

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

УДК 004.93

Шадраков
Роман Николаевич

Модели и методы распознавания образов для принятия решений в условиях
дорожного движения

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

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

Научный руководитель
Серебряная Лия Валентиновна
кандидат технических наук, доцент

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время стала актуальна задача построения систем автоматического предупреждения водителя о дорожной ситуации. Усилия многих разработчиков направлены на создание недорогих и доступных широкому кругу потребителей подобных систем. Одной из ключевых задач в таких системах является задача распознавания дорожных знаков. Большое количество производителей премиальных автомобильных марок решают данную задачу путем установки сложного комплекса оборудования на свои автомобили.

На сегодняшний день разработано множество алгоритмов и программ для портативного оборудования, позволяющих распознавать дорожные знаки, однако, показатели точности и скорости распознавания знаков не позволяют использовать эти подходы в реальных автономных системах управления. Одним из вариантов системы идентификации могут быть радиометрические «маяки», способные сообщить радио-модулю автомобиля о том, что он вошел в зону действия данного знака. Однако, система непосредственного распознавания знаков с изображений имеет преимущества в плане надежности и возможности ее применения к существующей инфраструктуре дорожных знаков.

Процесс распознавания дорожного знака на изображении можно разделить на два основных этапа:

- поиск положения дорожного знака на общем изображении;
- классификация знака.

С точки зрения детектирования и распознавания дорожный знак является простым объектом, но существует большое множество видов и форм дорожных знаков, что приводит к усложнению данного процесса. Вид и форма большинства дорожных знаков на территории Республики Беларусь определяется государственным стандартом СТБ 1140-2013, однако некоторые знаки (например, информационные таблички) могут сильно отличаться друг от друга. Рассматривая общую классификации подходов к распознаванию дорожных знаков, различают методы распознавания дорожных знаков на основе цвета, методы распознавания дорожных знаков на основе формы и методы распознавания дорожных знаков на основе машинного обучения.

В основе распознавания дорожных знаков на основе цвета лежит использование пороговой обработки или цветовой сегментации для выделения области изображения, на которой находится дорожный знак, и последующего распознавания знака путем попиксельного сравнения с эталоном. Главный недостаток этих методов заключается в сложности формирования признако-

вого описания на основе полученных контуров знака.

Алгоритм методов распознавания дорожных знаков на основе машинного обучения заключается в построении обучающей выборки, содержащей изображения дорожных знаков, полученные при различных погодных условиях и времени суток, и обучении классификатора на этой выборке. Чаще всего в качестве классификатора используется классификатор Виолы-Джонса, который поначалу применялся для распознавания лиц. Однако, для данного метода характерны следующие недостатки: требуется очень большая выборка для обучения классификатора, присутствует большое количество ложных распознаваний.

Дорожные знаки делятся на различные категории, но каждый из них влияет на то, какие действия может совершить водитель, например:

- увеличить или уменьшить скорость движения;
- поворот или разворот;
- остановку или стоянку;
- необходимость пропустить других участников движения;

Таким образом, для каждого дорожного знака можно определить множество действий, которые данный знак разрешает или запрещает совершать определенному участнику дорожного движения. Некоторые знаки отменяют зону действия других или указывают его применимость на определенном участке дороги или в определенное время суток. Следовательно, распознавание дорожных знаков во время движения позволит определить множество действий, которые разрешены на данном участке дороги, и предотвратить возможные нарушения ПДД.

Поэтому, задача создания моделей и методов быстрого и качественного распознавания знаков для принятия решения при участии в дорожном движении является актуальной и на сегодняшний день. Также разработка таких методов позволит решить широкий круг существующих задач, например, программное средство способное в режиме реального времени распознавать дорожные знаки и оповещать о них водителя, может увеличить безопасность участников дорожного движения и снизить количество нарушений ПДД.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка моделей и методов распознавания образов для принятия решений в дорожном движении.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- а) проанализировать современное состояние проблемы распознавания образов;
- б) проанализировать методы и средства распознавания дорожных знаков;
- в) проанализировать существующие модели для решения задач распознавания дорожных знаков;
- г) разработать архитектуру ПС и алгоритм работы метода распознавания образов для принятия решений в дорожном движении;
- д) реализовать ПС на платформе Android, используя разработанные модели и методы распознавания образов для принятия решений в дорожном движении.

Объектом исследования являются модели и методы распознавания дорожных знаков для принятия решений.

Предметом исследования является математическое и программное обеспечение для решения задач принятия решений путем распознавания образов в дорожном движении.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность использования методов и средств интеллектуального анализа данных для решения задач распознавания образов для дальнейшего принятия решения в дорожном движении.

Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Цели и задачи исследования были сформулированы совместно с научным руководителем Л. В. Серебряная.

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 3 печатные работы в сборниках материалов международных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из общей характеристики работы, введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложения.

В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Во второй главе рассмотрены особенности моделей для решения задачи распознавания дорожных знаков. Третья глава посвящена проектированию архитектуры программного средства, в ней описаны основные блоки алгоритма работы, а также построена модель базы данных. Четвертая глава содержит описание процесса разработки программного средства, также в ней описывается метод и результат тестирования программного средства.

В результате работы над магистерской диссертацией были разработаны модели и методы принятия решений на основе дорожных знаков. Разработано программное средство на платформе Android, позволяющее детектировать и классифицировать дорожные знаки с камеры телефона.

Общий объем работы составляет 73 страницы, из которых основного текста – 58 страниц, 18 рисунков, 6 таблиц, 19 формул, список использованных источников из 45 наименований и 1 приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** произведён анализ методов распознавания образов, в частности методов распознавания дорожных знаков, рассмотрены основные понятия искусственных нейронных сетей и различные виды активационных функций.

Задача распознавания образов – это задача отнесения исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных. Распознавание образов является одной из наиболее фундаментальных проблем теории интеллектуальных систем. Кроме того, задача распознавания образов имеет огромное практическое значение.

Существуют несколько основных направлений для распознавания дорожных знаков, однако каждое из них обладает своими преимуществами и недостатками. Распознавания на основе цвета или формы используют эвристические алгоритмы и относительно быстровычислимые операции. Однако, они довольно специализированны, например, для определенной страны или набора фигур. Для решения этой проблемы, используется обнаружение общих признаков на основе особенностей машинного обучения.

Вторая глава посвящена анализу моделей распознавания образов, применимых для распознавания дорожных знаков.

В этой главе описываются несколько моделей, которые используются для распознавания образов. Они отличаются различными подходами и целями. Для решения задачи локализации знака на изображении необходимо лишь проверить его присутствие и определить описывающую его область на изображении. Чтобы решить эту задачу, можно использовать метод Виолы-Джонса.

Для решения задачи классификации, в условиях разнообразия признаков классов, чаще всего используют нейронные сети. Поскольку целью является распознавание образов на изображении, стоит использовать сверточные нейронные сети, которые показывают хорошие результаты в этой области. Рассмотренные модели позволят решить задачи локализации и классификации дорожных знаков, а также могут быть частями одной модели для распознавания дорожных знаков.

Третья глава посвящена проектированию программного средства распознавания образов для принятия решений в дорожном движении.

Анализ методов распознавания объектов на изображениях со сложным фоном показал, что для эффективного решения поставленной задачи стоит использовать искусственные нейронные сети. Преимущества ИНС заключаются в их быстрой работе, высоком проценте верных распознаваний и способности обучаться на базе данных изображений. К недостаткам же можно отнести долгий и сложный процесс выбора структуры нейронной сети, количества слоев, нейронов и весовых коэффициентов. Сложность заключается в том, что на изображениях дорожные знаки могут располагаться под углом, с небольшими искажениями и шумовыми помехами. Классические ИНС достаточно чувствительны к подобного рода искажениям, к тому же изображения состоят из большого количества пикселей, в связи с чем возрастает размер ИНС, количество слоев, нейронов, межнейронных связей, все это ведет к громоздкой структуре, увеличивает время работы, ресурсоемкость и вычислительную сложность процесса обучения.

В связи с вышеперечисленными недостатками для решения задачи классификации знаков было принято решение использовать сверточные нейронные сети, т.к. они достаточно инвариантны к различным искажениям входного сигнала, изменению масштаба, смещениям, поворотам и т.д. Для решения задачи локализации знака на изображении было решено использовать метод Виолы-Джонса.

Для обучения классификаторов необходим обучающий набор данных. В связи с отсутствием в открытом доступе качественного набора изображений дорожных знаков Республики Беларусь, было решено использовать базу знаков Германии GTSRB. Данная база содержит более 50000 изображений, разделенных на более чем 40 классов. Эти знаки довольно похожи на знаки РБ, а потому могут использоваться в качестве образцов для исследовательской работы.

Также, были описаны сущности и связи между ними для построения модели базы данных. Построенная модель базы данных позволит хранить информацию о всех используемых дорожных знаках, их категориях, возможных действиях и получать множество действий, которые необходимо выполнить, при обнаружении дорожного знака по его классу.

В **четвёртой главе** были описаны процессы обучения классификаторов, разработки программного средства на платформе Android, а также тестирования разработанного ПС.

В данной главе рассмотрен процесс решения задач локализации и классификации дорожных знаков, а также принятия решений на основе полученных данных, приведена реализация системы на платформе Android. Для решения поставленных задач были использованы: язык программирования Java, Android SDK, библиотека компьютерного зрения OpenCV для работы с изображениями и библиотеку Deeplearning4j, предоставляющую методы глубокого обучения на виртуальной машине JVM.

Для реализации метода Виола - Джонса на Android была использована библиотека OpenCV. Данная библиотека имеет готовые методы для инициализации каскадного классификатора и обнаружения необходимых объектов. Для классификации найденных дорожных знаков используются разработанные для платформы Android модули библиотеки DL4J. Для их работы требуется Android версии выше чем 5.0.

Для более быстрой работы нейронной сети было принято решение использовать одну карту на входе, для этого все изображения были преобразованы в черно-белый вариант. Если бы данные были цветными, то на входе сети должно было быть три карты для каждого цветового канала, что привело бы к дополнительным вычислительным нагрузкам. По причине того, что большинство знаков находятся в правой части изображения с камеры, будет рационально обрабатывать только эту часть изображения. Следовательно, перед запуском классификатора из кадра камеры вырезается правая половина изображения.

Если знак был успешно распознан классификатором, тогда из базы данных загружается набор действий, которые он обозначает. Этот набор добавляется в словарь текущих действий по их идентификаторам. Таким образом, если новый знак разрешает или запрещает какое-либо действие, которое было добавлено ранее распознанным знаком, словарь изменит значение действия на новое.

Для того, чтобы оценить результаты работы полученных моделей, было проведено тестирование разработанного приложения на данных, не использованных в обучении. В качестве метрики для оценки качества обучения моделей была выбрана метрика F1, которая представляет собой совместную оценку точности и полноты. В результате, значение метрики F1 равно 0.84. Для более точного расчета этой метрики, необходимо провести тестирование на большем количестве реальных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В диссертации были рассмотрены и проанализированы достоинства и недостатки различных методов распознавания дорожных знаков, из которых были выбраны наиболее эффективные для решения задач локализации и классификации.

Была предложена модель программного средства, объединяющая в себе методы локализации и классификации, для принятия решений в условиях дорожного движения. Для локализации знаков использовался метод Виола-Джонса. Для этого метода характерно долгое время обучения, однако довольно быстрое выполнение процесса поиска. Данный алгоритм был доработан с помощью каскадной модели для локализации круглых и треугольных знаков с помощью двух отдельных классификаторов.

Разрабатываемая на основе сверточной нейронной сети система классификации дорожных знаков на изображении будет обладать такими характеристиками, как высокая шумоустойчивость, скорость и точность распознавания при разных состояниях поверхности дорожных знаков (знак частично поврежден), а также при разных условиях съемки (съемка идет под углом к поверхности знака).

Было разработано программное средство на платформе Android, которое используя выбранные методы, для принятия решений на основе распознавания дорожных знаков. В процессе разработки была подготовлена обучающая выборка на основе открытой базы данных дорожных знаков Германии GTSRB. Экспериментальным путем была выбрана архитектура сверточной нейронной сети, чтобы добиться оптимальных значений точности и скорости работы. Было обучено два вида классификаторов – локализации и классификации.

Также было проведено тестирование на данных, которые не участвовали в процессе обучения, и рассчитана метрика, показывающая качество классификации моделью. Показатель метрики составил 0.84, однако для точного результата необходимо провести тестирование на большем количестве данных.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки программного обеспечения для решения задачи принятия

решения на основе распознавания дорожных знаков при движении. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих ПС.

Разработанные модели и методы распознавания образов для принятия решения в дорожном движении могут применяться в качестве системы автоматического предупреждения водителя о дорожной ситуации, системы сбора информации о дорожных знаках или части системы автономного пилота.

Для использования моделей и методов на практике, необходимо провести более качественное обучение, на основе обучающей базы, состоящей из региональных дорожных знаков. Возможность переобучения позволит сохранять актуальность и улучшать качество работы. Таким образом, существует возможность учитывать все изменения в описании и внешнем виде дорожных знаков.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А] Шадраков, Р. Н. Распознавание дорожных знаков с предварительной локализацией на изображении / Р. Н. Шадраков // Компьютерные системы и сети: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23 – 27 апреля 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – с. 119 – 120.

[2-А] Шадраков, Р. Н. Использование нейронных сетей для поиска дорожных знаков. / Р. Н. Шадраков, С. В. Левко // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018): материалы международной научной конференции – Минск, 2018 – с. 134 – 135.

[3-А] Левко, С. В. Байесовские нейронные сети. / С. В. Левко, Р. Н. Шадраков // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018): материалы международной научной конференции – Минск, 2018 – с. 120 – 121.