Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. М. Цибульский
подпись
« ____» _____2016 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Распознавание объектов методами наземного мониторинга для определения нагрузки на дорожное полотно
09.04.02 Информационные системы и технологии
09.04.02.02 Информационные системы и технологии в управлении технологическими процессами

Научный руководитель _____ доцент, к. ф.-м. н. А. Ш. Любанова
подпись, дата

Выпускник _____ В. С. Косач
подпись, дата

Рецензент _____ Научный сотрудник ИВМ СО РАН А. В. Шмидт
подпись, дата

Нормоконтролер _____ М. А. Аникьева
подпись, дата

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
Глава 1. Системы мониторинга. Распознавание изображений 6
1.1. Мониторинг состояния дорог 6
1.2. Методы мониторинга, распознавания изображений и прогнозирования 16
1.3. Постановка задачи 30
1.4. Обоснования среды программирования. 32
1.5. Выводы к главе 36
Глава 2. Методы контроля трафика транспортных средств 37
2.1. Специфика решаемой задачи фото/видеонаблюдения 37
2.2. Распознавание изображений 39
2.3. Математическое моделирование состояния транспортной системы 44
2.4. Выводы к главе 47
Глава 3. Программное приложение 48
3.1. Проектирование системы 48
3.2. Программные продукты 50
Заключение 61
Список использованных источников 62
Приложение А. Плакаты презентации 66

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечается бурный рост использования систем фото/видеонаблюдения, что объясняется широким кругом решаемых такими системами задач и постоянно увеличивающейся доступностью средств наблюдения и связи. Системы фото/видеонаблюдения находят применение в сферах мониторинга дорожно-транспортных систем, обеспечения безопасности и правопорядка, беспилотной авиации, контроля процессов на производстве, а также во многих других сферах нашей жизни. Их использование позволяет анализировать состояние наблюдаемых объектов, повышать эффективность их управления, надежность и качество получаемых результатов, оказывать поддержку при принятии решений. С развитием компьютерных методов обработки визуальных данных все более привлекательными становятся интеллектуальные системы фото/видеонаблюдения, способные в автоматическом режиме анализировать поступающую информацию и проходить машинное обучение. Информатизация процесса позволяет кардинально увеличить масштабы мониторинга и сократить использование человеческих ресурсов, увеличив при этом надежность и непредвзятость наблюдения за объектом. Существенную долю интеллектуальных систем видеонаблюдения составляет дорожное наблюдение, занимающееся, среди прочего, контролем ПДД, мониторингом загруженности дорог, обнаружением дорожно-транспортных происшествий. В крупных городах, таких как Москва, количество камер дорожного видеонаблюдения ежегодно увеличивается в 1,5–2 раза. В течении года 95 % штрафов выписывается с помощью автоматических систем фото/видеонаблюдения.

Данная работа посвящена системе мониторинга транспортной сети, для контроля дорожного трафика, классификации объектов и определения нагрузки на дорожное полотно, что существенно увеличит контроль за состоянием дороги.

Объектом исследования является процесс контроля транспортного поток и нагрузки на дорожное полотно с использованием компьютерных методов об-

работки информации. Предметом исследования являются методы и алгоритмы компьютерного зрения и машинного обучения.

Целью данной работы является повышение эффективности контроля над состоянием дорожного полотна в транспортных системах.

Основными задачами для достижения поставленной цели являются:

- Системная идентификация объекта мониторинга и его веса;
- Создание информационной базы данных по показателям текущего состояния загруженности дорог;
- Подготовка материалов аналитической направленности с использованием математических методов анализа данных;
- Накопление информации, необходимой для анализа ситуации, описания прогнозного фона и прогнозирования ситуации на дороге в определенный день недели или месяц.

Представленная магистерская диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованных источников, и приложения. Первая глава носит обзорный характер. В ней дается характеристика существующих средств мониторинга транспортных систем, факторов влияющих на него, обзор существующих методов фото/видео-фиксации, распознавания, классификации объектов и прогнозирования интенсивности транспортного потока, а также постановка задачи. Во второй главе обсуждаются вопросы математического моделирования и прогнозирования транспортного потока, проводится анализ собранных статистических данных по результатам фото/видео-фиксации и строится регрессионная модель изменения интенсивности транспортного потока со временем. На основе полученной модели разработан алгоритм прогнозирования изменения интенсивности транспортного потока. Также построен алгоритм распознавания объектов фото/видео фиксации на базе комбинации метода отделения фона и технологии Blob Detection. В третьей главе описана реализация программного приложения для мониторинга и прогнозирования состояния транспортной системы.

Потенциальными потребителями разработанного приложения, являются проектные организации, строительные компании, организации эксплуатирующие дороги, службы оперативного реагирования, водители и службы ГАИ.

В ходе выполнение магистерской диссертации была написана статья на тему: " Распознавание объектов методами наземного мониторинга для определения нагрузки на дорожное полотно" в электронный сборник международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Проспект Свободный – 2016.

Глава 1. Системы мониторинга. Распознавание изображений

1.1. Мониторинг состояния дорог

1.1.1. Характеристики транспортной системы

Транспортная система — это совокупность транспортной инфраструктуры, транспортных предприятий, средств и управления . Транспортная система обеспечивает работу и развитие всех видов транспортных средств с целью максимального удовлетворения транспортных потребностей при минимальных затратах средств. Она предназначена для выполнения транспортных потребностей человека и включает в себя средства и объекты транспортировки, а также окружающую среду транспортной сети [3].

Транспортная система города включает в себя такие составные части как:

- дорожно-транспортный комплекс;
- участников дорожного движения;
- окружающую среду транспортной системы.

Транспортные системы страны представляет собой большой и сложный комплекс путей сообщения, подразделенных на магистральный транспорт общего пользования, промышленный и городской транспорт (рисунок 1).

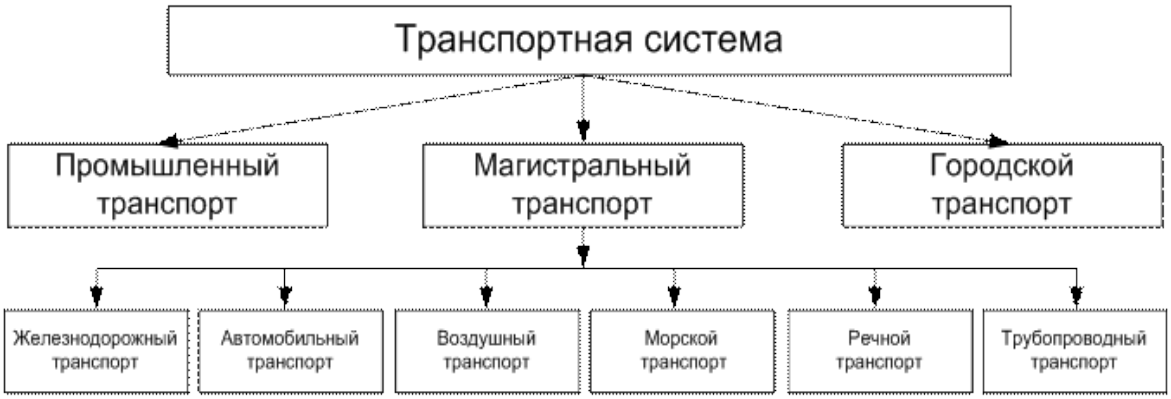

Рисунок 1 – Схема транспортной системы

Промышленный транспорт осуществляет функцию перемещение предметов и объектов труда в сфере производства. Магистральный транспорт общего пользования включает в себя железнодорожный, автомобильный, морской, речной, воздушный и трубопроводный транспорт. Городской транспорт обеспечивает перевозки внутри городской системы и включает в себя метрополитен, троллейбус, трамвай, автобус, такси, грузовой автомобиль и другие транспортные средства.

В наше время мировая транспортная система имеет большую зависимостью от информационных технологий и развивается по следующим направлениям:

- увеличение пропускной способности транспортных путей,
- повышение безопасности движения,
- увеличение вместимости и грузоподъёмности транспортных средств,
- увеличение скорости передвижения.

Первостепенное значение при оптимизации развития транспорта имеет надежная система анализа и прогнозирования грузо- и пассажиропотоков для всех уровней транспортных систем. При выполнении задачи необходимо использовать типовые методики прогнозирования, исходя из того, что расчеты в прогнозах могут применяться на всех уровнях транспортных систем.

Основная проблема городской транспортной системы — несоответствие пропускной способности улично-дорожной сети реальному спросу на транспортные услуги у потребителя. Системные сбои в дорожном движении приводят к существенному увеличению затрат времени на перевозки, повышению расхода топлива, росту числа ДТП, и ухудшению экологической ситуации в целом. В конечном итоге, такая ситуация ведёт к повышению стоимости автомобильных перевозок, снижению их качества и безопасности, снижению эффективности работы всех городских служб.

Для решения существующих транспортных проблем и улучшения условий дорожного движения проводятся работы по созданию интеллектуальной транспортной системы города: вводятся платные парковки и ограничения на

въезд в определенные зоны города, формируются полосы для приоритетного движения общественного транспорта, оптимизируются алгоритмы управления светофорной сигнализацией, вводятся средства автоматической фиксации нарушения правил дорожного движения, развиваются функции информирования участников движения о дорожных условиях, о графиках движения общественного транспорта, о наличии свободных мест на парковках и так далее.

Интеллектуальная транспортная система предназначена для эффективного управления транспортными потоками, увеличения пропускной способности улично-дорожной сети, предотвращения автомобильных заторов, уменьшения задержек в движении транспорта, повышения безопасности дорожного движения, информирования участников движения о складывающейся дорожно-транспортной ситуации и вариантах оптимального маршрута движения, обеспечения бесперебойного движения наземного городского пассажирского транспорта.

Анализ ситуации, складывающейся в крупных городах России, показывает, что перегруженность движением городских дорожных сетей обусловлена совокупным влиянием ряда факторов (рисунок 2).

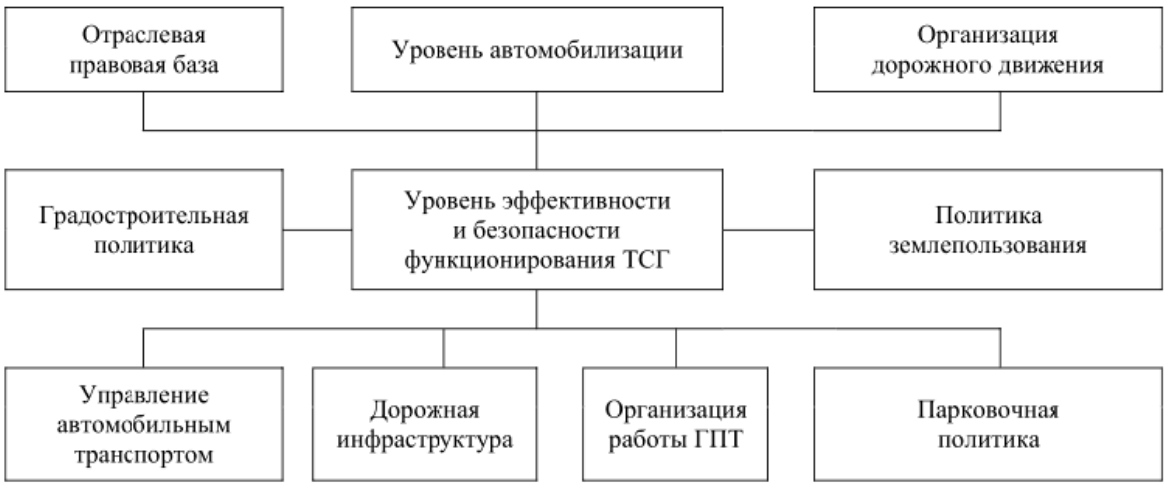

Рисунок 2 – Факторы функционирования транспортной системы города

1.1.2. Существующие системы мониторинга

Мониторинг — система выполняемых по заданной программе регулярных комплексных долгосрочных наблюдений за выбранной средой, ее состояния, происходящими изменениями под влиянием определенных воздействий, а также оценка и прогноз последующих изменений. Одним из главных принципов мониторинга является непрерывность слежения за объектом. Мониторинг применяется тогда, когда возникает необходимость отслеживания процесса реализации какого-либо плана, проекта, развития каких-либо событий, явлений. Получение своевременной информации о ходе протекания какого-либо процесса помогает лучше понять его суть, а если возникают отклонения, оперативно внести коррективы в работу системы. Таким образом, мониторинг дает возможность своевременно вмешиваться в механизмы, закономерности, то есть управлять процессом [5,13].

Основные системы транспортного мониторинга включают в себя спутниковый и наземный мониторинг.

Спутниковый мониторинг транспорта — система мониторинга подвижных объектов, построенная на основе систем спутниковой навигации, оборудования и технологий сотовой связи, вычислительной техники и цифровых карт. Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком.

Принцип работы заключается в отслеживании и анализе пространственных и временных координат транспортного средства. Существует два варианта мониторинга: не автономный режим работы – с дистанционной передачей координатной информации и автономный режим работы – информация считывается по прибытию на диспетчерский пункт [7].

На транспортном средстве устанавливается мобильный модуль, состоящий из следующих частей: приёмник спутниковых сигналов, модули хранения и передачи данных координат объекта. Программное обеспечение мобильного

модуля получает координатные данные от приёмника сигналов, записывает их в модуль хранения и по возможности передаёт посредством модуля передачи.

Модуль передачи позволяет передавать данные, используя беспроводные сети операторов мобильной связи. Полученные данные анализируются и выдаются диспетчеру в текстовом виде или с использованием картографической информации.

В автономной режиме работы необходимость дистанционной передачи данных отсутствует что позволяет использовать более дешёвые мобильные модули и отказаться от услуг операторов сотовой связи.

Мобильный модуль может быть построен на основе приёмников спутникового сигнала, работающих в стандартах NAVSTAR GPS или ГЛОНАСС. В настоящее время в России активно продвигается и лоббируется использование сигналов спутников ГЛОНАСС, разработка и производство клиентского оборудования мониторинга для этой системы. Области применения: Военные ведомства; Службы оперативного реагирования; МВД; Аварийные службы; Разработка карьеров; Авиация; Строительные компании [6,8].

Мониторинг с помощью GPS приемников. Одним из самых распространенных сервисов является компания Yandex с мобильным приложением Яндекс.Пробки.

Приложение Яндекс.Пробки показывает пользователям картину загруженности дорог. Для этого сервис собирает из разных источников данные о загруженности улиц, анализирует их и отображает в приложении Яндекс.Карты. В крупных городах, где пробки являются серьезной проблемой, а не просто неприятность, сервис рассчитывает балл пробок и средний уровень загруженности дорог.

Чтобы участвовать в сборе данных, автомобилисту необходимы: подключенный к интернету телефон или планшет с GPS-приёмником и установленное на этом устройстве приложение Яндекс.Навигатор или Яндекс.Карты с включенным режимом «сообщать о пробках». Каждую секунду устройство передаёт свои географические координаты, направление и скорость движения в компью-

терную систему приложения Яндекс.Пробок. Все данные анонимны, и не содержат информации о пользователе или его автомобиле. Далее программа-анализатор строит единый маршрут движения с информацией о скорости его прохождения по дороге. Информация поступает не только от частных водителей, но и от машин компаний-партнеров Яндекса (организации с большим парком автомобилей, курсирующих по городу). Помимо своих координат автомобилисты могут сообщать сервису дополнительную информацию об авариях, ремонтных работах или других дорожных обстоятельствах.

На следующем этапе происходит агрегация — процесс объединения информации. Каждую минуту программа-агрегатор собирает поступающую информацию, полученную от пользователей мобильного приложения в одну схему. Эта схема отрисовывается на слое «Пробки» Яндекс.Карт — и в мобильном приложении, и на веб-сервисе (рисунок 3).

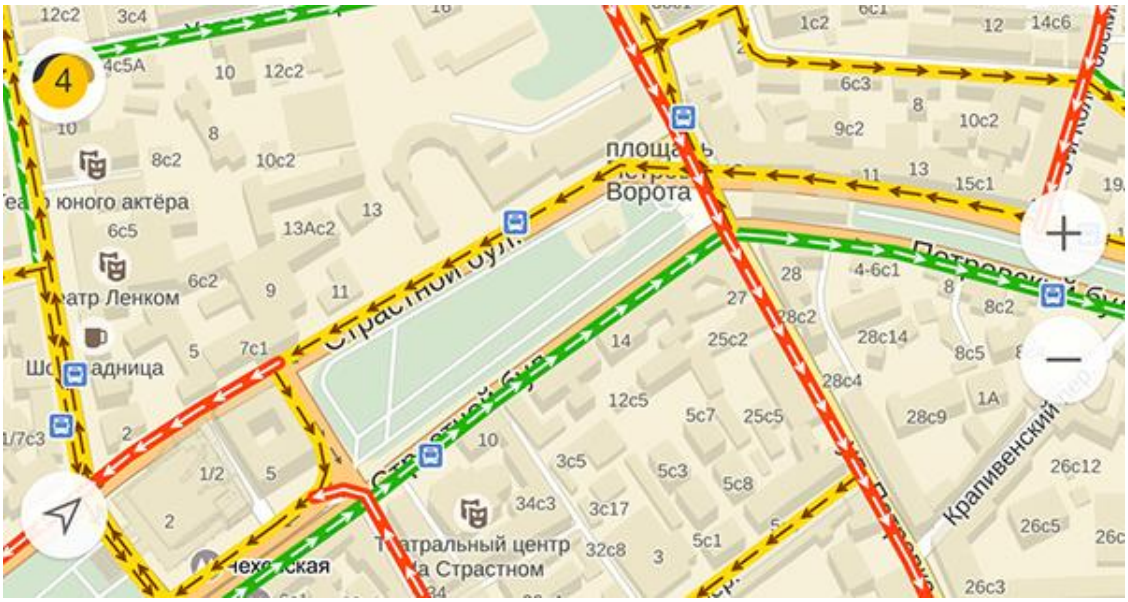

Рисунок 3. Приложение Яндекс.Пробки.

В городах с населением более миллиона человек сервис Яндекс.Пробки оценивает ситуацию по 10-балльной шкале (где 0 баллов — свободное движение, а 10 баллов — город «стоит»). С помощью этой оценки водители могут

быстро понять, сколько примерно времени они потеряют в пробках или выбрать альтернативный маршрут следования.

Шкала баллов настроена индивидуально для каждого из городов: то, что в Москве — небольшое затруднение, в другом городе — уже серьёзная пробка. Например, в Санкт-Петербурге при шести баллах водитель потеряет примерно столько же времени, сколько в Москве уже при пяти.

Баллы рассчитываются следующим образом. По улицам каждого города заранее составлены маршруты, включающие в себя основные улицы и проспекты. Для каждого маршрута есть эталонное время, за которое его можно проехать по свободной дороге, не нарушая правил. После оценки общей загруженности города программа-агрегатор рассчитывает, на сколько отличается реальное время от эталонного. На основе разницы по всем маршрутам и вычисляется загруженность в баллах.

Видео-фиксация нарушений ПДД.

В большинстве обычных камер для их функционирования используется метод эхолокации. Сначала от объекта (автомобиля) отражается серия сигналов, которые поступают на прибор. Устройство высчитывает расстояние, пройденное за период между сигналами, и, основываясь на этих данных, вычисляет скорость.

Все камеры для замера скорости делятся на два основных вида:

- стационарные (устанавливаются в определенном месте);
- мобильные (то есть передвижные).

К последнему типу относятся также радары, которые устанавливаются на полицейских машинах, на штативах (или ручные), а также устройства для скрытого наблюдения.

Скорость авто, измеряемая системами, может быть средней и моментальной. В первом случае система представляет собой целый комплекс радаров, которые стоят на каком-либо участке дороге. Системы слежения постоянно прогрессируют. В данное время есть камеры, которые распознают такие нарушения, как въезд на железнодорожный переезд, проезд на красный сигнал свето-

фора, пересечение дорожной разметки, выезд на полосу общественного транспорта [27,28].

1.1.3. Прогнозирование

В рамках транспортных систем, прогнозирование играет большую роль, для распределения ресурсов потребителя, и экономии его ресурсов. Чаще всего составляются прогнозы по загруженности дорожного трафика, а так же прогнозирование пассажиропотока для транспортных компаний.

Краткосрочный прогноз в мобильном приложении Яндекс.Пробки.

Прогнозирование представляет собой составление прогноза по загруженности дорог, на ближайший час. Получение данных проходит с помощью GPS-трекеров, которые поступают от пользователей мобильных Карт и Навигатора. Каждый трек — это цепочка сигналов о местоположении (широта и долгота) автомобиля в конкретное время. Происходит привязка GPS-трекера к дорожному графу, то есть определение, по каким улицам он проходил, затем усредняется скорость всех треков, проходящих по одним и тем же рёбрам. Один раз в сутки модель проходит этап обучается. На основе развития событий за какой-то временной промежуток в прошлом она строит прогноз. Этот прогноз сравнивается с последующим развитием событий. В модели подбираются коэффициенты, чтобы минимизировать расхождение между прогнозом и тем, как на самом деле всё оказывалось. Для каждого времени суток система рассчитывает свои коэффициенты, поскольку характер движения в течение дня немного меняется. Каждые несколько минут по готовой модели и свежим трекам рассчитывается прогноз на ближайший час.

Новый прогноз рассчитывается каждые 10 минут. Сначала обрабатываются свежие треки от пользователей: происходит их привязка к графу, усреднение скорости проехавших по одному сегменту автомобилей, вычисляется прогноз по построенной на текущие сутки модели. На это уходит 1–2 минуты. Затем эти данные подготавливаются к отрисовке на карте пробок. Сглаживаются

резкие перепады скорости; выбирается цвет для каждой скорости с учётом категории дорог и масштаба просмотра карты. Это занимает ещё 2 минуты [36].

Прогнозирование пассажиропотоков.

Для автоматического определения количества пассажиров, перевозимых единицей городского транспорта, существуют разнообразные способы. Рассмотрим самые распространенные из них.

1) Контактно-турникетный способ предполагает вести подсчет перевозимых пассажиров при помощи установки в салоне автобуса специальных турникетов. Есть возможность совмещения с ними систем оплаты проезда. Достоинством такой системы является большая точность подсчета. К недостаткам можно отнести затруднение заполнения салона, так как посадка будет вестись через переднюю дверь.

2) Способ подсчета пассажиров с помощью датчиков, выполненных в виде ступеньки. Они устанавливаются на входе в автобус в виде специальных пластин, которые реагируют на нажатие. При наличии в автобусе двух ступенек имеется возможность установления двух датчиков для подсчета входящих и выходящих пассажиров. Недостатком такой системы является механическое воздействие пассажиров на датчики, что приводит к их быстрому износу.

3) Способ подсчета пассажиров с помощью инфракрасных датчиков. Они бывают активного и пассивного типа. На практике рекомендуется применять устройства, включающие оба типов датчиков. Точность подсчета варьируется от 70 % до 95 % в зависимости от выбора производителя. Имеется возможность учета входящих и выходящих пассажиров.

4) Способ подсчета пассажиров с использованием датчиков, позволяющих получать 3D изображение пространства. Принцип действия заключается в отправке лазерных импульсов в быстрой последовательности в ИК - диапазоне. Они отражаются от объектов и улавливаются датчиком. Расстояние до объекта определяется путем вычисления разницы между временем отправки и принятия импульса. Это позволяет отличать людей от объектов. Точность подсчета достигает 96 %. Имеется возможность учета входящих и выходящих пассажиров.

1.1.4. Методы фиксации объектов

Для контроля за транспортной системой, используются камеры фото/видео-фиксации. Они предназначены для контроля скоростного режима и транспортного потока с автоматической фото−фиксацией и передачей информации в центр обработки данных.

Комплексы (системы) автоматической видео−фиксации нарушений ПДД:

Арена. Она бывает как стационарная, так и передвижная. Ее диапазон считываемой скорости составляет от 20 до 250 км/ч. Зона контроля, откуда камера улавливает нарушителя – 8 метров, а в ширину до 10 метров. Фотография делается высокого качества и содержит в себе информацию; фото транспорта, время и дата, а также скорость движения. Работать может так же и в темное время суток.

Искра. Состоит она из измерителя скорости, монитора, камеры и пульта. Крепится непосредственно в патрульный автомобиль и работает во время передвижения или стоянки авто. Ее используют для документирования и подтверждения фактов нарушения правил дорожного движения. Дальность ее измерения до 800 метров. Диапазон скорости от 20 до 240 км/ч. Время хранения данных составляет 10 минут.

Радары для фиксации нарушения:

Визир. Это радар, который не только фиксирует скорость, но и делает фото/видеозапись нарушения. Зона контроля не менее 400 метров. Работает как в стационарном, так и в мобильном режиме. На снимке, помимо автомобиля, будет указана дата, время и скорость транспортного средства.

Рапира. Устанавливается, как правило, на удаленных от постов ГИБДД участках, на трассах, где велика вероятность аварий. Диапазон считываемой скорости от 20 до 250 км/ч. Зафиксировав номерные знаки авто, камера автоматически ищет ее по базе данных. Фиксирует множество различных нарушений. Кроме того, она может дистанционно управлять светофорами и шлагбаумами с целью задержать транспорт либо для регулирования транспортного потока на загруженной автомагистрали.

1.2. Методы мониторинга, распознавания изображений и прогнозирования

1.2.1. Методы обработки данных. Логическая обработка результатов фильтрации

Методы обработки данных в сфере мониторинга отличаются большим разнообразием. Чаще всего они работают на основе бинарных изображений. Выбор методов зависит от сложности поставленной задачи .

Морфология

Теория и техника анализа и обработки геометрических структур, основанная на теории множеств, топологии и случайных функциях. В основном применяется в обработке цифровых изображений, но также может быть применима на графах, полигональной сетке, стереометрии и многих других пространственных структурах.

Эти методы позволяют убрать шумы из бинарного изображения, увеличив или уменьшив имеющиеся элементы. На базе математической морфологии существуют алгоритмы оконтуривания, но обычно пользуются какими-то гибридными алгоритмами или алгоритмами в связке.

Контурный анализ

Цепной код Фримена.

Цепные коды применяются для представления границы в виде последовательности отрезков прямых линий определённой длины и направления. В основе этого представления лежит 4- или 8- связная решётка. Длина каждого отрезка определяется разрешением решётки, а направления задаются выбранным кодом. Для представления всех направлений в 4-связной решётке достаточно 2-х бит, а для 8-связной решётки цепного кода требуется 3 бита.

Принцип использования метода:

1) На начальном этапе происходит предварительная обработка изображения (сглаживание, фильтрация помех, увеличение контраста);

2) Изображение проходит бинаризацию;

3) Происходит выделение контуров объекта;

4) Применяется первичная фильтрация контуров (по периметру, площади и т.п.);

5) Контуры проходят эквализацию (приведение к единой длине, сглаживание) — это позволяет добиться инвариантности к масштабу;

6) На заключительном этапе происходит перебор всех найденных контуров и поиск шаблона, максимально похожего на данный контур (или же сортировка контуров по каком-либо признаку, например, площади).

Особые точки

Особые точки — это выделение уникальных характеристик объекта, которые позволят сопоставлять объект с самим собой или с похожими классами объектов. Существует множество способов позволяющих выделить такие точки. Некоторые способы выделяют особые точки в соседних кадрах, некоторые через большой промежуток времени и при смене освещения, некоторые позволяют найти особые точки, которые остаются таковыми даже при поворотах или наклоне объекта. Выбор метода зависит от конкретно поставленной задачи.

Первый класс. К нему относятся особые точки, являющиеся стабильными на протяжении секунд. Такие точки служат для того, чтобы вести объект между соседними кадрами видео, или для сведения изображения с соседних камер. К таким точкам можно отнести локальные максимумы изображения, углы на границе изображения , точки в которых достигается максимумы дисперсии, определённые градиенты и так далее.

Второй класс. К этому классу относятся особые точки, являющиеся стабильными при смене освещения и небольших движениях объекта. Такие точки служат в первую очередь для обучения и последующей классификации типов объектов. Например, классификатор пешехода или классификатор лица — это продукт системы, построенной именно на таких точках. Некоторые из вейвлетов могут являются базой для таких точек. Например, примитивы Хаара, поиск бликов, поиск прочих специфических функций. К таким точкам относятся точ-

ки, найденные методом гистограмм направленных градиентов.

Обучение

Имеется тестовая выборка, на которой есть несколько классов объектов. Пусть это будет наличие/отсутствие человека на фотографии. Для каждого изображения есть набор признаков, которые были выделены каким-нибудь признаком, будь то Хаар, HOG, SURF или какой-нибудь вейвлет. Алгоритм обучения должен построить такую модель, по которой он сумеет проанализировать новое изображение и принять решение, какой из объектов имеется на изображении.

Как это делается? Каждое из тестовых изображений — это точка в пространстве признаков. Её координаты это вес каждого из признаков на изображении. Пусть нашими признаками будут: «Наличие глаз», «Наличие носа», «Наличие двух рук», «Наличие ушей», и так далее. Все эти признаки мы выделим существующими у нас детекторами, которые обучены на части тела, похожие на людские. Для человека в таком пространстве будет корректной точка [1;1;1;1;..]. Для обезьяны точка [1;0;1;0...] для лошади [1;0;0;0...]. Классификатор обучается по выборке примеров. Но не на всех фотографиях выделились руки, на других нет глаз, а на третьей у обезьяны из-за ошибки классификатора появился человеческий нос. Обучаемый классификатор человека автоматически разбивает пространство признаков таким образом, чтобы сказать: если первый признак лежит в диапазоне $0.5<x<1$ значений на пространстве, второй $0.7<y<1$, и так далее, тогда это человек. По существу цель классификатора — отрисовать в пространстве признаков области, характеристические для объектов классификации [29].

1.2.2. Методы распознавания изображений.

Существует большое количество методов, для распознавания изображений. Их применение зависит от сложности поставленной задачи, и требуемого конечного результата [1,9-12].

Бинаризация по порогу

Самое просто преобразование — это бинаризация изображения по порогу. Для RGB изображения и изображения в градациях серого порогом является значение показателей цвета. Встречаются идеальные задачи, в которых такого преобразования достаточно, например, если нужно автоматически выделить предметы на белом листе бумаги (рисунок 4).

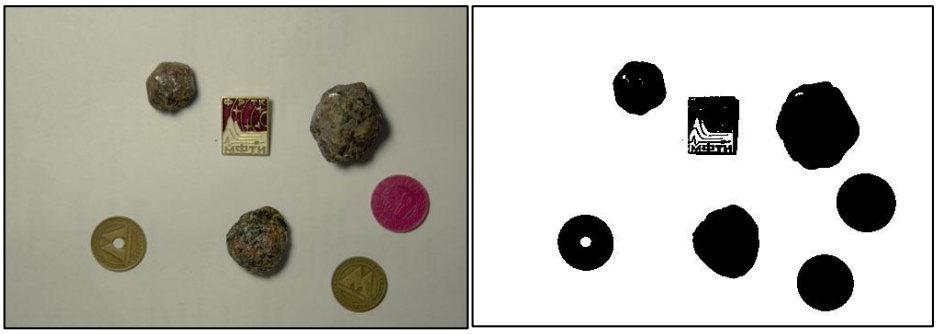

Рисунок 4. Бинаризация по порогу

Классическая фильтрация: Фурье, фильтр низких частот, фильтр высоких частот.

Классические методы фильтрации из радиолокации и обработки сигналов можно с успехом применять во множестве решаемых задач. Традиционным методом в радиолокации, который почти не используется в изображениях в чистом виде, является преобразование Фурье. Одно из немногих исключение, при которых используется одномерное преобразование Фурье, — компрессия изображений. Для анализа изображений одномерного преобразования обычно не хватает, нужно использовать куда более ресурсоёмкое двумерное преобразование.

Мало кто его в действительности рассчитывает, обычно, куда быстрее и проще использовать свёртку интересующей области с уже готовым фильтром, заточенным на высокие (ФВЧ) или низкие(ФНЧ) частоты. Такой метод, конеч-

но, не позволяет сделать анализ спектра, но в конкретной задаче видеообработки обычно нужен не анализ, а результат.

Фильтр низких частот (фильтр Гаусса) — электронный фильтр, чьей импульсной переходной функцией является функция Гаусса. Фильтр Гаусса спроектирован таким образом, чтобы не иметь перерегулирования в переходной функции и максимизировать постоянную времени. Такое поведение тесно связано с тем, что фильтр Гаусса имеет минимально возможную групповую задержку. Фильтр Гаусса обычно используется в цифровом виде для обработки двумерных сигналов (изображений) с целью снижения уровня шума.

Фильтр высоких частот (фильтр Габора) — линейный электронный фильтр, импульсная переходная характеристика которого определяется в виде гармонической функции. При цифровой обработке изображений этот фильтр применяется для распознавания границ объектов (рисунок 5).

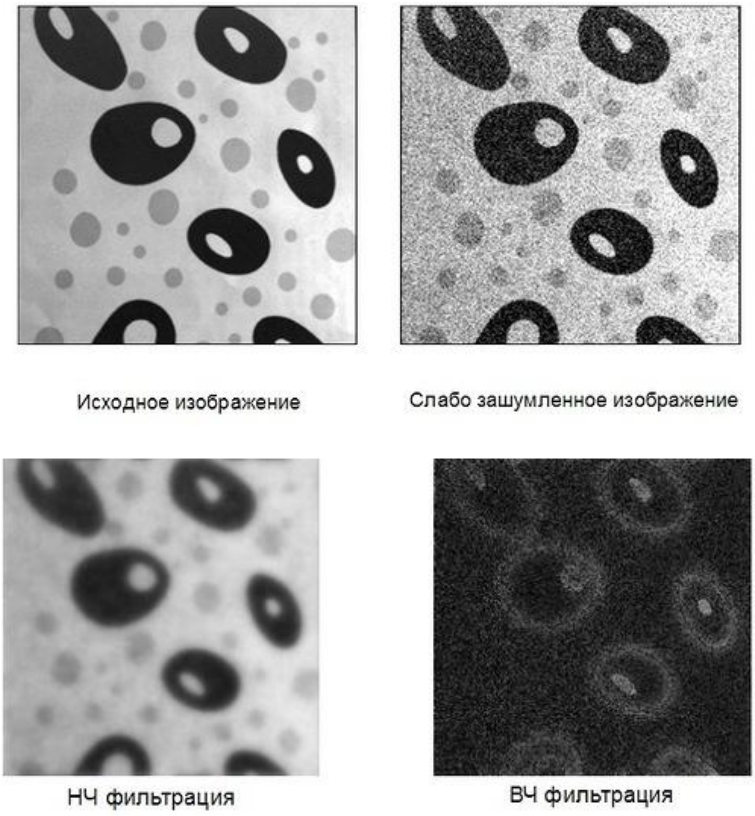

Рисунок 5.Фильтр Фурье,Гаусса и Габора

Корреляция цифровых изображений.

Оптический метод, используемый в техниках отслеживания и идентификации изображения для точных плоских и объемных измерений изменений на изображении. При фильтрации изображений это незаменимый инструмент. Классическое применение — корреляция видео-потока для нахождения сдвигов или оптических потоков. Простейший детектор сдвига – в каком-то смысле разностный коррелятор. Там где изображения не коррелируют – было движение [33].

Фильтрации функций.

Математические фильтры, которые позволяют обнаружить простую математическую функцию на изображении (прямую, параболу, круг). Строится аккумулирующее изображение, в котором для каждой точки исходного изображения отрисовывается множество функций, её порождающих. Наиболее классическим преобразованием является преобразование Хафа для прямых. В этом преобразовании для каждой точки (x;y) отрисовывается множество точек (a;b) прямой, для которых верно равенство (рисунок 6).

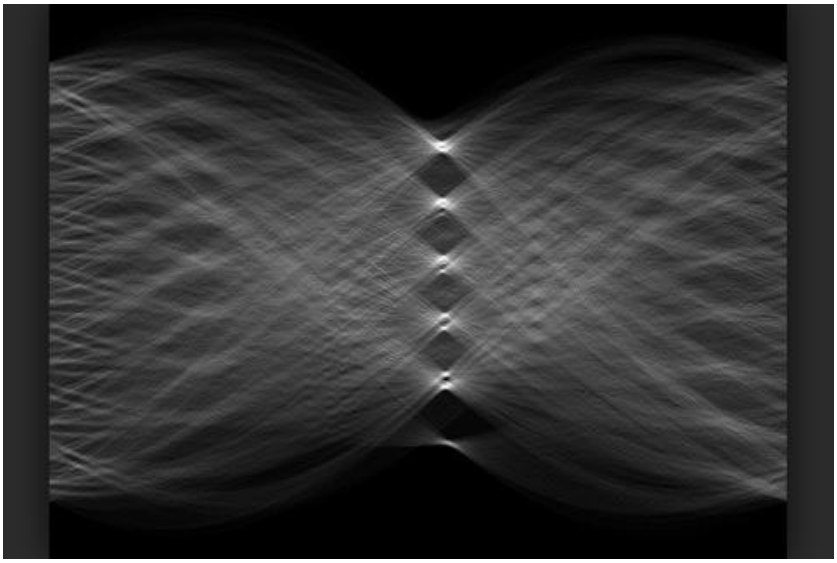

Рисунок 6. Пример фильтрации функций

Фильтрации контуров

Отдельный класс фильтров — фильтрация границ и контуров . Контуры очень полезны, когда мы хотим перейти от работы с изображением к работе с объектами на этом изображении. Когда объект достаточно сложный, но хорошо выделяемый, то зачастую единственным способом работы с ним является выделение его контуров (рисунок 7). Существует целый ряд алгоритмов, решающих задачу фильтрации контуров: Оператор Кэнни, Собеля, Лапласа, Прюитт, Робертса.

Рисунок 7. Фильтрация контуров

1.2.3. Математические методы моделирования

Математическая модель – модель объекта, описанная в виде математических соотношений между математическими понятиями.

Для описания сложных объектов в математических моделях используются следующие направления математики:

- Теорию функций вещественного применения,
- математическую статистика, для построения вероятностные модели,

– теорию нечетких множеств, для построения моделей на основе нечетких суждений,
– теорию нелинейных уравнений, для построения моделей, основывающихся на теории управляемого хаоса и катастроф.

Виды математических методов прогнозирования: корреляционный анализ, регрессионный анализ, факторный анализ, распознавание образов, вариационное исчисление, спектральный анализ, цепи Маркова, алгебра логики, теория игр.

Статистический метод (экстраполяция и интерполирование; математический анализ; математическая статистика, аналитическое моделирование) — это метод основанный на прогнозировании временных рядов. Он предполагает экстраполяцию (развитие во времени линейно) и интерполирование в будущее (выявление промежуточных значений) — это получение предполагаемых изменений, которые могут произойти в будущем на наблюдаемых объектах (тенденций, закономерности развития которых в прошлом и настоящем достаточно хорошо известны и имеют большую выборку). Построение динамических рядов развития показателей прогнозируемого явления на протяжении периодов основания прогноза в прошлом и упреждения прогноза в будущем (ретроспекции и проспекции прогнозных разработок) [18].

Статистический прогноз — это статистическое описание значений исследуемого показателя, которые произойдут в будущем . Статистический прогноз подразделяется на краткосрочный прогноз (не более одного интервала времени), среднесрочный (не более пяти интервалов) и долгосрочный (больше пяти интервалов времени). Различают так же интервальный и точечный статистический прогноз.

Виды статистического метода:

– математическая статистика (используется динамический ряд характеристик наблюдаемого объекта);

– математический анализ (используется метод экстраполяции).

Условия для использования данного метода. При построении прогноза динамики наблюдаемой системы по данному методу необходимо получить полное описание всех параметров системы, а также узнать их взаимосвязь и зависимость от внешних факторов наблюдаемой системы.

Математическое моделирование работает в тех случаях, если существует модель развития. При этом статистические данные, которые используются должны носить достоверный характер [26].

Преимущества метода. Математическая статистика имеет наиболее большое программное обеспечение, в которое входят такие популярные прикладные программы, как Matlab, Excel, Statgraphics, Stadia и другие.

Недостатками статистического метода является:

- не объясняет причин событий;
- дает краткосрочные прогнозы;
- не обладают высокой достоверностью и устойчивостью;

Метод подразумевает, что закономерность — это однообразие хода событий, поэтому его можно использовать, когда есть устойчивое развитие или четкая повторяемость событий. Роль статистики в данном случае второстепенная. Статистика не устанавливает законы, а подсказывает, где их искать; не дает пример разрешения какой либо поставленной проблемы, но дает возможность обнаружить исходный пункт ее решения. Статистические данные нуждаются в интерпретации, а это функция предметной науки [25,19].

Трендовая модель одного временного цикла строится на достоверном течении данного прогнозируемого процесса и работает не более, чем на 10 лет.

Примером статистического метода, вероятно, могут служить законы развития цикла. Все циклы делится на 2 периода (подъем и спад) в пропорции «золотого сечения». И примеров «золотого сечения» множество. Например, протекание одиннадцатилетнего цикла активности солнца; экономический закон деления прибыли (32 % общих налогов + 68 % получаемой зарплаты работника) и так далее.

Разработка прогноза с помощью метода наименьших квадратов.

Экстраполяция — это метод научного исследования, который основан на результатах наблюдения прошедших и настоящих тенденций, закономерностей, связей объекта в будущем развитии. К методам экстраполяции относятся метод скользящей средней, метод экспоненциального сглаживания, метод наименьших квадратов [2].

Суть метода наименьших квадратов состоит в минимизации суммы квадратичных отклонений между наблюдаемыми величинами и расчетными. Расчетные величины находятся с помощью уравнений регрессии. Чем меньше расстояние между фактическими значениями и расчетными, тем более точен будет построенный прогноз, выполненный на основе уравнения регрессии.

Теоретический анализ сущности изучаемого объекта, наблюдение которого отображается временным рядом, служит основой для выбора кривой. Иногда принимаются во внимание соображения о характере роста уровней ряда. Так, если ожидается рост значений наблюдаемого объекта в арифметической прогрессии, то сглаживание происходит по прямой. Если же оказывается, что рост идет в геометрической прогрессии, то сглаживание необходимо производить по показательной функции [25].

Сглаживание временных рядов методом наименьших квадратов служит для отображения закономерности развития изучаемого объекта. В аналитическом выражении тренда время является независимой переменной, а уровни ряда выступают как функция этой независимой переменной.

Формула метода наименьших квадратов:

$$Yt+1 = a*X + b, \quad (1.2.1)$$

где t + 1 — значение прогнозного периода; Yt+1 — показатель прогнозируемый; a и b — коэффициенты; X — условное обозначение времени.

Расчет коэффициентов a и b происходит по следующим формулам:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\text{Уф}*X)-(\sum_{i=1}^{n}X*\sum_{i=1}^{n}\text{Уф})/n}{\sum_{i=1}^{n}X^2-(\sum_{i=1}^{n}X)\text{^}2/n}, \quad (1.2.2)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}\text{Уф}}{n} - \frac{a*\sum_{i=1}^{n}X}{n}, \quad (1.2.3)$$

где, Уф – истинное значения ряда динамики; n – число уровней временного ряда;

Сглаживание временных рядов методом наименьших квадратов необходимо для отражения закономерности развития изучаемого объекта. В аналитическом выражении тренда показатели времени рассматриваются как независимые переменные, а уровни ряда выступают как функции этой независимой переменной.

Развитие наблюдаемого объекта зависит не от того, сколько лет прошло с момента получения данных, а от того, какие факторы влияли на его развитие и изменение, в каком направлении и с какой периодичностью. Отсюда получаем вывод, что развитие наблюдаемого объекта во времени выступает как результат действия полученных факторов.

Подбор типа функции которая описывает тренд, параметры определяемые методом наименьших квадратов, производится в большинстве случаев эмпирическим путем построения ряда функций и сравнения их между собой по величине среднеквадратической ошибки, вычисляемой по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{\text{ф}}-y_{p)^2}}{n-p-1}}, \quad (1.2.4)$$

где Уф — истинное значения ряда динамики; Ур —сглаженные значения ряда динамики; n — число уровней временного ряда; p — это число параметров, определяемых в формулах, описывающих тенденцию развития объекта [26].

Недостатки метода наименьших квадратов:

– требуется большая выборка истинных значений, для получения более точного значения прогноза;

Метод скользящих средних является одним из самых популярных методов сглаживания временных рядов. Применяя данный метод, можно исключать случайные колебания и шумы, и получить значения, соответствующие влиянию основных факторов.

Сглаживание при помощи скользящих средних основывается на том, что в средних величинах взаимно устраняются случайные отклонения и шумы наблюдаемого объекта. Это происходит при помощи замены исходных уровней временного ряда средней арифметической величиной внутри выбранного отрезка времени. Полученные значения относятся к средним интервалам времени или периода.

Далее интервал времени сдвигается на одно значение наблюдений, и расчет скользящих средних повторяется. При этом периоды определения средней скользящей берутся весь отрезок времени одной величины. Из этого следует что в каждом рассматриваемом случае средняя скользящая центрирована, то есть отнесена к середине интервала сглаживания и представляет собой уровень для выбранной точки.

При сглаживании временного ряда скользящими средними в расчетах участвуют все уровни ряда. Чем шире интервал сглаживания, тем более плавным получается тренд. Сглаженный ряд короче первоначального на (n–1) наблюдений, где n — величина интервала сглаживания.

При больших значениях n колеблемость сглаженного ряда значительно снижается. Одновременно заметно сокращается количество наблюдений, что создает трудности.

Выбор интервала сглаживания зависит от целей исследования. При этом следует руководствоваться тем, в какой период времени происходит действие, а следовательно, и устранение влияния случайных факторов.

Данный метод используется при краткосрочном прогнозировании. Его рабочая формула:

$$y_{t+1} = m_{t-1} + \frac{1}{n} * (y_t - y_{t-1}), \textit{если } n = 3, \quad (1.2.5)$$

где t + 1 — прогнозный период; t — период, предшествующий прогнозному периоду (год, месяц и т.д.); Уt+1 — прогнозируемый показатель; mt-1 это скользящая средняя за два периода до прогнозного; n — число уровней, входящих в интервал сглаживания; Уt — истинное значение исследуемого явления за предшествующий период; Уt-1 — истинное значение исследуемого явления за два периода, предшествующих прогнозному.

Метод экспоненциального сглаживания чаще всего используется и наиболее эффективен при разработке среднесрочных прогнозов. Он приемлем при прогнозировании только на один период вперед. Его главное достоинства простота процедуры вычислений и возможность учета размера исходной информации. Рабочая формула метода экспоненциального сглаживания:

$$U_{t+1} = a * y_t + (1 - a) * U_t \ , \quad (1.2.6)$$

где t — период, предшествующий прогнозному; t+1 — прогнозный период; Ut+1 — показатель прогнозируемый; α — параметр сглаживания; Уt — фактическое значение исследуемого показателя за период, предшествующий прогнозному; Ut — экспоненциально сглаженная средняя для периода, предшествующего прогнозному.

При прогнозировании данным методом возникает два затруднения:

– выбор значения параметра сглаживания α;

– определение начального значения Uo.

От величины α зависит, как быстро снижается значение влияния предшествующих наблюдений. Чем больше α, тем меньше сказывается влияние предшествующих наблюдаемых периодов. Если значение α близко к единице, то это приводит к учету при прогнозе в основном только последних наблюдений. Если значение α близко к нулю, то влияние, по которому взвешиваются уровни временного ряда, убывают медленно, то есть при прогнозе учитываются практически все прошлые наблюдения.

Таким образом, если есть уверенность, что начальные условия, на основании которых разрабатывается прогноз, достоверны, следует использовать небольшую величину параметра сглаживания (α→0). Когда параметр сглаживания мал, то исследуемая функция ведет себя как средняя из большого числа прошлых уровней. Если нет достаточной уверенности в начальных условиях прогнозирования, то следует использовать большую величину α, что приведет к учету при прогнозе в основном влияния последних наблюдений.

Точного метода для выбора оптимальной величины параметра сглаживания α нет. В отдельных случаях автор данного метода профессор Браун предлагал определять величину α, исходя из длины интервала сглаживания. При этом α вычисляется по формуле:

$$a = \frac{2}{n+1}, \quad (1.2.7)$$

где n — число наблюдений, входящих в интервал сглаживания.

Использование методов напрямую зависит от конкретно поставленной задачи прогнозирования. Каждый метод имеет свои плюсы и недостатки, что позволяет выбрать, наиболее оптимальное решение.

1.3. Постановка задачи

1.3.1 Цель работы

Целью работы является повышение эффективности контроля над состоянием дорожного полотна в транспортных системах. Повышение уровня безопасности при эксплуатации транспортного средства.

1.3.2 Основные задачи для достижения цели

Для успешного выполнения поставленной цели работы, необходимы знания в области распознавания изображений, математического моделирования и средств программирования. Все эти особенности включают в себя следующие задачи:

– системную идентификацию объекта мониторинга и его веса;

– создание информационной базы данных по показателям текущего состояния загруженности дорог;

– подготовка на ее основе материалов аналитической направленности с использованием математических методов анализа данных;

– накопление информации, необходимой для анализа ситуации, описания прогнозного фона и прогнозирования ситуации на дороге в определенный день недели или месяц;

– передачу первичных данных в центр обработки по беспроводным линиям связи;

1.3.3. Исходные данные

Данные, полученные с средств фото/видео-фиксации, в формате .jpeg, с частотой получения кадров раз в 3 секунды. Видеоряд с частотой кадров 25 в секунду.

1.3.4. Выходные данные

Оригинальные изображения в формате .jpeg, а так же полученные после бинаризации (.bmp), и прохождения контурного анализа, отмеченные линиями классификации объектов.

Данные после классификации объектов, в формате .xml, и автоматическим занесением в Базу данных.

Система отчетов включающая такие данные как вес, количество объектов, дата/время, местоположение. При необходимости вносятся пояснительные комментарии.

Результаты моделирования при составление прогноза на определенный период.

1.3.5. Формулировка задачи

Задача состоит в создании информационной системы для моделирования процесса мониторинга транспортной системы, которая включает в себя основные функции: Измерение, фиксацию, передачу данных и проведение анализа.

Измерения включают в себя: Автоматическое измерение интенсивности дорожного движения; Определение типа транспортного средства (легковой, грузовой и т.д.) ; On-line вывод результата .

Условия фиксации: Фото/Видео-фиксация транспортного средства; Фиксация текущего местоположения; Фиксация даты и времени; Сопроводительные комментарии .

Передача данных: Передача первичных данных; Передача видеосигнала ; Передача данных между центрами обработки данных

Проведение анализа: Хранение данных от нескольких измерительных устройств ; Формирование отчетов ; Анализ дорожной обстановки по дням недели, месяцам и сезонной компоненте.

1.4. Обоснования среды программирования.

Для реализации программного обеспечения используются языки программирования PHP, mySQL, C++, openCV.

Главным фактором языка PHP является практичность. PHP предоставляет средства для быстрого и эффективного решения поставленных задач. Практический характер PHP обусловлен пятью важными характеристиками: традиционностью; простотой; эффективностью; безопасностью; гибкостью.

Так же PHP распространяется бесплатно, что не вызывает проблем с регистрацией продукта. Очень важное преимущество PHP заключается в его «движке». «Движок» PHP не является ни компилятором, ни интерпретатором. Он является транслирующим интерпретатором. Такое устройство «движка» PHP позволяет обрабатывать сценарии с достаточно высокой скоростью. В PHP реализованы механизмы безопасности, находящиеся под управлением администраторов; при правильной настройке PHP это обеспечивает максимальную свободу действий и безопасность. PHP может работать в так называемом безопасном режиме, который ограничивает возможности применения PHP пользователями по ряду важных показателей. Например, можно ограничить максимальное время выполнения и использование памяти (неконтролируемый расход памяти отрицательно влияет на быстродействие сервера). В стандартный набор функций PHP входит ряд надежных механизмов шифрования. PHP также совместим с многими приложениями независимых фирм, что позволяет легко интегрировать его с защищенными технологиями электронной коммерции Другое преимущество заключается в том, что исходный текст сценариев PHP нельзя просмотреть в браузере, поскольку сценарий компилируется до его отправки по запросу пользователя. Реализация PHP на стороне сервера предотвращает похищение нетривиальных сценариев пользователями.

Поскольку PHP является встраиваемым языком, он отличается исключительной гибкостью по отношению к потребностям разработчика. Хотя PHP обычно рекомендуется использовать в сочетании с HTML, он с таким же успехом интегрируется и в JavaScript, WML, XML и другие языки. Кроме того, хо-

рошо структурированные приложения PHP легко расширяются по мере необходимости. Так же нет проблем и с зависимостью от браузеров, поскольку перед отправкой клиенту сценарии PHP полностью компилируются на стороне сервера. В сущности, сценарии PHP могут передаваться любым устройствам с браузерами. Поскольку PHP не содержит кода, ориентированного на конкретный web-сервер, пользователи не ограничиваются определенными серверами. PHP работает на таких серверах как: Apache, Microsoft IIS, Netscape Enterprise Server, Stronghold и Zeus.

SQL - формальный непроцедурный язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в произвольной БД, управляемой соответствующей системой управления базами данных. Преимущества: Несмотря на наличие диалектов и различий в синтаксисе, в большинстве своём тексты SQL-запросов, содержащие DDL и DML, могут быть достаточно легко перенесены из одной СУБД в другую. Наличие стандартов и набора тестов для выявления совместимости и соответствия конкретной реализации SQL общепринятому стандарту только способствует «стабилизации» языка. С помощью SQL программист описывает только то, какие данные нужно извлечь или модифицировать. То, каким образом это сделать, решает СУБД непосредственно при обработке SQL-запроса.

Для реализации БД было использовано приложение PHPMyAdmin. PHPMyAdmin — это веб-приложение, которое распространяется с открытым кодом, написанное на языке web-программирования PHP и представляющее собой веб-интерфейс для администрирования СУБД MySQL. PHPMyAdmin для работы с базой данных нужен браузер, который и будет передавать на сервер все команды. В качестве языка работы с БД используется широко известный SQL. Данные в таблицу заносятся автоматически, после обработки представленных изображений (рисунок 8).

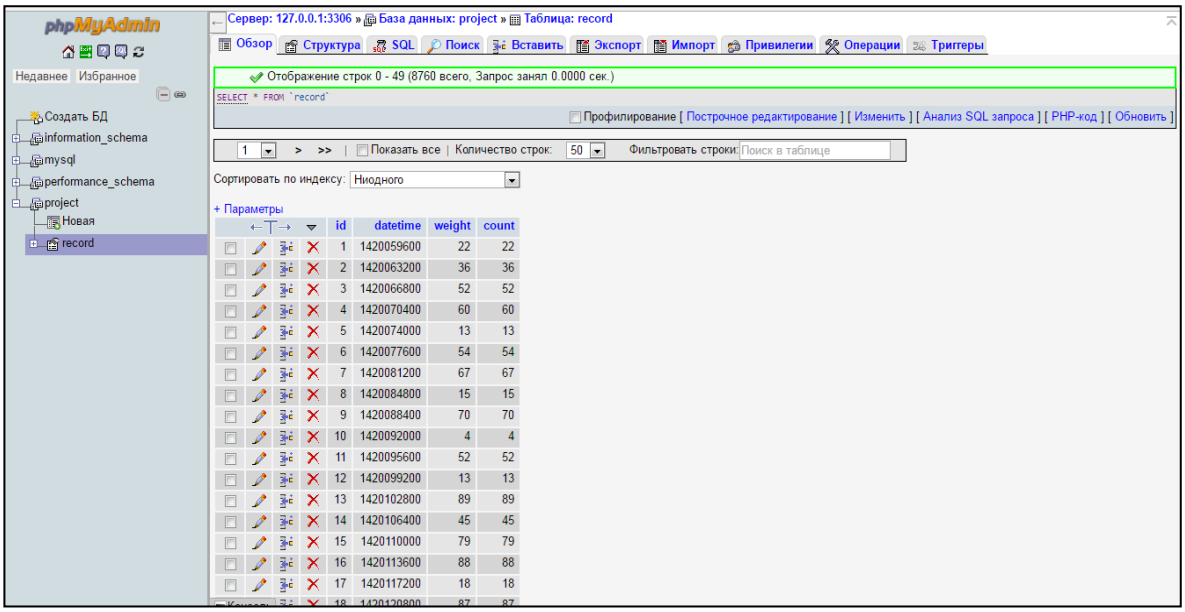

Рисунок 8. Реализация БД с помощью phpMyAdmin

Наиболее популярным среди разработчиков средством для решения задач компьютерного зрения является библиотека OpenCV (Open Source Computer Vision Library).

OpenCV — библиотека с открытым исходным кодом, представленная в 2006 году и реализованная на языках программирования C/C++. Она также может быть использована совместно с языками программирования Python, Java, Ruby и другими. Библиотека выпускается по лицензии BSD и может свободно распространяться как в академических, так и в коммерческих целях.

Существуют реализации OpenCV для множества платформ: Microsoft Windows (компиляторы Microsoft Visual C++, Intel Compiler, MinGW), Linux (компиляторы GCC, Intel Compiler), Apple OS X (компилятор GCC). Поддерживаются распространенные мобильные операционные системы Android и Apple iOS.

Привлекательной для разработчиков является также возможность дополнительного ускорения OpenCV на платформах Intel с помощью инструментов Intel Performance Libraries. OpenCV обладает обширным набором инструментов,

подходящим для решения многих задач компьютерного зрения. Модули библиотеки предоставляют следующие возможности:

– реализация базовых структур, математических вычислений;

– обработка изображений (фильтрация, геометрические и цветовые преобразования);

– графический интерфейс для ввода / вывода изображений и видео;

– модели машинного обучения;

– распознавание плоских примитивов (Feature Detection);

– анализ движения, отслеживание объектов;

– обнаружение объектов;

– обработка стереоизображений.

Продолжается активное развитие библиотеки: новейшая на момент написания данного текста версия выпущена 4 июня 2015 года (версия 3.0). Версии OpenCV оптимизированы для выполнения на разных платформах и аппаратных архитектурах.

К слабым сторонам продукта можно отнести недостаточно полную техническую документацию, что, безусловно, затрудняет его изучение и обеспечивает довольно высокий порог вхождения. Тем не менее, библиотека OpenCV в достаточной степени отвечает предъявленным требованиям к инструментальным средствам.

C++ – компилируемый язык программирования общего назначения. Поддерживает такие парадигмы программирования, как процедурное программирование, объектно-ориентированное программирование, обобщённое программирование, обеспечивает модульность, раздельную компиляцию, обработку исключений, абстракцию данных, объявление типов (классов) объектов, виртуальные функции. Стандартная библиотека включает, в том числе, общеупотребительные контейнеры и алгоритмы. Язык программирования C++ сочетает свойства как высокоуровневых, так и низкоуровневых языков. В сравнении с его предшественником , наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного и обобщённого программирования. Язык программирования

C++ является одним из самых популярных и широко используется для разработки программного обеспечения. Область его применения включает создание операционных систем, разнообразных прикладных программ, драйверов устройств, приложений для встраиваемых систем, высокопроизводительных серверов, а также развлекательных приложений (игр).

1.5. Выводы к главе

Использование систем фото/видеонаблюдения неуклонно возрастает в последние годы, что обеспечено, главным образом, расширением сектора интеллектуального фото/видеонаблюдения, работающего в автоматическом режиме. Одним из главных направлений развития видеонаблюдения является дорожное наблюдение с целью мониторинга загруженности дорог и контроля соблюдения ПДД. Автоматическая фото/видео-фиксация некоторых нарушений (превышение скорости, пересечение сплошной или стоп-линии, проезд на запрещающий сигнал светофора и ряда других) не требует сложных алгоритмов компьютерного зрения, поэтому видеоконтроль этих нарушений распространяется наиболее интенсивно. Распознавание объектов методами наземного мониторинга для определения нагрузки на дорожное полотно нацелен на более широкий круг пользователь, если сравнивать с аналогичными системами фото/видеонаблюдения ПДД. Данное приложение поможет как управляющим компаниям, для контроля нагрузки на дорожное полотно, так и обычным водителям и службам оперативного реагирования, для определения загруженности участка дороги.

Задачей диссертационного работы ставится разработка приложения, обладающего такими характеристиками, которые допустят его внедрение в реальную инфраструктуру дорожного видеонаблюдения. В следующей главе дается математическая постановка этой задачи и рассмотрение методов распознавания.

Глава 2. Методы контроля трафика транспортных средств

2.1. Специфика решаемой задачи фото/видеонаблюдения

Ввиду большого количества разработанных к настоящему моменту алгоритмов, разработанных в области компьютерного зрения, проанализированы особенности решаемой задачи фото/видеонаблюдения и выбраны наиболее подходящие алгоритмы решения. Анализ особенностей задачи выделил наиболее существенные трудности, встречающиеся при ее решении, и позволил подобрать соответствующие алгоритмы, наилучшим образом справляющиеся именно с этими трудностями. При фото/видеонаблюдении за транспортным потоком для контроля нагрузки на дорожное полотно большое значение имеет насколько неподвижна камера фото/видео-фиксации и наблюдаемая сцена, что дает возможность построения модели неподвижного фона и, как следствие, получение маски объектов переднего плана для использования метода вычитания фона. Были выделены следующие особенности задачи фото/видеонаблюдения за транспортным потоком, разделенные по этапам обработки (построение фона, обнаружение объектов, классификация).

При построении и поддержке модели отделения фона и маски пикселей движения необходимо принять во внимание следующие факторы [20,21]:

– При видеонаблюдении на улице существует возможность резкого изменения общей освещенности сцены из-за выхода солнца из-за облаков или его захода. Искусственного освещения на дороге также может резко изменить освещенность наблюдаемой сцены;

– Плавное изменение освещенности сцены в течение суток или изменение покрова земли, вызванные природными осадками;

– Небольшие колебания камеры могут породить ложные активные пиксели на резких границах внутри наблюдаемого кадра изображения;

– Шумы камеры и «дрожание» объектов (кроны деревьев, флаги, провода и другое) вызывают не значительные области активности;

– Тени от обнаруживаемых объектов искажают форму активной области;

– Плотный поток объектов. Алгоритм может не распознать фон, скрытый за объектами, или смешать признаки объектов с моделью фона [38];

– Временно неподвижные автомобили должны распознаваться как области активности;

– Похожесть объектов и фона разрывает область активности, соответствующую одному объекту, на несколько частей.

Следующие особенности следует учесть при проектировании подсистемы обнаружения объектов:

– При обнаружении автомобилей имеет место некоторый разворот по отношению к камере (до 40 градусов). Это существенно изменяет вид объекта;

– Небольшая вариативность размера объектов, что устраняет необходимость использования пирамиды изображений. Несмотря на то, что автомобили в процессе приближения к камере (удаления от камеры) могут существенно менять размер на кадре, изображения удаленных от перехода автомобилей могут быть проигнорированы детектором, так как подвергается анализу лишь определенный участок дороги;

– Новые объекты появляются в определенных местах кадра, что может существенно сузить область, сканируемую детектором объектов. Однако нужно заметить, что запуск детектора происходит только в определенной точки дороги;

– Объекты близко расположены друг к другу, что вызывает множество перекрытий объектов друг другом. Данное обстоятельство требует соответствующего обучения детектора: устойчивость к перекрытию другими автомобилями менее критично, так как необходимо обнаруживать автомобиль ближайший к точке распознавания [30,34].

Алгоритмы распознавания объектов должны быть адаптированы к следующим особенностям [34]:

– Неравномерность освещения наблюдаемой сцены меняет внешний вид автомобиля, искажая получаемые признаки, при переходе объекта между областями с разной освещенностью;

– Частое перекрытие объектов друг другом. При распознавании автомобилей это частичные перекрытия;

– В процессе движения объекты видны камере с одной и той же стороны за исключением случаев разворотов автомобилей. Плюсом является то, что автомобили не меняют своей формы по ходу движения;

– Движение автомобилей подчиняется разделению на полосы, что теоретически исключает перекрытия объектов с разных полос;

– Возможность остановки объекта, что может затруднить отделение признаков неподвижного объекта от признаков фона;

– Объекты исчезают только в определенных местах кадра, что позволяет отделить ложную потерю автомобиля от его исчезновения из зоны наблюдения.

2.2. Распознавание изображений

Обработка фото и видео материалов направлена на автоматическое распознавание объектов и действий, заснятых на видео. Основой такой обработки являются алгоритмы компьютерного зрения – подраздела науки искусственного интеллекта, специализирующегося на имитации человеческой способности визуального восприятия.

Рассмотрим некоторые ключевые компоненты систем фото/видеонаблюдения. Подавляющее большинство систем видеонаблюдения для работы строят модель фона, то есть изображение статичной сцены без объектов. На основе модели фона строятся детекторы активности формирующие маску объектов переднего плана, как правило, как бинаризацию абсолютной разницы текущего кадра и текущей модели фона [22]. Несмотря на кажущуюся простоту, построение и поддержка модели фона далеко не тривиальная задача, что подтверждается множеством проведенных исследований. Детектором объ-

ектов называется алгоритм, который обнаруживает объекты определенного класса (например, автомобили) на одиночном изображении. Простейшим детектором объектов может быть детектор активности. Детекторы активности также могут использоваться, чтобы запускать детектор объектов только на областях, где зафиксирована активность. Детекторы объектов, как правило, вычислительно слишком сложны, чтобы запускаться на каждом кадре видеопоследовательности, поэтому после обнаружения объекта его сопровождение осуществляется более быстрым алгоритмом, называемым трекером. В системах фото/видео-фиксации нарушений обязательным компонентом также является блок обнаружения и распознавания номеров транспортных средств [31].

Несмотря на несколько десятков лет исследования алгоритмов обнаружения объектов не существует алгоритмов, способных стабильно решать нестандартные задачи видеонаблюдения. Даже после калибровки параметров системы под конкретное место съемки достаточно велик процент ложных срабатываний и пропусков истинных объектов, что является ключевым препятствием для внедрения систем, занимающихся нестандартной аналитикой видео. Кроме того, важен вопрос производительности, так как обработка данных должна вестись в режиме реального времени и для решения задач фото/видео-фиксации транспортного поток должна использоваться камера достаточно высокого разрешения или даже несколько камер [14-17].

Решение задач обнаружения и сопровождения объектов, в частности, осложняется следующими факторами:

– внутриклассовая вариативность объектов осложняет настройку модели обнаружения объектов;

– модели нередко искажаются посторонними шумами;

– модель объекта при изменении угла обзора или поворота объекта также меняет свои характеристики;

– неравномерное освещение объекта затрудняет его обнаружение, перемещение объекта между областями разной освещенности изменяет модель объекта и осложняет его трекинг [35];

– существенные различия между размерами объектов увеличивают количество проводимых вычислений;

– полное или частичное перекрытия объектов друг другом затрудняют их обнаружение и распознавание;

– похожесть объекта на фон затрудняет их разграничение, что сказывается на точности обнаружения объектов.

При разработке систем интеллектуального фото/видеонаблюдения помимо задач, связанных с распознаванием образов, встает также ряд таких задач, как стабилизация видео, устраняющая последствия колебания камеры, устранение шума, и удаление эффектов, вызванных погодными условиями или сжатием фото изображения [23].

Подавляющее большинство систем фото/видеонаблюдения с неподвижной камерой включают алгоритмы построения модели фона вне зависимости от назначения системы и ее сложности. Модель фона позволяет регистрировать активность движения в кадре, и помогает отслеживать перемещения наблюдаемых объектов сцены, определять их характеристики, в том числе распознавать класс объектов и их форму. В силу сложности задач фото/видеонаблюдения не всегда удается добиться перечисленных целей только при помощи построенной модели фона. Однако, несмотря на необходимость использования дополнительных алгоритмов, маска объектов переднего плана, полученная с использованием модели фона, может быть использована либо как начальное приближение для задачи обнаружения объектов интереса, либо как механизм извлечения дополнительной информации о наблюдаемых объектах или наблюдаемой сцены в целом.

При построении и обновлении модели фона при фото/видеонаблюдении возникает ряд сложностей, основными из которых являются следующие:

– модель фона должна адаптироваться как к плавным изменениям сцены так и резким изменениям;

– часть временно неподвижных объектов должна приниматься за фон, а часть – нет (например, автомобиль, стоящий на стоянке, и ожидающий на тро-

туаре пешеход). Когда неподвижный объект, принятый за фон, все-таки начинает движение, то место его продолжительного нахождения надо воспринимать как фон;

– похожесть объектов и фона вызывает разрывы области активности на несколько частей, что требует постобработки полученных областей.

Ввиду важности задачи построения модели фона для систем фото/видеонаблюдения были созданы десятки методов, наиболее популярные из которых представлены ниже:

Разница соседних кадров. Область активности определяется как разность соседних (или разнесенных на некоторое время) кадров, отсеченная по порогу. Метод не регистрирует активность внутри однородных объектов. Чем больше разнесена по времени пара кадров, тем меньшая область внутри объекта остается необнаруженной, но тем больше ошибка в определении контуров зон активности. Применением морфологического закрытия можно заполнить область внутри объекта, однако параметры операции зависят от размера объектов.

Среднее значение нескольких последних кадров. Работает, если брать достаточное количество кадров изображения, однако слишком большое количество ухудшает адаптивность фона, а слишком малое вызывает ошибки при долгом плотном потоке объектов.

Медианное значение среди нескольких последних кадров. Требуется, чтобы фоновое значение пикселя появлялось на не менее, чем половине кадров, что не всегда имеет место при плотном потоке объектов. Кроме того, вычисление точного значения медианы требует большого объема памяти и времени, поэтому используются приближенные алгоритмы, например, метод приближенной медианы.

Одна гауссиана. Распределение значений каждого отдельного пикселя моделируется как нормальное распределение. Данный метод отличается от метода среднего значения расчетом вариативности каждого пикселя по отдельности.

Смесь гауссиан. Применяется, если пиксели фона могут принимать несколько пиковых значений в распределении цвета, разнесенных друг от друга. Например, при съемке водной глади пиксели имеют то цвет воды, то цвет блика, или при съемке «дрожащих» объектов.

Оптический поток. Отличается от других методов отсутствием построения модели неподвижных объектов в явном виде. Вычислительно сложный метод.

Блоки. В отличие от методов попиксельной обработки в этом методе кадры видео обрабатываются по блокам, что дает пространственную поддержку и увеличивает устойчивость к шумам.

Метод W4. Рассчитывается, в каких пределах изменяется каждый из пикселей, а также максимум попиксельной разницы между кадрами. Те пиксели, которые отличаются от своих минимальных или максимальных значений больше, чем на межкадровую разницу, считаются принадлежащими объектам.

Метод главных компонент. Берется несколько кадров, каждый из которых рассматривается как вектор. Методом главных компонент находятся собственные вектора, которые и будут составлять модель фона. Крайне желательно, чтобы кадры для обучения не содержали изображения объектов.

Оценка плотности. Для каждого пикселя находятся несколько наиболее вероятных значений, ядерным сглаживанием получается функция плотности распределения значений данного пикселя. Если плотность для конкретного пикселя на текущем кадре выше заданного порога, то этот пиксель относится к фону.

Фильтр Калмана/фильтр Винера. К временному ряду значений отдельного пикселя применяется фильтр, устойчивый к выбросам. Под выбросами в данном случае подразумеваются изменения значения пикселя в связи с появлением объекта.

Байесовская модель. Плотность вероятности значения каждого из пикселей рассчитывается через нормализацию гистограммы значений данного пиксе-

ля. Значение, соответствующее фону, рассчитывается исходя из принципа максимизации апостериорной вероятности.

Background cut. Введено совместное использование локальных и глобальных моделей фона и объекта, а также автоматическая балансировка доверия локальной и глобальной моделям в зависимости от похожести объектов на фон.

Wallflower. Применена обработка кадров сразу на нескольких уровнях: отдельные пиксели, области кадра, кадры. Попиксельная обработка на основе фильтра Винера. Корректировка областей, относящихся к объектам, за счет сводной информации полученной от попиксельной обработки. Обнаружение резких изменений большей части кадра за счет сравнения соседних кадров.

Корреляция изменений изображения. Активно используется тот факт, что соседние пиксели, особенно принадлежащие одному объекту или одной «части» фона, изменяются похожим образом. Это позволяет значительно снизить необходимость постобработки морфологическими операциями в сравнении с независимой обработкой пикселей.

Code book. Альтернативный подход к построению многомодальной модели фона (то есть где пиксели могут часто принимать несколько разнесенных друг от друга значений, например, при «дрожании» объектов). При построении модели фона каждому пикселю присваивается несколько «кодовых слов», являющихся наиболее характерными цветами для данного пикселя. Количество «слов» у разных пикселей может быть различно.

Каждый из представленных алгоритмов обладает теми или иными недостатками, и применяется в определенных условиях области и конкретной задачи [30,31,32].

2.3. Математическое моделирование состояния транспортной системы

Математические модели, применяемые для анализа транспортных сетей, весьма разнообразны по решаемым задачам, математическому аппарату, ис-

пользуемым данным и степени детализации описания движения. Поэтому не представляется возможным дать исчерпывающую классификацию этих моделей. Основываясь на функциональной роли моделей, то есть на тех задачах, для решения которых они применяются, можно условно выделить три основные класса:

- прогнозные модели,
- имитационные модели,
- оптимизационные модели.

Прогнозные модели предназначены для решения следующей задачи. Пусть известны геометрия и характеристики транспортной сети, а также размещение потокообразующих объектов в городе. Необходимо определить, какими будут транспортные потоки в этой сети. Более подробно, прогноз загрузки транспортной сети включает в себя расчет усредненных характеристик движения, таких как объемы межрайонных передвижений, интенсивность потока, распределение автомобилей и пассажиров по путям движения и другое. При помощи этих моделей можно прогнозировать последствия изменений в транспортной сети или в размещении объектов.

В отличие от этого имитационное моделирование ставит своей целью воспроизведение всех деталей движения, включая развитие процесса во времени. При этом усредненные значения потоков и распределение по путям считаются известными и служат исходными данными для этих моделей. Кратко это отличие можно сформулировать так: прогнозные модели отвечают на вопрос: «сколько и куда» будут ехать в данной сети, а имитационные модели отвечают на вопрос: как в деталях будет происходить движение, если известно в среднем, «сколько и куда». Таким образом, прогноз потоков и имитационное моделирование являются дополняющими друг друга направлениями. Из сказанного следует, что к классу имитационных по их функциональной роли можно отнести широкий спектр моделей, известных под названием модели динамики транспортного потока. В моделях этого класса может применяться разная техника – от имитации движения каждого отдельного автомобиля до описания динамики

функции плотности автомобилей на дороге. Для динамических моделей характерна значительно большая детализация описания движения и, соответственно, потребность в больших вычислительных ресурсах. Применение этих моделей позволяет оценить динамику скорости движения, задержки на перекрестках, длины и динамику образования «очередей» или «заторов» и другие характеристики движения. Основные области практического применения динамических имитационных моделей — улучшение организации движения, оптимизация светофорных циклов . В настоящее время актуальной задачей является разработка систем автоматизированного оперативного управления движением, работающих в режиме реального времени. Такие системы должны использовать информацию с датчиков в сочетании с динамическим имитационным моделированием. Однако помимо практических применений, развитие динамических моделей представляет большой научный интерес в связи с изучением транспортного потока как физического явления со сложными и нетривиальными свойствами [24,25].

Модели прогноза потоков и имитационные модели ставят своей целью адекватное воспроизведение транспортных потоков. Существует, однако, большое количество моделей, предназначенных для оптимизации функционирования транспортных сетей. В этом классе моделей решаются задачи оптимизации маршрутов пассажирских и грузовых перевозок, выработки оптимальной конфигурации сети и другое.

Транспортные потоки складываются из отдельных передвижений, совершаемых участниками движения, или пользователями транспортной сети. В общем случае, говоря о передвижениях, мы включаем в это понятие не только поездки различными видами транспорта, но и пешие передвижения. Основными факторами, определяющими количество совершаемых передвижений и их распределение по транспортной сети города, являются:

– Потокообразующие факторы, то есть размещение объектов, порождающих передвижения, таких как места проживания, места приложения труда, культурно- бытового обслуживания.

– Характеристики транспортной сети, такие как количество и качество улиц и дорог, параметры организации движения, маршруты и провозные способности общественного транспорта и другое.

– Поведенческие факторы, такие как мобильность населения, предпочтения при выборе способов и маршрутов передвижений.

2.4. Выводы к главе

Даны математические постановки задач решаемых при функционировании системы фото/видеонаблюдения: задача построения маски объектов переднего плана, задача обнаружения объектов и построения прогнозного фона. Постановки адаптированы под специфику задачи наблюдения за транспортными средствами.

Глава 3. Программное приложение

3.1. Проектирование системы

3.1.1. Схема информационных потоков

С помощью информации осуществляются циклически повторяющиеся стадии процесса получения и переработки сведений о состоянии исследуемого объекта и передачи данных наблюдения. Следовательно, с помощью информации реализуется связь между субъектом и объектом и между управляющей и управляемой частями приложения (рисунок 9).

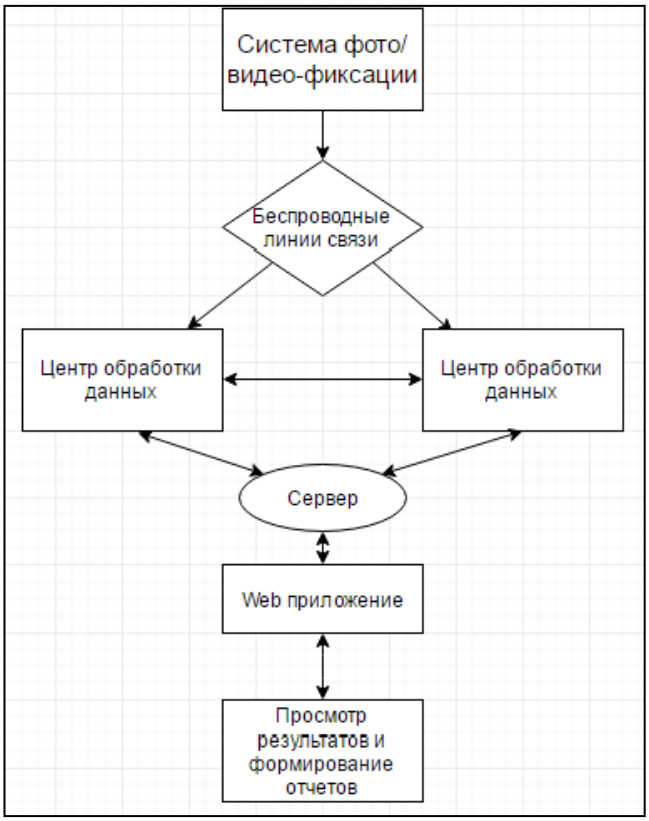

Рисунок 9. Схема информационных потоков

Информационные потоки характеризуются количеством информации, находящейся в системе и обрабатываемой в единицу времени. Данные могут обрабатываться и перемещаться:

– Потоком по мере возникновения;

– С регулярной периодичностью, когда информация накапливается, после чего обрабатывается и перемещается через заранее установленные интервалы времени;

– Нерегулярно, по мере возникновения отдельных информационных совокупностей.

Анализ потоков информации на действующих организациях начинается обычно с обследования, которое может проводиться двумя методами :

– Путем обследования потоков, существующих на данной организации, и выяснения круга задач, решаемых подразделениями аппарата управления и исполнителями;

– Путем определения задач подразделений аппарата управления, анализа информации, которая необходима для решения этих задач и сопоставления ее с потоками документации, сложившимися в процессе деятельности аппарата управления.

3.1.2. Общая структура программного приложения

Для корректной работы приложения необходим дополнительный пакет программного обеспечения (рисунок 10). Для обработки информации ключевым приложением является любое программное обеспечение, которое включает в себя пакет языка программирования C++ с подключаемыми библиотеками обработки и распознавания изображений.

В нашем случае для реализации программного приложения был выбран пакет программ Visual studio 2015 с актуальной версией библиотеки работы с изображениями OpenCV 3.0. Для автоматического занесения измерений в базу данных и их передачу, необходим пакет программ Jetbrains PHP storm, включающий в себя приложение phpmyadmin с поддержкой языка запросов к базе данных mySQL.

Рисунок 10. Структура приложения

3.2. Программный продукт

3.2.1. Схема взаимодействия модулей

Основные модули программного приложения можно разделить на фото/видео фиксацию, систему распознавания, базу данных и отображение полученной информации в php приложении (рисунок 11).

Рисунок 11. Взаимодействие модулей

3.2.2. Описание модулей.

Фото-фиксация включает в себя ip камеру или средства фото/видеофиксации с поддержкой беспроводной передачи данных. Данные поступают в центр обработки данных в формате .jpeg с периодичностью 1 снимок в 3 секунды. Для хранения изображений требуется не менее 40гб свободное пространства в день.

Распознавание происходит на сервере, в центре обработки данных. При предварительной обработке изображения проходят процедуру сглаживания и устранения шума. Далее подключается библиотека OpenCV и происходит распознавание изображения с помощью выделения объектов отличного от фона. Вычитание фона является общим и широко используемым методом для получения переднего плана (а именно изображения содержащее пиксели движущегося объекта на сцене), используя статически установленную камеру. Получение переднего плана происходит за счет вычитания текущего кадра из модели фона содержащий статическую часть сцены или то что необходимо рассматривать как фон учитывая характеристики наблюдаемой сцены.

Отделение фона от движущего объекта состоит из 2 основных частей: Инициализация фона; Обновление фона.

На первом этапе вычисляется начальная модель фона, а на втором этапе модель обновляется для того что бы адаптироваться к возможным изменениям в сцене.

Рассмотрим основные части кода:

1. Для начала выделим Mat для хранения кадра, два из них генерируются для переднего плана маски двумя разными алгоритмами.

```
Mat frame; //Выделение текущего кадра
Mat fgMaskMOG; //маска метода MOG
Mat fgMaskMOG2; //маска метода MOG2
```

2. Далее объект cv::BackgroundSubtractor будет использоваться для генерации переднего плана маски.

```
Ptr<BackgroundSubtractor> pMOG; //MOG
```

```
Ptr<BackgroundSubtractor> pMOG2; //MOG2
```

3. Создаем маски объектов заднего фона

```
pMOG = createBackgroundSubtractorMOG();
pMOG2 = createBackgroundSubtractorMOG2();
```

4. Каждый кадр используется как для расчета маски переднего плана так и для обновления фона.

```
pMOG->apply(frame, fgMaskMOG);
pMOG2->apply(frame, fgMaskMOG2);
```

5. Текущий номер кадра извлекается из объекта cv:: imread и пишется в левом верхнем углу текущего кадра. Белый прямоугольник используется для выделения номера кадра.

```
stringstream ss;
rectangle(frame, cv::Point(10, 2), cv::Point(100,20),
        cv::Scalar(255,255,255), -1);
ss << capture.get(CAP_PROP_POS_FRAMES);
string frameNumberString = ss.str();
putText(frame, frameNumberString.c_str(), cv::Point(15, 15),
      FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5 , cv::Scalar(0,0,0));
```

6. Показываем результат

```
imshow("Frame", frame);
imshow("FG Mask MOG", fgMaskMOG);
imshow("FG Mask MOG 2", fgMaskMOG2);
//Начинаем чтение с 1 файла последовательности
frame = imread(fistFrameFilename);
if(!frame.data){
  //Если файл не удалось найти выводим ошибку
  cerr << "Unable to open first image frame: " << fistFrameFilename << endl;
  exit(EXIT_FAILURE);
}
...
```

```
//Ищем следующий кадр
ostringstream oss;
oss << (frameNumber + 1);
string nextFrameNumberString = oss.str();
string nextFrameFilename = prefix + nextFrameNumberString + suffix;
//Читаем следующий кадр
frame = imread(nextFrameFilename);
if(!frame.data){
  //Ошибка при открытии следующего изображения
  cerr << "Unable to open image frame: " << nextFrameFilename << endl;
  exit(EXIT_FAILURE);
}
//Обновляем путь текущего кадра
fn.assign(nextFrameFilename);
```

Для оценки результата мы должны:

1) Сохранить выходные изображений;

2) Оценить изображения на дефекты (тень от машины при движении).

Сохраняем полученные результаты в формате .png:

```
string imageToSave = "output" + frameNumberString + ".png";
bool saved = imwrite(imageToSave, fgMaskMOG);
if(!saved) {
  cerr << "Unable to save " << imageToSave << endl;
}
```

Далее с помощью контурного анализа классифицируем объекты по типу кузова, и сохраняем результат в формате xml.

База данных используется для хранения результатов распознавания, с указанием даты, времени, количества объектов и их веса (рисунок 12). Для подключения к БД необходима портативная серверная платформа OpenServer. После запуска программы появится значок в трее, правой кнопкой по значку и за-

пускаем веб сервер. При ошибке невозможно занять порт 80 поскольку он уже используется, необходимо в настройках сервера снять использование 80 и 433 порта.

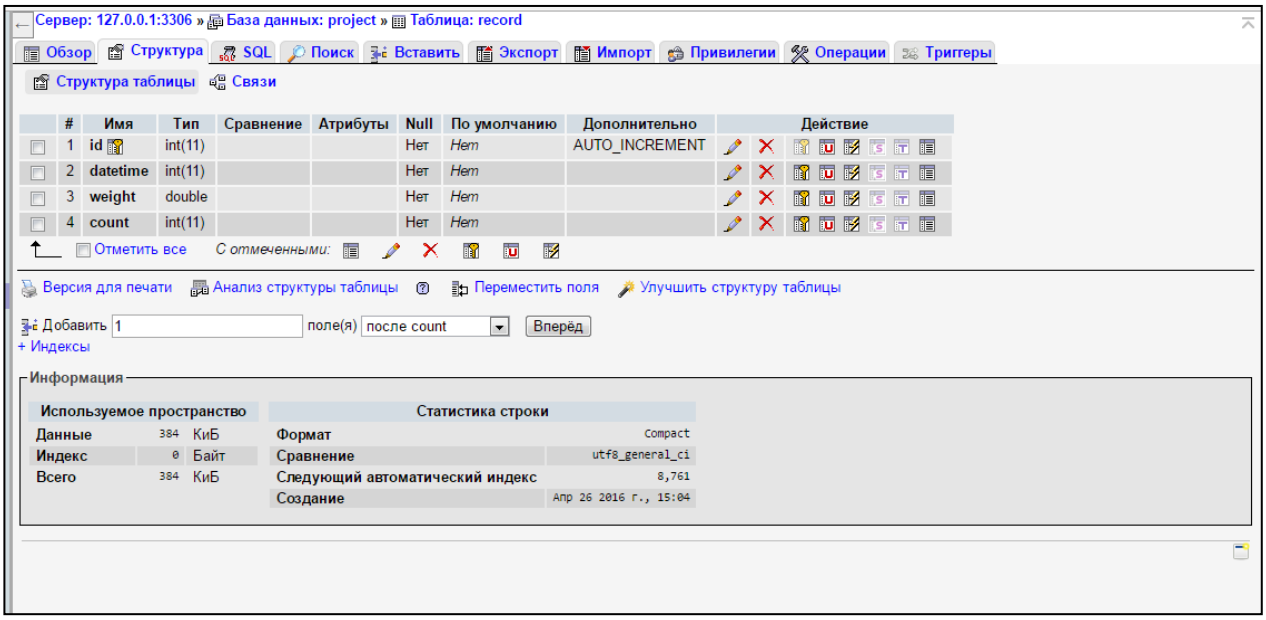

Рисунок 12. Структура БД

Прогнозирование происходит с помощью использования программного обеспечения Jetbrains Phpstorm 2016.1.2. Основной задачей является прогнозирование долгосрочного периода. Данные берутся с учетом прошлого года и с помощью метода наименьших квадратов составляется прогноз на текущий год.

Находим в базе данные за прошлый год

```
$datetime = strtotime($_GET["datetime"]);
$timeStart = mktime(0, 0, 0, date('m', $datetime), date('d', $datetime), date('Y', $datetime) - 1);
$timeFinish = mktime(23, 59, 59, date('m', $datetime), date('d', $datetime), date('Y', $datetime) - 1);
$query = "SELECT * FROM record WHERE datetime >= $timeStart AND datetime <= $timeFinish ";
$data = mysql_query($query);
```

```
$x = []; // время
$y = []; // значения
$n = 0; // шаг
while ($row = mysql_fetch_array($data)) {
$time = mktime(date("H", $row["datetime"]), date("i", $row["datetime"]), date("s", $row["datetime"]),
date("m", $row["datetime"]), date("d", $row["datetime"]), 0); // ставим временную метку без учета года
$x[] = $time;
$y[] = $row["count"];
$n++;}
$summX = array_sum($x); // сумма x
$summY = array_sum($y); // сумма y
$qSummX = quadSumm($x); // сумма квадратов x
$xySumm = xySumm($x, $y); // сумма произведений произведения x и y
Методом наименьших квадратов получаем коэффициенты тренда (a и b)
$delta = $qSummX * $n - $summX * $summX;
$deltaA = $xySumm * $n - $summX * $summY;
$deltaB = $qSummX * $summY - $xySumm * $summX;
$a = $deltaA / $delta;
$b = $deltaB / $delta;
Вычисляем значения линии тренда
$trand = [];
foreach ($x as $i => $item) {
$trand[] = $a * $item + $b;}
$summTrand = array_sum($trand); // сумма значений линии тренда
Выделяем сезонную компоненту (s)
$s = [];
foreach ($trand as $i => $item) {
$s[] = $y[$i] - $item;}
```

$summS = array_sum($s); // сумма значений сезонной компоненты

$xsSumm = xySumm($x, $s); // сумма произведений x и s

Методом наименьших квадратов получаем константы сезонной компоненты

$deltaC1 = $xsSumm * $n - $summX * $summS;

$deltaC2 = $qSummX * $summS - $xsSumm * $summX;

$c1 = $deltaC1 / $delta;

$c2 = $deltaC2 / $delta;

$time = mktime(date("H", $datetime), date("i", $datetime), date("s", $datetime),

date("m", $datetime), date("d", $datetime), 0); // временная метка без учета года

$value = $c1 * $time + $c2 + $a * $time + $b; // вычисляем прогнозируемое значение

Отображаем в программном приложении результат прогнозирования

echo "Прогноз на " . date('H:i:s d-m-Y', $datetime) . " на основании данных с " . date('H:i:s d-m-Y', $timeStart) . " по " .

date('H:i:s d-m-Y', $timeFinish) . ": " . $value . "<hr>";

Просмотр результатов происходит в программном приложении написанном с помощью языка программирования PHP (рисунок 13).

Рисунок 13. Главное меню

После входа в приложение, выбираем интересующие нас опции. Для отображения данных БД за прошлый год, вводим начальную дату 01-01-2015,в ко-

нечную дату 23:59:59 01-01-2015, если требуются отобразить данные за 1 день (рисунок 14).

Главная | Моделирование | Генерация случайных данных | Заполнить значение вручную

01-01-2015 | 23:59:59 01-01-2015 | Найти

Снять фильтр

ID	Дата / Время	Масса	Количество
1	00:00:00 01-01-2015	22	22
2	01:00:00 01-01-2015	36	36
3	02:00:00 01-01-2015	52	52
4	03:00:00 01-01-2015	60	60
5	04:00:00 01-01-2015	13	13
6	05:00:00 01-01-2015	54	54
7	06:00:00 01-01-2015	67	67
8	07:00:00 01-01-2015	15	15

Рисунок 14. Работа с БД

Для моделирования ситуации на дороге, входим в одноименную вкладку, и вводим интересующую нас дату и время. Для составления прогноза за 2016 год, необходимы данные за 2015 (Рисунок 15).

Главная | Моделирование | Генерация случайных данных | Заполнить значение вручную

Прогноз на 08:42:39 10-06-2016 на основании данных с 00:00:00 10-06-2015 по 23:59:59 10-06-2015: **46.276479347842**

08:42:39 10-06-2016 | Моделирование

Рисунок 15. Результат прогнозирования

3.2.3.Подключение библиотеки OpenCV

Устанавливаем пакет библиотек OpenCV 3.0. Для подключения библиотеки необходимо:

1) В свойствах системы выбрать параметры среды и в категории Path ввести путь подключения библиотеки и выполнить перезагрузку системы (рисунок 16).

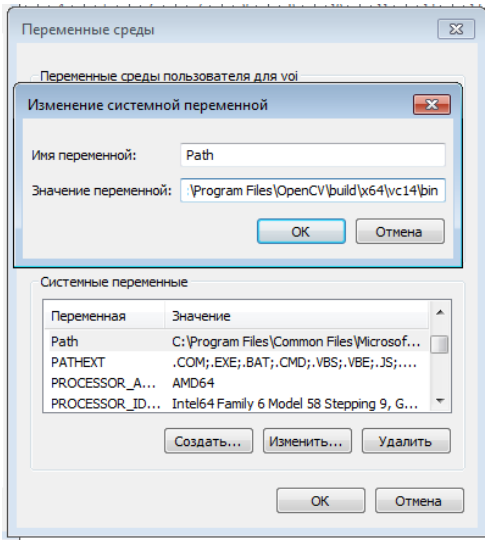

Рисунок 16.Путь к библиотеки OpenCV

2) Далее в Visual studio 2015 в разработанном проекте с заданными свойствами debug x64 задать следующие значения подключения библиотек (рисунок 17).

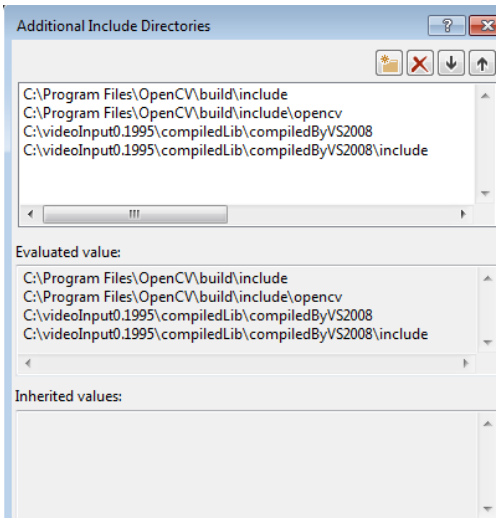

Рисунок 17. Подключение библиотек

3) В addition library direction указываем путь до библиотеки debug.

4) В Linker-Input- addition dependencies указываем подключаемую библиотеку opencv_world310d.lib.

5) Сохраняем измененные значения и проверяем подключенные библиотеки.

3.2.4. Основные системные требования

Системные требования JetBrains PhpStorm:

– Microsoft Windows 10/8/7/Vista/2003/XP (64-bit включительно)

– 1 GB RAM минимум

– 2 GB RAM рекомендуется

– 1024x768 — минимальное разрешение экрана

Системные требования visual studio 2015:

– Microsoft Windows 7 с пакетом обновления 1/ Windows 8/ Windows 8.1/ Windows Server 2008 R2 с пакетом обновления 1 (SP1) / Windows Server 2012 /; Windows Server 2012 R2/ Windows 10.

– Процессор с частотой 1.6 ГГц (или выше);

– 1 Гб оперативной памяти (1,5 ГБ при работе на виртуальной машине);

– 6 Гб свободного пространства на жестком диске;

– Жесткий диск (5400 об/мин);

– Видеоадаптер с поддержкой DirectX 9, минимально допустимое разрешение экрана - 1024 x 768.

Системные требования Open-server:

– Поддерживаемые версии Windows (32-бит и 64-бит): Windows XP SP3 и все более новые версии;

– Минимальные аппаратные требования для работы программного комплекса: 200 Мб RAM и 1 Гб на HDD;

– Требуется наличие Microsoft Visual C++ 2005-2008-2010-2012-2013-2015 Redistributable Package;

Дополнительные системные требования к разработанному программному приложению:

– Наличие: виртуального сервера Open-server; загружаемой библиотеки OpenCV; программное обеспечение Visual studio 2015 и JetBrains PhpStorm.

– Процессор с частотой 2.5 ГГц (или выше);

– 4 Гб оперативной памяти (5,0 ГБ при работе на виртуальной машине);

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом работы представленной магистерской диссертации является программное приложение использующее фото/видео-фиксацию для решения задач мониторинга транспортных средств и определения нагрузки на дорожное полотно. Данная работа нацелена на распознавание объектов методами наземного мониторинга для определения нагрузки на дорожное полотно, которые найдут себе применение в стремительно развивающейся в настоящее время области автоматизированного дорожного видеонаблюдения. Данное приложение способствует активной информатизации процесса мониторинга этих участков дорожно-транспортной системы, что позволяет повысить безопасность их использования.

Основные результаты работы состоят в следующем:

1) Выполнен анализ существующих методов обработки информации, необходимых для функционирования разрабатываемой системы, сделавший возможным сопоставление их характеристик с особенностями решаемой задачи видеонаблюдения и подбор наиболее подходящих алгоритмов, что улучшило показатели функционирования системы.

2) Выполнена формализация задачи «Распознавание объектов методами наземного мониторинга для определения нагрузки на дорожное полотно» и предложена модель анализа и пакет программ, способные помогать в решении поставленной задачи, что расширило возможности использования систем автоматической фото/видео-фиксации в транспортных системах.

Сфера применений представленной системы не ограничивается фото/видео-фиксацией для распознавания образов и вычитывания их. Другим применением при изменении алгоритма работы является, например, наблюдение за автотранспортом на выявление нарушений ПДД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. К. Фукунага. Введение в статистическую теорию распознавания образов [Текст]: науч. изд. / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 368 с.

2. Вощинин А. П. , Сотиров Г. Р. Оптимизация в условиях неопределенности. Изд-во МЭИ (СССР), «Техника» (НРБ), 1989.

3. Макаров И. М., Виноградская Т. М., Рубчинский А. А., Соколов В. Б. Теория выбора и принятия решений. - М.: Наука, 1982.

4. Афанасьев Ю. А., Фомин С. А. и др. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 208 с.

5. Мкртчан Ф. А. Оптимальное различение сигналов и проблемы мониторинга- 1982. -186 с. Букинист.

6. Лебедев В. В., Гансвинд И. Н. Проектирование систем космического мониторинга 2010. 388 с. Букинист.

7. Тетельмин В. В., Язев В. А. Основы экологического мониторинга 2013. Твердый переплет. 256 с.

8. Бакланов А. И. Системы наблюдения и мониторинга. Учебное пособие.2014. Мягкая обложка. 234 с.

9. Кондратьев А. И. Теоретико-игровые модели в задачах распознавания.1986. Твердый переплет. 286 с. Букинист.

10. Фомин Я. А. Распознавание образов: теория и применения. Изд.3, доп.2014. Твердый переплет. 460 с.

11. Фор А. Восприятие и распознавание образов. Пер. с франц.1989. Твердый переплет. 272 с. Букинист.

12. Фу К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин: Пер. с англ.1971. Твердый переплет. 256 с.

13. Ковалевский В. А. Методы оптимальных решений в распознавании изображений.1976. Твердый переплет. 328 с.

14. Закревский А. Д. Логика распознавания. Изд.2.2003. Мягкая обложка. 144 с.

15. Коренной А. В. (Ред.). Обнаружение, распознавание и определение параметров образов объектов 2012. Мягкая обложка. 116 с.

16. Мерков А. Б. Распознавание образов: Построение и обучение вероятностных моделей 2014. Твердый переплет. 240 с.

17. Тимохин В. И. Применение ЭВМ для решения задач распознавания образов. 1983. Мягкая обложка. 216 с. Букинист.

18. Музыкин С. Н., Родионова Ю. М. Моделирование динамических систем. 2003. Твердый переплет. 304 с. Букинист.

19. Емельянов С. В. (Ред.).Труды ИСА РАН: Системы управления и моделирование. Динамические системы. Управление рисками и безопасностью. Методы и модели в экономике. Прикладные аспекты информатики. Т.64. Вып.2. 2014. Мягкая обложка. 124 с.

20. Колосовский М. А. Влияние шумов камеры на качество работы системы видеонаблюдения // Всероссийская студенческая научно-практическая конференция «Молодая Наука — 2014» / Моск. финанс.-юридич. ун-т. Москва: 2014. С. 154.

21. Колосовский М. А. Отделение объектов от фона в задаче видеонаблюдения за пешеходными переходами // XVIII Всероссийская научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения» / Сиб. гос. индустр. ун-т. Т. II. Технические науки. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. С. 197–199.

22. Кочубиевский И. Д., Стражмейстер В. А., Калиновская Л. В., Матвеев П. А. Динамическое моделирование и испытания технических систем.1978. Твердый переплет. 304 с. Букинист.

23. Тропченко А. Ю., Тропченко А. А. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео: Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 108 с.

24. Баранов Г. Л., Макаров А. В.Структурное моделирование сложных динамических систем 1986. Твердый переплет. 272 с. Букинист.

25. Снапелев Ю. М., Старосельский В. А. Моделирование и управление в сложных системах 1974. Твердый переплет. 264 с. Букинист.

26. Радченко В. П. и др. (Ред.). Математическое моделирование и краевые задачи: Труды IV Всерос. науч. конф. Ч.2: Моделирование и оптимизация динамических систем и систем с распределенными параметрами. Ч.2. 2007. Мягкая обложка. 160 с. Букинист.

27. Valera M., Velastin S. Intelligent distributed surveillance systems: a review // IEE Proceedings – Vision, Image and Signal Processing. Vol. 152. 2005. P. 192–204.

28. Intelligent distributed video surveillance systems / Ed. by S. Velasin, P. Remagnino; The Institution of Engineering and Technology. United Kingdom: IET, 2006. Vol. 5 of Professional Applications of Computing. 282 p.

29. Nam Y., Rho S., Park J. H. Intelligent video surveillance system: 3-tier contextaware surveillance system with metadata // Multimedia Tools and Applications. 2012. Vol. 57, no. 2. P. 315–334.

30. Background modeling and foreground detection for video surveillance / Ed. by T. Bouwmans, F. Porikli, B. Hoferlin et al. United Kingdom: Chapman and ¨ Hall/CRC, 2014. 616 p.

31. Sabzmeydani P., Mori G. Detecting pedestrians by learning shapelet features // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) / IEEE. 2007. P. 1–8.

32. Multiple component learning for object detection / P. Dollar, B. Babenko, S. Be- ´ longie et al. // European Conference on Computer Vision (ECCV). Springer, 2008. P. 211–224.

33. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection // International journal of computer vision. 2004. Vol. 57, no. 2. P. 137–154.

34. Chiu C.-C., Ku M.-Y., Wang C.-Y. Automatic traffic surveillance system for vision-based vehicle recognition and tracking // Journal of Information Science and Engineering. 2010. Vol. 26, no. 2. P. 611–629.

35. Jeong S., Kang S., Kim J. Vehicle detection based on the use of shadow region and edge // Proceedings of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers

(SPIE) 8878, Fifth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP) / SPIE. Vol. 8878. 2013. 4 p.

36. Hough forests for object detection, tracking, and action recognition / J. Gall, A. Yao, N. Razavi et al. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI). 2011. Vol. 33, no. 11. P. 2188–2202.

37. Roller D., Daniilidis K., Nagel H.-H. Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes // International Journal of Computer Vision (IJCV). 1993. Vol. 10, no. 3. P. 257–281.

38. Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance / A. Elgammal, R. Duraiswami, D. Harwood et al. // Proceedings of the IEEE. 2002. Vol. 90, no. 7. P. 1151–1163.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Плакаты презентации

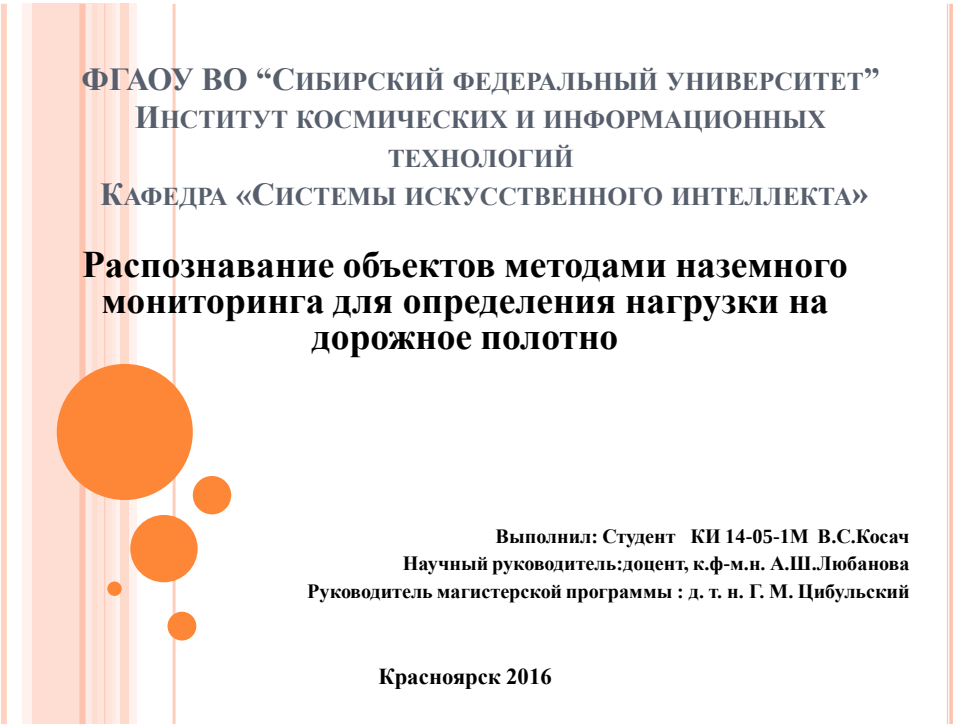

Рисунок А1 – Титульный лист

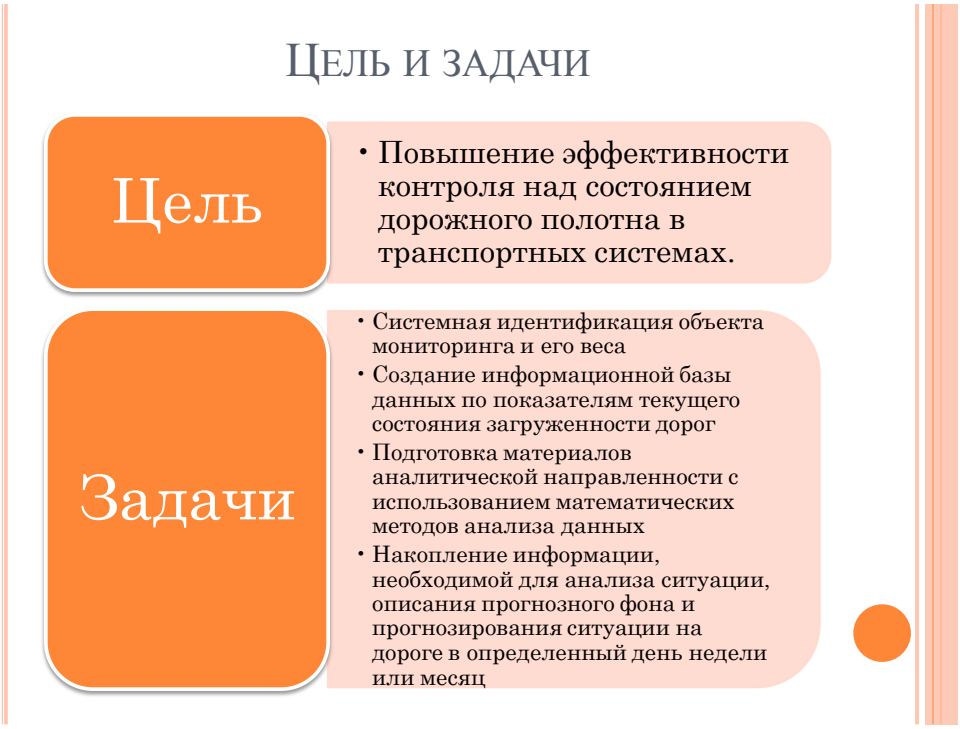

Рисунок А2 – Цели и задачи

Рисунок А3 – Формулировка задачи

Рисунок А4 – Мониторинг

Рисунок А5 – Средства фиксации и мониторинга

Рисунок А6 – Методы распознавания изображений

Методы фиксации использованные в магистерской диссертации

- Для контроля за транспортной системой, используются камеры фото/видео-фиксации. Они предназначены для контроля скоростного режима и транспортного потока с автоматической фото-фиксацией и передачей информации в центр обработки данных.

Рисунок А7 – Методы фиксации использованные в магистерской диссертации

Методы распознавания использованные в магистерской диссертации

Выделение отличных от фона объектов

- Отделение фона от движущего объекта состоит из 2 основных частей:
  - Инициализация фона
  - Обновление фона

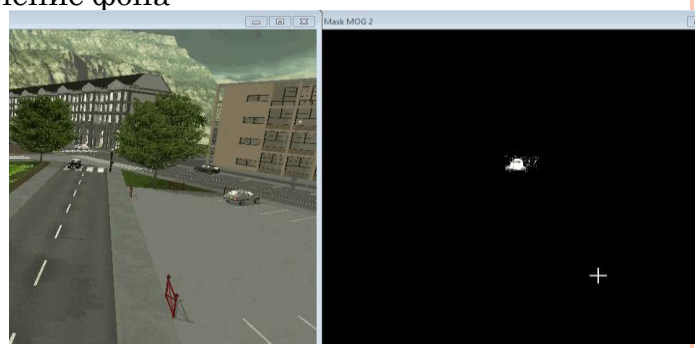

Рисунок А8 – Методы распознавания использованные в магистерской диссертации

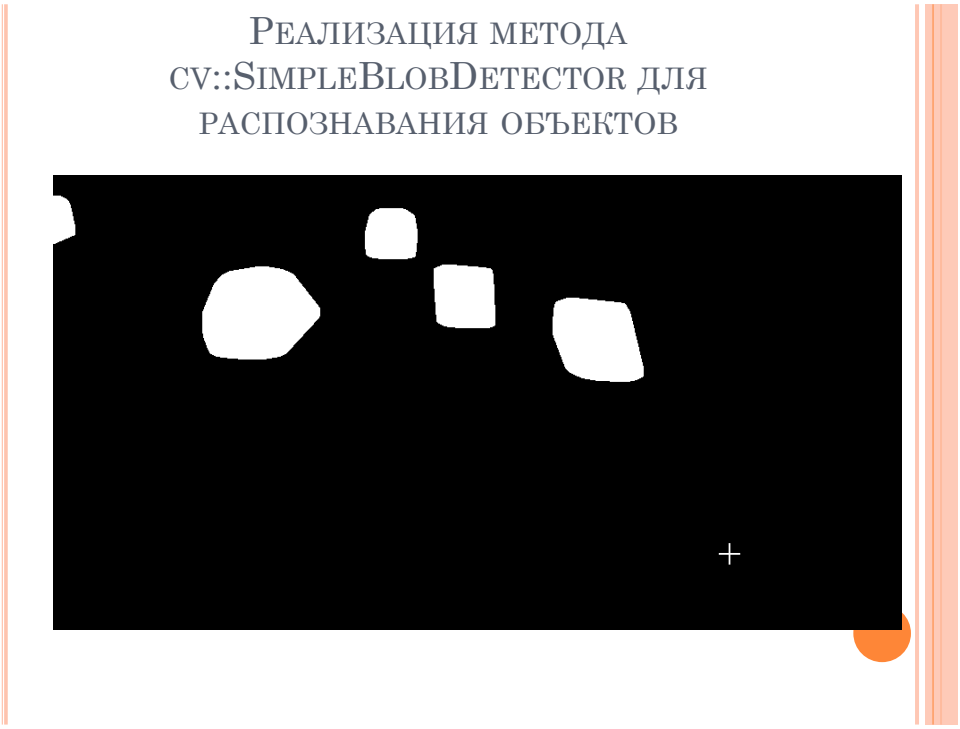

Рисунок А9 – Реализация метода cv::SimpleBlobDetector для распознавания объектов

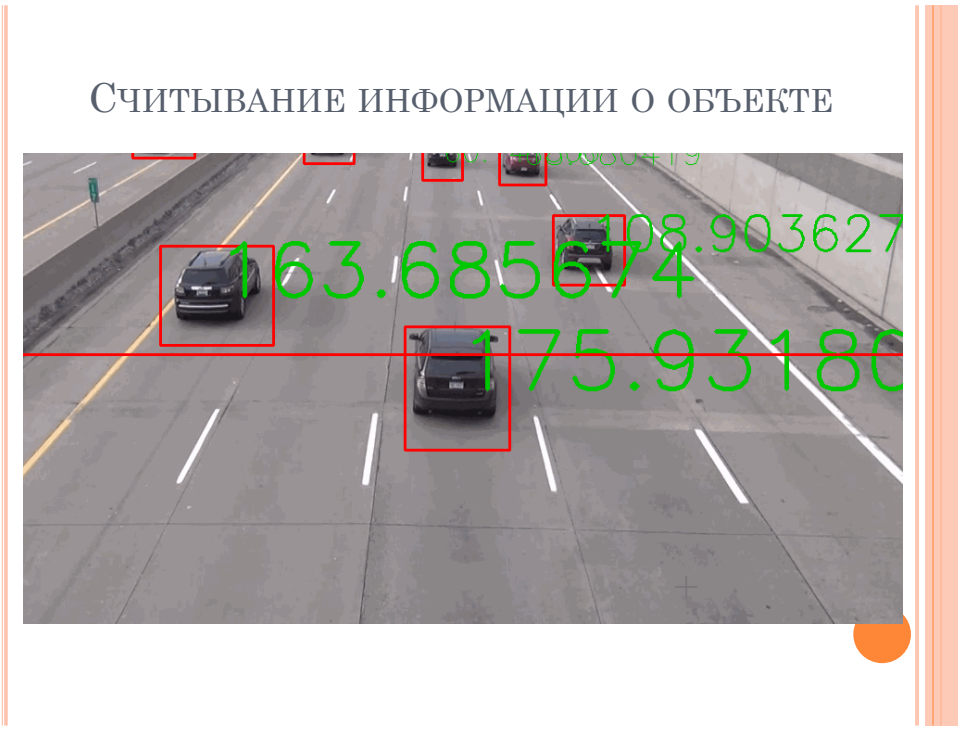

Рисунок А10 – Считывание информации о объекте

Методы обработки информации

- Обработки изображений: сглаживание, фильтрация помех, увеличение контраста
- Для построения прогноза: метод наименьших квадратов и метод скользящего среднего.

Рисунок А11 – Методы обработки информации

Общая схема работы алгоритма

Фото-фиксация
- Данные с оборудования поступают на сервер, где проходит дальнейшая обработка данных

Распознавание
- На сервере полученные данные проходят обработку и заносятся в xml файл

База данных
- Из xml файла данные заносятся в базу данных

PHP приложение
- С помощью PHPmyadmin данные отображаются в приложении, где может быть проведена фильтрация, прогнозирование и формирование отчетов

Рисунок А12 – Общая схема работы алгоритма

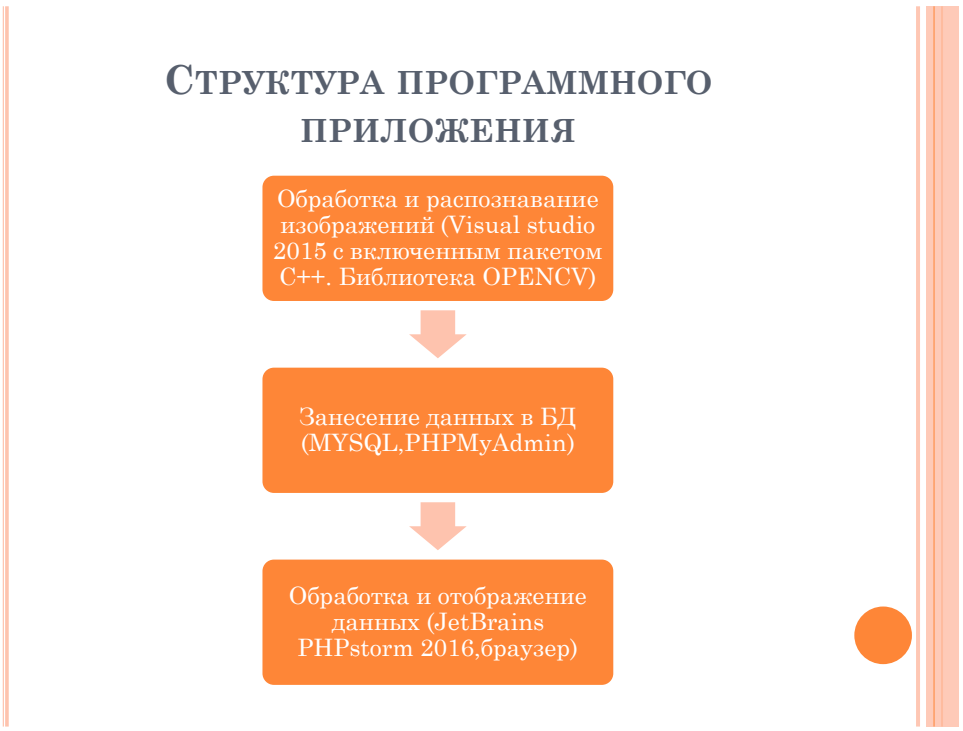

Рисунок А13 – Структура программного приложения

Рисунок А14 – Схема информационных потоков

Рисунок А15 – Результаты работы программы

Заключение

В процессе работы было выполнено следующее:

- сформулированы цели и задачи;
- подобраны и изучены литературные источники по разрабатываемой теме;
- выбраны методы исследования и проведения экспериментальных работ, методы анализа и обработки экспериментальных данных;
- выбраны программные продукты, для реализации программного обеспечения.
- выбраны и обоснованы методики исследования;
- написано программное обеспечение для построения базы данных, прогнозирования, распознавания изображений и классификации объектов.

Рисунок А16 – Заключение

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. М. Цибульский
подпись
« ___ » _____ 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Косач Виктору Сергеевичу

Группа: КИ14-05-01М Направление: 09.04.02 Информационные системы и технологии

Тема выпускной квалификационной работы: Распознавание объектов методами наземного мониторинга для определения нагрузки на дорожное полотно

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР А. Ш. Любанова, доцент, к. ф.-м. н., каф. СААУП, ИКИТ.

Исходные данные для ВКР: научная литература, интернет источники, программное обеспечение, средства фото/видеонаблюдения.

Перечень разделов ВКР:

1 Системы мониторинга. Распознавание изображений;
2 Методы контроля трафика транспортных средств;
3 Программное приложение.

Перечень графического материала:

Рисунок 1 – Схема транспортной системы;

Рисунок 2 – факторы функционирования транспортной системы города;

Рисунок 3 – приложение Яндекс.Пробки;

Рисунок 4 – бинаризация по порогу;

Рисунок 5 – фильтр Фурье, Гаусса и Габора;

Рисунок 6 – пример фильтрации функции;

Рисунок 7 – фильтрация контуров;

Рисунок 8 – реализация БД с помощью phpMyAdmin;

Рисунок 9 – схема информационных потоков;

Рисунок 10 – структура приложения;

Рисунок 11 – взаимодействие модулей;

Рисунок 12 – структура БД;

Рисунок 13 – главное меню;

Рисунок 14 – работа с БД;

Рисунок 15 – результат прогнозирования;

Рисунок 16 – путь к библиотеки OpenCV;

Рисунок 17 – подключение библиотек.

Руководитель ВКР _____ А. Ш. Любанова

подпись

Задание принял к исполнению _____ В. С. Косач

подпись

« ___ » _____ 2016 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения этапов ВКР

№ п/п	Наименование этапов магистерской работы	Срок выполнения этапов проекта	Примечание
1	Сбор и анализ исходной информации	11.02.2016 – 15.03.2016	
2	Изучение методов обработки данных	15.03.2016 – 23.03.2016	
3	Составление прогноза	23.03.2016 – 02.04.2016	
4	Изучение библиотеки OpenCV	02.04.2016 – 08.04.2016	
5	Написание программы распознавания изображений	08.04.2016 – 02.05.2016	
6	Изучение методов обработки данных распознавания	02.05.2016 – 04.05.2016	
7	Классификация объектов	04.05.2016 – 06.05.2016	
8	Написание программного приложения	06.05.2016 – 28.05.2016	
9	Подготовка графического материала	12.05.2016 – 28.05.2016	
10	Оформление магистерской диссертации	29.05.2016-17.06.2016	

Студент _____ В. С. Косач

подпись

Руководитель ВКР _____ А. Ш. Любанова

подпись