

УДК 625.7/.8

Смолянюк Р.В., канд. техн. наук

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ

Анотація. В статті розглянуті основні принципи і алгоритми розпізнавання дорожніх знаків. Визначено, що більшість алгоритмів призначено для розпізнавання типу знаку, але не дають можливості визначити стан знаку. Запропонована схема модифікації алгоритму розпізнавання і наведені попередні результати роботи вдосконаленого алгоритму, який дає можливість визначити стан дорожнього знаку.

Ключові слова: дорожні знаки, алгоритм, стан дорожнього знаку.

UDC 625.7/.8

Смолянюк Р.В., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF ROAD MARKS ALGORITHM REPORTS

Abstract. The article considers the basic principles and algorithms for recognizing road signs. It is determined that most of the algorithms are designed to recognize the type of the sign, but do not allow to determine the state of the sign. The proposed scheme for modification of the recognition algorithm and preliminary results of the work of the improved algorithm, which allows to determine the state of the road sign.

Keywords: road signs, algorithm, road sign status.

УДК 625.7/.8

Смолянюк Р.В., канд. техн. наук

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

Аннотация. В статье рассмотрены основные принципы и алгоритмы распознавания дорожных знаков. Определено, что большинство алгоритмов предназначено для распознавания типа знака, но не дают возможности

определить состояние знака. Предложенная схема модификации алгоритма распознавания и приведены предварительные результаты работы усовершенствованного алгоритма, который позволяет определить состояние дорожного знака.

Ключевые слова: дорожные знаки, алгоритм, состояние дорожного знака.

Вступ

Оцінка наявності та стану елементів, що відповідають за безпеку дорожнього руху повинна виконуватися декілька разів на рік. В розвинених країнах цей процес відбувається постійно, на кожний елемент (зокрема дорожній знак) існує відповідний запис в базі даних дорожньої служби, який може містити до сотні полів різної інформації, починаючи від виробника, м'яся і дати встановлення, закінчуючи останніми даними щодо стану елемента. В нашій країні такі роботи постійно виконуються в недостатньому обсязі, з огляду на постійний брак коштів. Для підвищення безпеки руху необхідно постійно контролювати стан і наявність дорожніх знаків. Знизити обсяг коштів на ці роботи можуть автоматизовані системи з елементами штучного інтелекту, що зможуть виявляти і виконувати оцінку стану дорожніх знаків.

Основна частина

Більшість алгоритмів розпізнавання призначені лише для детектування дорожніх знаків. Безпосередньо алгоритми не можуть визначити стан знаку, відмінність отриманого зображення знаку від еталонного. Тому для обстеження автомобільних доріг повинні використовуватися значно складніші алгоритми, здатні не тільки визначати дорожні знаки, а й визначати їх стан.

Дорожні знаки можуть бути істотно пошкоджені, на них наносять сторонні написи, внаслідок різних причин знаки можуть бути нестандартними і, навіть, виготовленими з підручних матеріалів (рис. 1). Тому для дорожньої служби однаково важлива інформація про наявність і про стан дорожнього знаку.

Статичний підхід розпізнавання дорожніх знаків або статистичний алгоритм розпізнавання (Static recognition approach) складається з кількох етапів:

- перетворення колірного простору;
- видалення шумів;
- знаходження контурів і фільтрація не потрібних контурів;
- ідентифікація контуру.



Рисунок 1 – Приклади нестандартних і пошкоджених знаків

Всі дорожні знаки України мають два загальних ознаки – колір і форму знака (згідно «Правил дорожнього руху» і міжнародних договорів, до яких входить Україна). Для даних знаків основним кольором використовується червоний і синій.

Для вилучення червоного або синього кольору з вхідного зображення використовується колірний простір HLS (Hue, Luminance and Saturation). Спочатку зображення конвертується з колірного простору «rgb» в «hls».



Рисунок 2 – Перетворення кольорового простору

Після перетворення кольорів виконуємо видалення червоного і синього кольору. Це призводить до того, що зображення стає фактично монохромним (чорно-білим), при чому всі об'єкти, що мали червоний або синій колір, стають білого кольору.



Рисунок 3 – Видалення червоного і синього кольорів

Наступним кроком є видалення «шумів» і знаходження контурів дорожніх знаків.



Рисунок 4 – Знаходження контурів, де може знаходитися знак та фільтрація контурів

Подальшим етапом є фільтрація і видалення непотрібних контурів. Будь-дорожній знак можна описати прямокутником, який матиме відповідні співвідношення сторін. Для даних типів знаків співвідношення сторін, враховуючи схильність або поворот знака, лежить в діапазоні від 0,7 до 1,3. Відповідно відфільтрувавши контури ми отримаємо потрібні нам контури.

Ідентифікація контуру відбувається шляхом порівняння контурів за шаблоном (Template Matching). Для кожного знака був зроблений шаблон, з яким порівнюється контур.

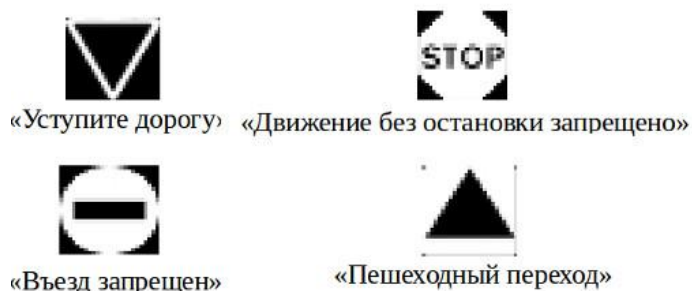


Рисунок 5 – Шаблони деяких знаків

В результаті порівняння ми отримуємо коефіцієнт збігу від 0 до 1. Якщо він більше 0,5 то можна говорити про те, що даний контур відповідає порівнюваному знаку.

Загальна схема цього алгоритму наведена нижче (рис. 6). Цей алгоритм був обраний тому, що з нього також можна отримати певним чином оцінку стану дорожнього знаку. Найпростіший спосіб – разом з підсумковою інформацією про тип дорожнього знаку видавати коефіцієнт збігу. Напевно, що віз знаходиться в залежності від стану знаку. Знаки з доброю видимістю та в гарному стані матимуть коефіцієнт, наблизений до 1.

Інший, більш складний спосіб – після ідентифікації знаку розраховувати співвідношення між кольорами еталонного і віднайденого знаку, виражаючи його у відсотках.

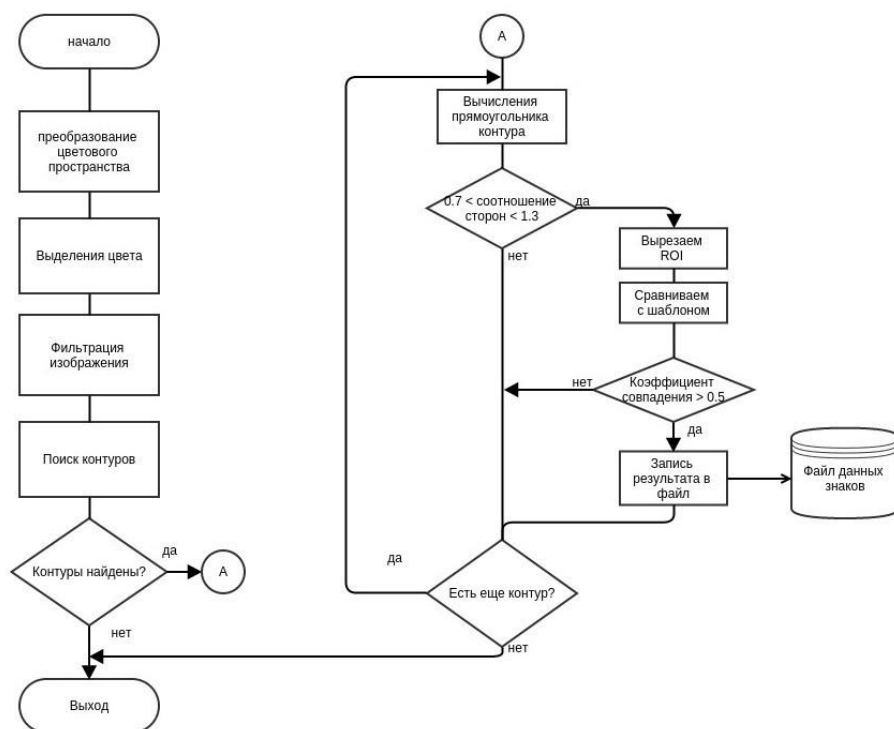


Рисунок 6 – Загальна схема алгоритму (з сайту <http://sidstudio.com.ua>)

Алгоритм пошуку дорожніх знаків за допомогою вейвлет перетворень Хаара та нейронних мереж. Даний алгоритм складається з наступних блоків:

- навчання каскаду для детектування;
- пошук знака;
- фільтрація отриманого результату;

На першому етапі формується навчається вибірка для виявлення дорожнього знаку. Для нормального навчання необхідно близько 1000

позитивної і 2000 негативної вибірки зображень. До позитивної вибірки відносяться дорожні знаки одного типу, вибрані з реального оточення. До негативної – ділянки фотографій на яких відсутній дорожній знак.

Для навчання класифікаторів використовувалася база зображень однотипних знаків, які були розмічені вручну і вирізані з реальних фотографій дорожніх знаків. Такий підхід досить трудомісткий, але дає кращі результати. Альтернативою є синтетична вибірка – штучно створені зображення знаків, спотворені різними способами.

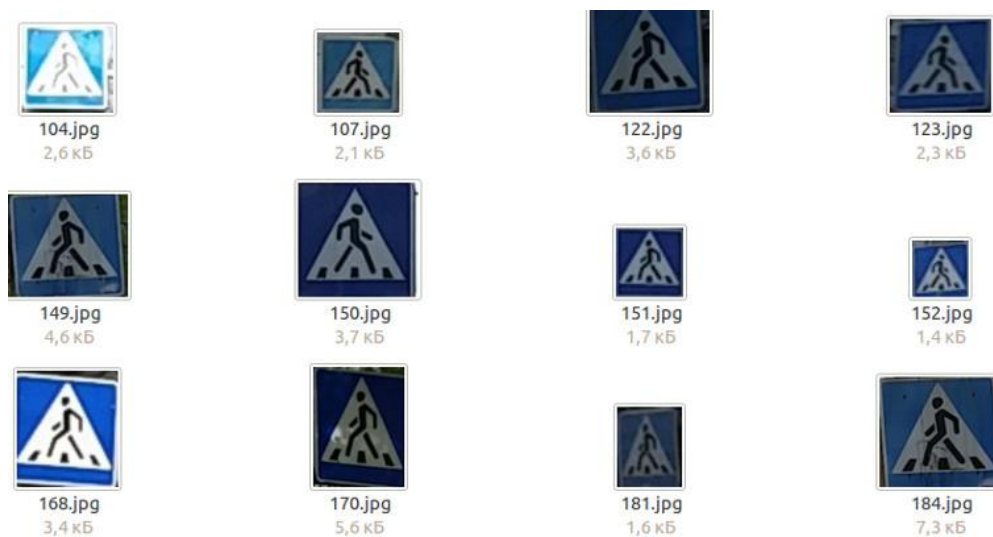


Рисунок 7 – Позитивна вибірка (з сайту <http://sidstudio.com.ua>)

Для навчання каскаду використовувалися утиліти з пакета OpenCv `opencv_createsamples` і `opencv_traincascade`. На першому етапі всі позитивні вибірки приводяться до одного загального обсягу. Для цього використовується утиліта `opencv_createsamples`. На виході ми отримуємо файл, в якому будуть лежати все зображення з розміром $h * w$.

Для отримання підсумкового каскаду використовується утиліта `opencv_traincascade`. На виході ми отримуємо підсумковий каскад, який використовується в подальшому для виявлення дорожнього знака.

При виявленні дорожнього знака виникають моменти коли сигнатура знака зустрічається в місцях, які не є знаком, оскільки даний метод працює з градацією сірого кольору.

Для видалення помилкового виявлення знака використовується пост обробка зображення. Для кожного типу знака перевіряється наявність контуру синього і червоного кольору.

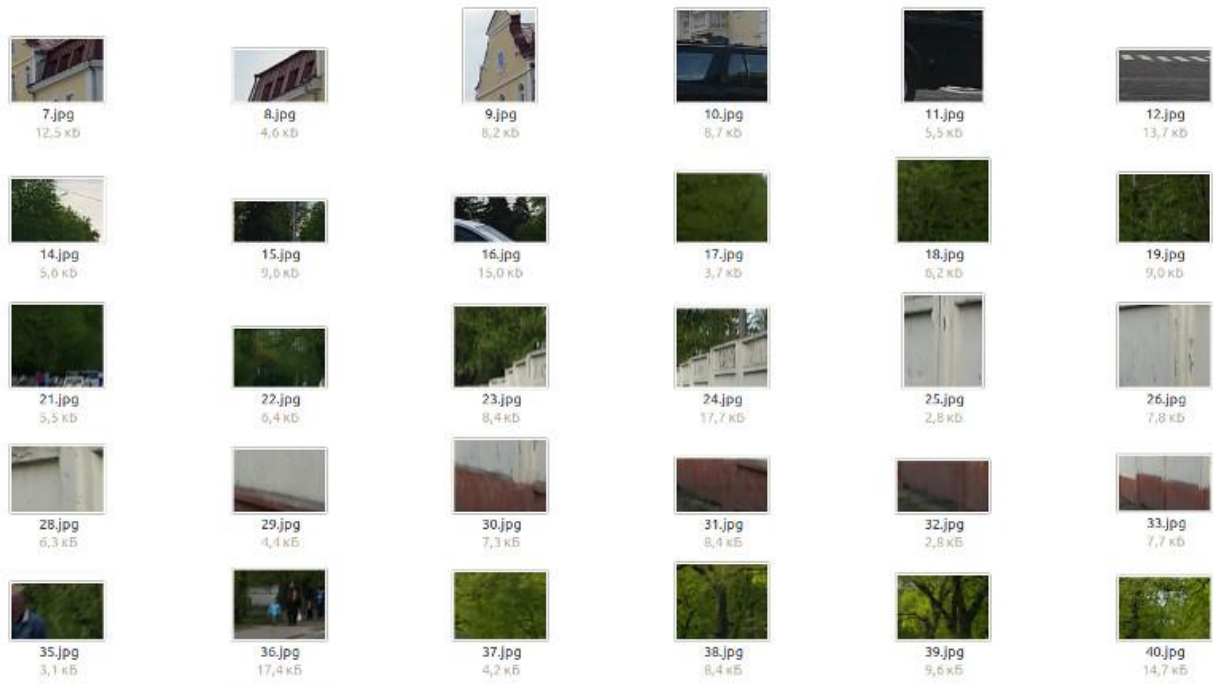


Рисунок 8 – Негативна вибірка (з сайту <http://sidstudio.com.ua>)



Рисунок 9 – Хибне спрацювання алгоритму

В разі використання цього алгоритму для аналізу стану дорожніх знаків можливий лише 1 варіант: кожне зображення знаку з позитивної вибірки повинне мати експертну оцінку стану знаку. В алгоритм необхідно ввести додаткову функцію, яка б повертала ім'я чи порядковий номер зображення, по якому спрацював алгоритм. Таким чином ми відразу дізнаємося про стан знаку.

Детектування дорожніх знаків. Для реалізації алгоритму, описаного в вище, використовувалася бібліотека OpenCV відкритого типу, яка може безкоштовно використовуватися в різних програмних продуктах. Програмний код був взятий з сайту «<http://sidstudio.com.ua>».

Окремі етапи реалізації алгоритму контролювалися в інших програмних продуктах. Так, наприклад за рекомендаціями з сайту «<http://sidstudio.com.ua>» для першого етапу перетворення кольорового простору використовувався графічний редактор ACD SEE. З його допомогою згідно рекомендацій були виконані перетворення. Як можна помітити в кольоровому діапазоні існує 2 ділянки, в яких знаходиться червоний колір. Це $0 < \text{Hue} < \sim 7-10$ і друга ділянка $\sim 165-168 < \text{Hue} < 180$.

Для синього кольору трохи простіше, він знаходиться в одному діапазоні від 100 до 130 ($\sim 100 < \text{Hue} < \sim 130$) (рис. 10).

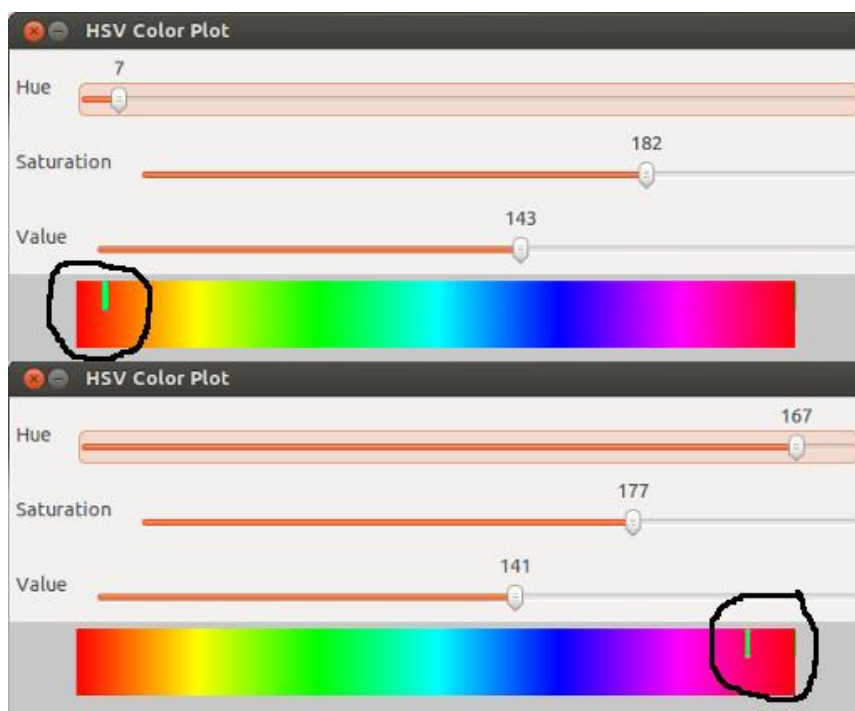


Рисунок 10 – Кольоровий діапазон HSV

Після перетворення в графічному редакторі картинка виглядала наступним чином (рис. 11).



Рисунок 11 – Перетворення кольору в графічному редакторі

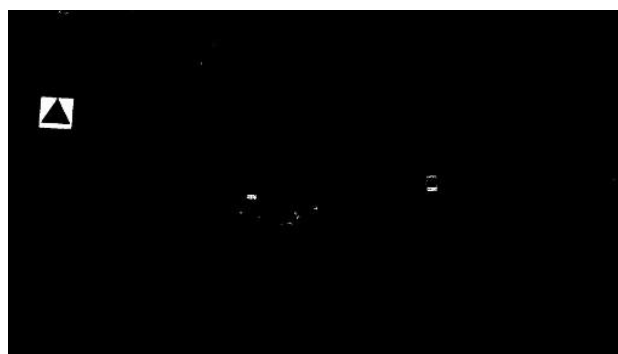


Рисунок 12 – Зображення з видаленим кольором

За результатами роботи алгоритму отримані зображення були такі самі, як і в графічному редакторі.

Результати детектування знаків наступні (кількість визначених знаків):

- знак «Дати дорогу», 2.1 – від 72 до 90 %;
- знак «Головна дорога» 2.3 – від 65 до до 85 %.

Інших знаків була значно менша вибірка. Результати наступні: знак «Проїзд без зупинки заборонено» 2.2 – 12 з 16; «Пішохідний перехід» – 21 з 27.

Висновки

1. В роботі виконаний аналіз існуючих способів визначення наявності і виду дорожнього знаку за його зображенням. Проаналізований досвід створення різних алгоритмів і результатів їх роботи.

2. За результатами виконаного аналізу літературних і електронних джерел виділено 2 найбільш перспективних алгоритми з детектування дорожніх знаків на зображеннях.

3. Жоден з обраних алгоритмів не передбачає оцінку стану дорожнього знаку. Запропоновано внести зміни в алгоритми для реалізації такої можливості.

4. Експериментально досліджені запропоновані алгоритми на даних, отриманих кафедрою будівництва та експлуатації автомобільних доріг та на даних, доступних з вільних джерел.

Література

1. Koschan, A. Digital Color Image Processing / A. Koschan, M. A. Abidi, //, ISBN 978-0-470-14708-5. – 2008. – 376 P.
2. Travis, D. Effective Color Displays Theory and Practice // Academic Press, ISBN 0-12-697690-2. – 1991. – 328 P.
3. Якимов, П.Ю. Предварительная обработка цифровых изображений в системах локализации и распознавания дорожных знаков // журнал Компьютерная оптика. – Самара, 2013. – Том 37 № 3. – с. 401-405.
4. Yakimov P.Y. Traffic signs detection using tracking with prediction // Communications in Computer and Information Science, Colmar; France, 20 - 22 July 2015. Colmar; France: Publisher: Springer Verlag, 2016. No.V. 585. P. 454-467.
5. Якимов П.Ю. Распознавание дорожных знаков в реальном времени с использованием мобильного ГПУ // Самара, Россия, 17-19 мая. Самара, Россия: Институт систем обработки изображений РАН, 2016. С. 977-982.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Nahaichuk V.M. Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **10.09.2017 р.**