

ОБЗОР МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

Верещаго В. Ю., Захарьев В. А.

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: zahariev@bsuir.by

За последние несколько лет были предложены различные подходы к решению задачи автоматического распознавания дорожных знаков для применения в системах помощи водителям и беспилотных транспортных средствах. Данная статья представляет обзор актуальных методов в области распознавания дорожных знаков.

ВВЕДЕНИЕ

По оценкам ООН, число дорожно-транспортных происшествий возрастает с каждым годом, и если эта тенденция сохранится, то к 2020-му году число смертей на дорогах вырастет на 50% по сравнению с 2010-ым годом и составит около 1.9 миллиона происшествий. Чтобы обратить эту тенденцию, ООН в 2011 году провозгласила первую «Декаду борьбы за безопасность на дорогах». Системы помощи водителям могут помочь сократить число происшествий, автоматизируя такие задачи, как предупреждение о выезде из своей полосы и распознавание дорожных знаков.

В последнее несколько лет повышенной популярностью пользуются исследования в области распознавания дорожных знаков. Систему даже считают очень важной особенностью «умных» машин. Дорожные знаки содержат много полезной информации, которая может быть проигнорирована водителями по причине усталости или поиска адреса. Водители также уделяют меньше внимания дорожным знакам в плохую погоду. Поэтому инициативы по улучшению, такие как увеличение безопасности вождения, наряду с улучшением систем автоматического обнаружения и распознавания дорожных знаков, становятся необходимыми для уменьшения числа жертв дорожно-транспортных происшествий. Такого рода улучшения сталкиваются с рядом нетехнических проблем, такими как разные уровни освещения и размеры, изменения в погодных условиях, затенения и углы обзора, которые могут существенно ухудшить работу систем распознавания дорожных знаков.

Процесс автоматического распознавания знаков состоит из трех основных этапов: локализация, обнаружение и классификация. В случае с любой ложной тревогой на стадии обнаружения, скорость выполнения стадии классификации будет замедлена. Это связано с тем фактом, что классификаторы обычно не тренируются на ложных срабатываниях.

Дорожные знаки имеют много отличительных особенностей на основе того, как они клас-

сифицируются. В соответствии с их формой и цветом, существует 5 основных классов: предупреждающие знаки (красный треугольник), запрещающие знаки (красный круг), информационные знаки (синий прямоугольник), предписывающие знаки (синий круг) и временные знаки (желтый треугольник).

Цель данной статьи – предоставить обзор некоторых последних и эффективных методов автоматического обнаружения дорожных знаков.

I. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ

Как упоминалось выше, мы можем классифицировать методы обнаружения и локализации на три фундаментальных класса: основанные на цвете, основанные на форме и основанные на обучении. В соответствии с природой проблемы и требованиями систем, мы можем выбрать наилучший метод для использования. Например, методы, основанные на информации о цвете, могут использоваться в данных с высококачественным разрешением, тем не менее, их нельзя применить к черно-белым картинкам.

Методы, основанные на цвете. Преобладающий сегмент в методах, основанных на цвете, направлен на обнаружение интересующих областей. Существуют конкретные характеристики цвета у дорожных знаков: красный, голубой и желтый. Тем не менее, они чувствительны к различным факторам, таким как возраст дорожного знака и различная степень освещения, которые делают задачу выделения области трудным процессом. Для того, чтобы преодолеть эту проблему, авторы работают над различными цветовыми схемами, такими как:

- RGB-пространство;
- HSV-пространство;
- YUV-пространство.

Методы, основанные на форме. В этом подходе авторы не выделяют цветовую сегментацию как исключительно отдельный способ в связи с его чувствительностью к различным факторам, таким как расстояние до цели, погодные условия, время суток и отражения дорожных знаков. На-

оборот, определение знаков выполняется с краев изображения, подвергаясь анализу с помощью структурных или комплексных подходов. Методы, основанные на форме, в основном устойчивее колориметрических методов по причине их возможности обработки изображений черно-белого формата и способности обрабатывать градиенты изображения. Тем не менее, они занимают большое время вычислений, учитывая факт того, что скорость обработки градиентов сильно зависит от количества обнаруженных краев. Не смотря на то, что методы, основанные на форме, могут использоваться при обработке черно-белых изображений, в некоторых странах, например в Японии, существуют пары различных дорожных знаков на трассах, которые, при конвертации в черно-белый формат, содержат одинаковое изображение. Чтобы была возможность различать их, необходима некоторая информация об их цвете[1]. Поэтому, некоторые авторы используют цветовые особенности для выделения интересующей области и заканчивают обработку методами, основанными на форме, чтобы обнаружить позицию знака и определить его геометрическую форму. Пример такой работы используется в [2] и с его результатами можно ознакомиться на рисунке 1.

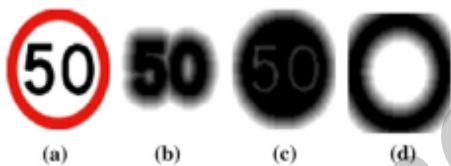


Рис. 1 – Метод цветового дистанционного преобразования: а - оригинальное изображение, б - выделены чёрные пиксели, с - выделены белые пиксели, d - выделены красные пиксели

Методы, основанные на обучении. Описанные ранее методы имеют ряд проблем, связанных с изменением освещения, частичным преграждением знаков, изменением их масштаба и угла поворота. Эти проблемы могут решаться при помощи машинного обучения, однако это требует большое количество аннотированных баз данных.

II. ОТКРЫТЫЕ НАБОРЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ

Немецкий сравнительный тест для обнаружения дорожного знака(GTSDB)[2]: набор данных для обнаружения одиночных знаков на изображении. Он состоит из 900 изображений формата 1360 x 800 пикселей, 600 из которых являются тренировочными и 300 – оценочными. Изображения разделены на три группы: предписывающие, предупреждающие и запрещающие знаки. Система позволяет проводить онлайн оценку с непосредственным анализом и рейтингом результатов.

Бельгийский набор данных дорожных знаков(BTSD)[3]: система содержит 10000 изображений, которые разделены на три группы: предписывающие, предупреждающие и запрещающие знаки. Система также содержит четыре видеопоследовательности, сделанные в Бельгии, которые могут использоваться для экспериментов.

Лаборатория для интеллектуальных и безопасных машин(LISA)[4]: набор данных, который содержит видеопотоки и аннотируемые изображения. Система состоит из 7855 изображений, содержащих 47 категорий дорожных знаков. Размер изображений варьируется в диапазоне от 640 x 480 до 1024 x 522 пикселей.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье мы представили обзор нескольких последних и эффективных методов в области обнаружения дорожных знаков. Методы обнаружения разделены на три категории: основанные на цвете, основанные на форме и основанные на обучении. Представленные методы достигают различного процента точности распознавания дорожных знаков и варьируются в диапазоне от 90 до 100%. Различные методы обладают теми или иными преимуществами и недостатками, каждые из которых проявляются при определённых условиях. Более высокой степенью распознавания обладают методы, основанные на машинном обучении, однако такие методы требуют больших объёмов данных для их обучения. Некоторые наборы данных, находящиеся в свободном доступе, были также представлены в данной статье. Несмотря на высокие показатели точности, методы обнаружения всё ещё далеки от использования в повседневной жизни и данная область хранит в себе высокий потенциал для исследований.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ruta A, Li Y, Liu X (2010) Real-time traffic sign recognition from video by class-specific discriminative features. *Pattern Recogn* 43(1):416–430.
2. Ruta A, Porikli F, Watanabe S, Li Y (2011) In-vehicle camera traffic sign detection and recognition. *Mach Vis Appl* 22(2):359–375.
3. Houben S, Stallkamp J, Salmen J, Schlipsing M, Igel C (2013) Detection of traffic signs in real-world images: The German Traffic Sign Detection Benchmark. In: *The 2013 international joint conference on neural networks (IJCNN)*, IEEE, pp 1–8.
4. Timofte R, Zimmermann K, Van Gool L (2009) Multi-view traffic sign detection, recognition, and 3d localisation. In: *Workshop on applications of computer vision (WACV)*, 2009, IEEE, pp 1–8.
5. Mogelmose A, Trivedi MM, Moeslund TB (2012) Learning to detect traffic signs: comparative evaluation of synthetic and real-world datasets. In: *21st International conference on pattern recognition (ICPR)*, 2012, IEEE, pp 3452–3455.