

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВІДЕОДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Смолянюк Р.В. к.т.н., доцент  
Харківський національний автомобільно-дорожній  
університет  
*rovlsm@yahoo.com*

Валенко О.О., ст. гр. Д-51-17маг  
Харківський національний автомобільно-дорожній  
університет

На сьогодні, як і багато років тому, одними з основних засобів організації дорожнього руху залишаються дорожні знаки. Велика кількість дорожніх знаків викликає певні проблеми з точки зору їх обслуговування. Дорожні знаки можуть бути втрачені, знаходиться в неналежному стані, застаріти або можуть бути зайві дорожні знаки, забуті дорожниками після виконання ремонтних робіт та інші причини. Тому необхідний постійний контроль наявності і стану дорожніх знаків. Для цього було розроблено ряд систем для відеодіагностики автомобільних доріг.

Загальним недоліком сучасних відео систем є те, що вони все одно потребують великої людської праці, що полягає у перегляді отриманих зображень, реєстрації і оцінки дорожніх знаків.

У зв'язку з стрімким розвитком обчислювальної техніки з'явилася можливість створювати мобільні системи технічного зору, здатні детектувати і розпізнавати об'єкти в режимі реального часу за їх зображеннями.

Завдання виявлення і розрізнення дорожніх знаків полягає в виділенні дорожнього знака на зображеннях, отриманих з встановленою в передньої частини автомобіля камери, і його подальшої класифікації. Перша спроба описати подібну технологію була зроблена в 1984 році в статті [1], опублікованій в Японії. В останні роки почали з'являтися комерційні зразки

інтелектуальних систем автомобільної безпеки, що включають розпізнавання дорожніх знаків. Наприклад, «Opel Eye» компанії Opel, «Speed Limit Assist» від компанії Mercedes-Benz, «Traffic Sign Recognition» компанії Ford та інші. Більшість з них, однак, націлене на детектування і розпізнавання тільки деяких типів дорожніх знаків: знаків обмеження швидкості руху та знак «обгін заборонений».

Розпізнавання дорожнього знака зазвичай відбувається в два етапи: детектування знака і подальше розпізнавання. На етапі детектування зображення обробляється для поліпшення його якості і піддається сегментації відповідно з такими ознаками дорожнього знака як колір і геометрична форма. Результатом етапу виявлення є зображення із зазначеними областями інтересу, які придатні для подальшого розпізнавання дорожнього знака.

На етапі розрізнення дорожнього знака виділені області інтересу класифікуються, і здійснюється пошук відповідності цих об'єктів еталонним зображенням дорожніх знаків, що зберігаються в системі. Вибір методу розпізнавання дуже сильно залежить від результатів детектування.

Більшість існуючих алгоритмів 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).



Рисунок 1 – Приклади нестандартних і пошкоджених знаків

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.

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.

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.

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

Подальшим етапом є фільтрація і видалення непотрібних контурів. Будь-який 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.

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.

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, наближений до 1.

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

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;

В якості вихідних даних для виконання досліджень були використані результати обстежень автомобільних доріг, отримані співробітниками кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг.

Аналіз відео даних, отриманих під час обстеження автомобільних доріг у 2007-2010 роках за допомогою першого варіанту відео системи дозволив зробити висновок, що такі дані мало придатні для роботи вище наведених алгоритмів і дають велику похибку при використанні систем машинного зору.

Тому основна увага була приділена даним отриманим за допомогою системи «ВіДІО». Найбільший обсяг таких даних був отриманий під час обстеження автомобільних доріг Кіровоградської області.

Також були використані дані, отримані системою «ВіДІО» під час поїздок по вулицях міста Харкова та по кільцевій дорозі.

Для реалізації алгоритму, описаного вище, використовувалася бібліотека OpenCV відкритого типу, яка може безкоштовно використовуватися в різних програмних продуктах. Програмний код був взятий з сайту [«http://sidstudio.com.ua»](http://sidstudio.com.ua).

Окремі етапи реалізації алгоритму контролювалися в інших програмних продуктах. Так, наприклад за рекомендаціями з сайту [«http://sidstudio.com.ua»](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 ( $\sim 100 < \text{Hue} < \sim 130$ ).

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.

Загалом можна сказати, що точність складає близько 70 %. З оцінкою знаку виникли значні труднощі. За запропонованими методами вдалося дати оцінку знаку лише за ідеальних умов: доброї видимості, яскравого освітлення, відсутності перешкод.

Точність ідентифікації знака залежить від точності ідентифікації контуру знака. Якщо знак хоча б частково перекритий, освітлений нерівномірно, контур буде віднайдений не вірно, і метод не працює. До того ж колір знака може співпасти з кольором фону. У таких випадках віднайти знак майже неможливо. Особливо це позначається на детектуванні інформаційних і наказових знаків. При певному освітленні їх колір наближається до кольору неба, тому їх визначити досить важко.

Для реалізації алгоритму пошуку дорожніх знаків за допомогою вейвлет перетворень Хаара та нейронних мереж також використовувалася бібліотека OpenCV відкритого типу.

Для вдалої роботи цього алгоритму необхідно мати велику вибірку зображень (негативну і позитивну). За свідченнями деяких авторів вибірка може досягати 10 Гб. В такому випадку точність детектування знаків істотно

збільшується. За короткий час неможливо створити таку вибірку. Тому ми використовували вибірку з сайту <http://sidstudio.com.ua>, та додавали власні зображення, отримані за результатами обстеження доріг кафедрою будівництва та експлуатації автомобільних доріг та з зображень «Google Street View».

Окремою перевагою цього алгоритму є можливість одночасно з результатом (видом знака) отримувати номер зображення (ім'я файлу), за яким він спрацював. Тому під час формування позитивної вибірки кожному зображенню знака була надана відповідна оцінка в балах, згідно рекомендацій, розроблених кафедрою будівництва та експлуатації автомобільних доріг, яка була додана до імені файлу. Наприклад XX\_5.jpg, де 5 – оцінка стану знаку в балах. За результатами експериментальних досліджень точність визначення складала не менше 90 %. Точність визначення дорожніх знаків може бути істотно підвищена по мірі накопичення даних і збільшення об'єму позитивної і негативної вибірки, що однозначно дозволяє рекомендувати цей алгоритм для оцінки стану дорожніх знаків.

### Література

1. Abramczuk, T. A microcomputer based TV detector for road traffic // Symp. on Road Research Program, Traffic Bureau, National Police Agency of Japan, Tokyo, Japan, 1984.
2. Koschan, A. Digital Color Image Processing / A. Koschan, M. A. Abidi, //, ISBN 978-0-470-14708-5. – 2008. – 376 P.
3. 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