 наименований на 3 страницах и 1 приложение на 5 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана

краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В первой главе проведен анализ области транспортных потоков, приведены основные понятия и определения в области распознавания транспорта. Рассмотрены и проанализированы существующие технологии обнаружения и подсчета транспорта: магнитные, лазерные, инфракрасные, акустические детекторы, радиолокационные радары и системы, основанные на видеонаблюдении. Приведены результаты сравнения шести популярных типов детекторов по пятибалльной шкале. Итоговая оценка сравнения показала, что видеодетекторы наилучшим образом удовлетворяют всем описанным требованиям. Проведено сравнение между различными алгоритмами вычитания фона. Приведена оценка эффективности в различных реальных городских условиях. Рассмотрены различные алгоритмы и методы обнаружения теней для транспортных потоков. Описано сравнительное исследование. Рассмотрены вопросы организации мониторинга дорожного движения. Описаны особенности наблюдения и контроля за транспортными потоками с помощью видеодетектора транспорта. Затронуты способы установки камер наблюдения за дорожным потоком. Приведены алгоритмы цифровой обработки видеоизображений, использованные для оценки параметров транспортных средств и потоков на автомагистралях. Оценен опыт эксплуатации автоматизированных систем управления дорожным трафиком, показаны сильные и слабые стороны различных систем. Выделены требования, предъявляемые к детекторам ТС.

Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритмов распознавания и плотности дорожного трафика. Приведены результаты применения методов обработки буфера кадров с целью получения параметров движения ТС и характеристик транспортного потока, таких как плотность транспортного потока. Приведена таблица представления распределения транспорта по категориям и полосам. Описана схема ПС.

Приведена общая схема обнаружения подвижных объектов, состоящая из пяти шагов: предварительной обработки, моделирования фона, обнаружения переднего плана, проверки данных.

Рассмотрены различные методы обновления фона. В используемом алгоритме использована модификация вышеописанных методов. Определены базовые операции морфологической обработки: эрозия и наращивание. Для выделения границ изображения, устранения шумов и ошибок компенсации фона без воздействия на область локального «полезного» движения применена морфологическая фильтрация. Приведены графические иллюстрации. Ошибки компенсации движения фона устраняются с помощью операции морфологического открытия. Для удаления небольших фрагментов фона внутри

объектов применяется операция закрытия, которая является последовательным применением наращивания и эрозии. Для более точной классификации ТС предложен алгоритм удаления теней. Целью алгоритма является предотвращение неправильной классификации движущейся тени. Для более надежного выделения областей кадра, принадлежащих движущимся объектам, и устранения помех и шумов к разностному изображению применяется пороговая обработка с гистерезисом, имеющая два порога и два состояния – фон, объект. Использование предложенного метода устранения фона позволяет уменьшить количество обрабатываемых данных и определить с большей точностью местонахождение движущихся объектов в поле зрения видеокамеры.

Приведен алгоритм классификации ТС. Выделены этапы обнаружения транспорта на переднем плане. Краткая суть алгоритма: произвести сегментацию пикселей переднего плана по координатам и цвету. Каждому пикселю ставится в соответствие вектор. Полученные вектора разбиваются на k кластеров. Для кластеризации используется алгоритм k -средних. Реализован отбор регионов, имеющих площадь и форму, такие, что внутри региона может поместиться ТС. Приведена схема обучения и классификации автомобильного транспорта. Реализовано вычисление характеристического вектора.

Для каждого из предопределенных временных, погодных и дорожных условий (ясный день, ночь, затор, снег или туман) при конфигурации ПС предусмотрена установка метода моделирования фона. По умолчанию для затора используется фиксированный фон, для всех остальных условий – приближенный медианный метод.

Приведена формула для вычисления плотности транспортного потока по количеству зафиксированных транспортных средств и длине наблюдаемого участка

В третьей главе посвящена описанию проводимым экспериментальным исследованиям. Проведен сравнительный анализ различных методов моделирования фона: с фиксированным фоном, межкадровой разности, приближенной медианной фильтрации, скользящего среднего и селективного. По интегральному критерию, объединяющему все сравниваемые показатели, был выделен наилучший – приближенный медианный метод.

Проведено тестирование ПС на различных последовательностях кадров и в различных погодных условиях. Результаты представлены в виде таблицы, отражающей точность подсчета и классификации. Реализуемость и работоспособность алгоритмов подтверждена экспериментальными результатами. Была оценена плотность дорожного трафика в дневное и ночное время на различных улицах Минска.

Таблица 1 – Результат тестирования ПС в различных условиях видимости и с различными методами моделирования фона

	Приближенный медианный метод		Фиксированный фон	
	Точность подсчета, %	Точность классификации, %	Точность подсчета, %	Точность классификации, %
День	84.3	79.4	83.1	79.4
Ночь	75.8	69.9	74.6	70.1
Туман	80.1	76.3	47.1	42.9
Снег	82.8	77.6	58.7	54.3
Затор	51.2	45.5	84.2	80.5

Приведены графики (рисунок 1), показывающие плотность дорожного трафика за измеряемый промежуток времени. Приведено краткое описание изменения плотности дорожного трафика. Приведены результаты оценки эффективности в зависимости от погодных условий и времени суток (таблица 1). Результаты показали, что метод с фиксированным фоном не эффективен в условиях тумана или снега, однако показывает наилучшие результаты в условиях затора. Таким образом при некоторых условиях возможно использование метода, использующего фиксированный фон.

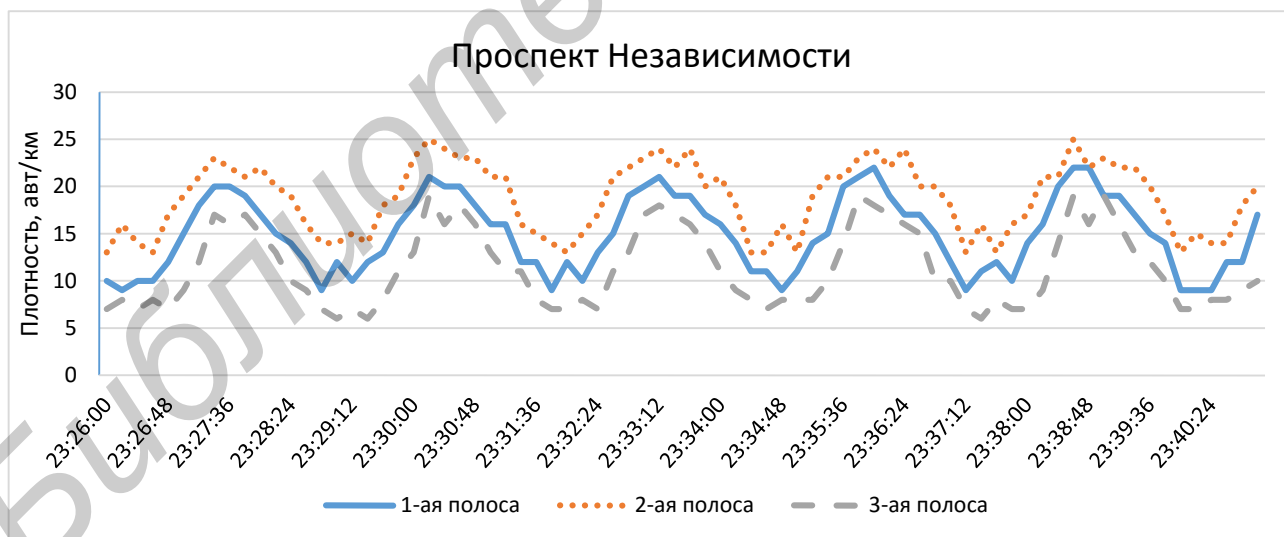


Рисунок 1 – Плотность транспортного потока на наблюдаемом участке проспекта Независимости, ночное время

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Приведены основные понятия и определения в области транспортных потоков. Рассмотрены и проанализированы существующие технологии обнаружения и подсчета транспорта: магнитные, лазерные, инфракрасные, акустические детекторы, радиолокационные радары и системы, основанные на видеонаблюдении. Приведены результаты сравнения шести популярных типов детекторов.

2. Проведен анализ между различными алгоритмами вычитания фона. Приведена оценка эффективности в различных реальных городских условиях. Рассмотрены различные алгоритмы и методы обнаружения теней для транспортных потоков.

3. Приведены результаты применения методов обработки буфера кадров с целью получения параметров движения ТС и характеристик транспортного потока, таких как плотность транспортного потока.

4. Приведен алгоритм классификации ТС. Выделены этапы обнаружения транспорта на переднем плане. Проведен сравнительный анализ различных методов моделирования фона: с фиксированным фоном, межкадровой разности, приближенной медианной фильтрации, скользящего среднего и селективного. По интегральному критерию, объединяющему все сравниваемые показатели, определен наилучший – приближенный медианный метод.

5. Проведено тестирование ПС на различных последовательностях кадров и в различных погодных условиях.

6. Экспериментально оценена плотность дорожного трафика в дневное и ночное время на различных улицах Минска. Приведены графики, показывающие плотность дорожного трафика за измеряемый промежуток времени. Результаты показали, что метод с фиксированным фоном не эффективен в условиях тумана или снега, однако показывает наилучшие результаты в условиях затора.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Таким образом, разработанные в данном исследовании методы и алгоритмы успешно решают задачу объективной оценки транспортного потока при разделении ТС по классам и могут быть использованы по своему назначению. Однако при тестировании ПС были замечены некоторые проблемы:

– если цвет тени и цвет ТС очень близки, то получается так, что вместе

с тенью удаляется и часть транспортного средства и затем ПС не может правильно его распознать;

– ПС плохо распознает транспортные средства, находящиеся близко друг от друга – они часто сегментируются по цвету как один регион. Но эта проблема решается путем правильной установкой камеры, как это описано в обзоре литературы;

– резкие изменения освещения и блики приводят к неверному определению переднего плана и неверному формированию фона.

Для решения этих проблем необходимо:

– улучшить алгоритм распознавания теней, учитывая отсутствие градиента в области тени;

– совместно с сегментацией изображений по цвету, сегментировать изображение также и по оператору краев – это позволит улучшить качество сегментации близко расположенных машин;

– позаботиться о правильной установке камеры, не допуская перекрытия транспортных средств в кадре;

– при резких перепадах освещения меняется интенсивность цвета, однако края объектов на изображении не меняются. Данное свойство можно использовать: определять фон по результатам оператора краев. Затем сравнивать его с краями текущего кадра, получая передний план. Это позволит не зависеть от интенсивности освещения на сцене.

Следует также заметить, что наблюдаемая точность тестирования может быть увеличена при использовании калибровки камеры для более точного определения допустимых размеров ТС на каждом видимом участке дороги.

В дальнейшем, например, с использованием фундаментальных диаграмм Кернера и полученной информации о плотности дорожного трафика возможно рассчитать интенсивность транспортного потока по полосам и по классам транспортных средств.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Савостин, А.А. Использование метода вычитания фона для обнаружения автотранспорта в видеопотоке / А.А. Савостин // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2015»: материалы 11-й междунар. молодежной науч.-техн. конф – Севастополь: СевГУ, 2015 – С.160.

2-А. Савостин, А.А. Автоматизация распознавания плотности дорожного трафика / А.А. Савостин // Высшая школа. – 2016. – №1. – 69 – 70.

3-А. Савостин, А.А. Алгоритмы и методы автоматического определения плотности дорожного трафика / А.А. Савостин // Апробация. – 2016. – №1.