

УДК 656.05

*С. Г. СЕЛЕВИЧ*, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ»**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ**

Виконано огляд color-based, shape-based та machine learning підходів до ідентифікації дорожніх знаків у системах розпізнавання дорожніх знаків TSR. Виділено перелік та наведені приклади факторів, що впливають на достовірність розпізнавання. Пропонується логіка використання бази даних GPS координат та назв дорожніх знаків разом із системою GPS навігації та подальшим застосуванням модифікацій перетворень Хаффа для підвищення ефективності розпізнавання. Наведені атрибути класифікації результатів розпізнавання дорожніх знаків.

**Ключові слова:** розпізнавання дорожніх знаків, TSR, перетворення Хаффа, класифікація, GPS.

**Вступ.** Запорукою безпеки усіх учасників дорожнього руху, незалежно від його інтенсивності та умов, є своєчасне та гарантоване відстеження дорожніх знаків водієм. За останні роки було створено чимало передових систем підтримки водія (ADAS), складовою яких є система розпізнавання дорожніх знаків (TSR). Система TSR, як правило, здатна розпізнавати важливі для водія дорожні знаки (обмеження швидкості руху, обгін заборонено, тощо) інформувати про небезпеку зіткнення із автомобілем або пішоходом, попереджати про з'їзд зі смуги руху та керувати ввімкненням дальнього світла [1]. Система застосовує одну або більше відеокамер для отримання зображення та у режимі реального часу здійснює його обробку з метою виділення дорожніх знаків або інших факторів. Незважаючи на застосування потужних процесорів та новітніх інформаційних технологій достовірне розпізнавання знаків все ще залишається складною проблемою внаслідок специфічних труднощів[2]. В той же час використання мобільних пристроїв, таких як сучасні смартфони, для вирішення задачі ідентифікації дорожніх знаків дає можливість підвищити рівень безпеки руху для водіїв транспортних засобів, обладнання яких системами TSR не є можливим на теперішній час з економічних міркувань.

**Огляд підходів до ідентифікації дорожніх знаків.** Чим ближче результати досліджень наближаються до комерційних програм, тим завдання системи стає більш складним. У сучасній системі TSR проблема є не в тому, як ефективно виявляти і розпізнавати дорожні знаки у одному зображенні, а в тому як надійно обробити відеопотік без будь-яких помилкових спрацьовувань, при цьому використовуючи відносно дешеві датчики доступні в масовому виробництві. Так методи ідентифікації дорожніх знаків діляться на три категорії[3]: методи, в основу яких покладено кольоровий аналіз(color-based); методи, в основу яких покладено аналіз форми знаку(shape-based) і методи, засновані на машинному навчанні(machine learning).

У основу color-based методів покладено виявлення областей зображення, що містять необхідну сукупність кольорів, використовуючи при цьому порогові значення (threshold)[4] або більш складні засоби сегментації зображень[5]. Основна проблема таких методів полягає в тому, що колір має тенденцію бути ненадійним насамперед в залежності від умов освітлення та, як і для інших методів, внаслідок погодних умов.

Серед shape-based методів найпоширеніший підхід полягає у використанні певної форми перетворення Хаффа. Так у [6] використовується багатокутний детектор, заснований на швидкому симетричному радіальному перетворенні із передуючим обчисленням величини градієнту. Також використовуються підходи, засновані на виявленні кутів у зображенні із послідовним пошуком шаблону відповідності. У [7]














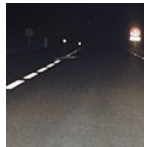






© С.Г. Селевич, 2015

запропоновано детектор трикутних або чотирикутних знаків шляхом застосування перетворення Харріса з метою виділення відповідних областей із подальшим пошуком кутів у контрольних областях зображення. Такі методи доцільно застосовувати для ідентифікації знаків заздалегідь відомої форми.

Серед machine learning детекторів слід виділити представлений у [8] каскадний класифікатор, що об'єднує набір простих прямокутних функцій відмінностей сум окремих пікселів зображення (Нагг-подібний класифікатор) у одну складну (AdaBoost). Як правило з метою реалізації вказаних алгоритмів використовуються спеціалізовані бібліотеки EmguCV та OpenCV.

Незалежно від підходу до розпізнавання, мають місце ряд факторів, що впливають його достовірність. Основні такі фактори у порядку зменшення значущості наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Фактори, що впливають на достовірність розпізнавання

Фактор	Приклади			
Погодні умови				
Незадовільний фізичний стан знаку				
Фізичні перешкоди				
Умови освітлення (день/ніч/стороння підсвітка)				
Набір знаків				
Швидкість руху	-	-	-	-

**Застосування GPS-координат дорожніх знаків.** Перші пропозиції щодо спільного використання та обміну інформацією між системою навігації та системою TSR наведені у [9]. Разом із тим у [10] запропоновано використовувати систему TSR для збору інформації про GPS-координати дорожніх знаків з метою подальшого їх збереження у відповідній базі даних.

Наявність інформації щодо вірогідного розміщення того чи іншого знаку вздовж руху транспортного засобу дає не лише можливість скоригувати маршрут з урахуванням ПДР, а й, в деяких випадках, звести задачу ідентифікації з набору знаків до задачі пошуку конкретного знаку на відображенні, що вочевидь призводить до збільшення швидкодії та вірогідності вірного розпізнавання знаків системою TSR.

Одною з можливих реалізацій вказаної логіки є використання конкретної модифікації перетворення Хаффа для пошуку знаку однієї з відповідних форм: трикутник, ромб, коло, восьмикутник.

Перевагою такої реалізації є можливість інформування водія про можливу наявність знаку навіть за умови перешкод або складних погодних умов, які не дозволяють достовірно ідентифікувати знак.

Слід відзначити, що GPS приймачем та трекером обладнані як системи TSR, так і сучасні смартфони, які характеризуються меншою швидкістю, однак обладнані засобами зв'язку для доступу до актуальної бази даних.

**Критерії оцінки ефективності розпізнавання.** В умовах наявності набору технічних засобів, що виконують однотипну функцію гостро стає питання про порівняння їх ефективності [11]. З метою формалізації процедури порівняння у таблиці 2 наведена ієрархічна класифікація можливих результатів розпізнавання.

Таблиця 2 – Ієрархічна класифікація результатів розпізнавання

Код	Атрибут класифікації	Пояснення
1.	Вірно	Знак присутній і TSR визначила його правильно
1.2	Кілька	Про один знак сигналізовано кілька разів
2.	Пропуск	Знак присутній, а TSR система не визначила його
2.1	Незадовільний фізичний стан	Знак знаходиться в незадовільному стані
2.2	Погодні умови	Наявність поганих погодних умов
2.3	Фізичні перешкоди	Знак заходить позаду перешкоди
3.	Помилка невідповідність	TSR система сплутала один знак із іншим
3.1	Незадовільний фізичний стан	Знак знаходиться в незадовільному стані
3.2	Погодні умови	Наявність поганих погодних умов
3.3	Фізичні перешкоди	Знак заходить позаду перешкоди
3.4	Набір знаків	Кілька знаків встановлені на одній конструкції поряд
4.	Помилка немає знаку	Знак відсутній, а система TSR його визначила
4.1	Кілька (невірно)	Про знак сигналізовано кілька разів, при цьому знак був присутній лише протягом першого сигналу
4.2	Вантажівка	Зображення знаку обмеження швидкості знаходиться на кузові вантажівки

Так до класифікації увійшли випадки ідентифікації знаків, що знаходяться на кузові вантажівок. Випадки пропуску або помилки у ідентифікації додатково розділені з урахування їх причин. При цьому передбачається що порівняння результатів здійснюється з дотриманням однакових швидкості руху та умов освітлення.

**Висновки.** Запропонована логіка використання бази даних координат дорожніх знаків для пришвидшення процедури ідентифікації. Наведена класифікація результату роботи системи TSR дає змогу в подальшому отримати статистичні показники ефективності розпізнавання та причин помилок.

**Список літератури:** 1. *Mobileye 560*. – Режим доступу : <http://www.mobileye.com/products/mobileye-5-series/mobileye-560/>. – Дата звертання : 03 грудня 2014. 2. *Štefan Toth*. Usage Smartphones for Traffic Sign Recognition and Data Acquisition // (Information and Communication Technologies - International Conference, 2013. – Режим доступу : <http://www.ictic.sk/archive/?vid=1&aid=2&kid=50201-94>. – Дата звертання : 20 грудня 2014. 3. *K. Brkic*. An overview of traffic sign detection methods // Department of Electronics, Microelectronics, Computer and Intelligent Systems Faculty of Electrical Engineering and Computing, 2010. 4. *S. Varun, S. Singh, R. S. Kunte, R. D. S. Samuel, and B. Philip*. A road traffic signal recognition system based on template matching employing tree classifier // Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA 2007). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. – 2007. – с. 360–365. 5. *A. Broggi, P. Cerri, P. Medici, P. Porta, and G. Ghisi*. Real time road signs recognition Intelligent Vehicles Symposium. – 2007. – с. 981–986 6. *G. Loy*. Fast shape-based road sign detection for a driver assistance system // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems – 2004. – с. 70–75. 7. *C. Paulo, P. Correia*. Automatic detection and classification of traffic signs // Image Analysis for Multimedia Interactive Services, 2007 WIAMIS '07. 2007. 8. *P. Viola, M. Jones*. Robust real-time object detection // International Journal of Computer Vision Volume 57, Issue 2 – 2004. – с. 137-154. 9. *Janssen H*. Method and device for traffic sign recognition and navigation // US 6560529 B1 – 2003. 10. *E. Kršák, Š. Toth*. Traffic Sign Recognition and Localization for Databases of Traffic Signs // Acta Electrotechnica et Informatica, Vol. 11, No. 4. – 2011. – с. 31-35. 11. *Marenco. D., Magneti Marelli, Ghisio G., Monchiero G*. A validation tool for traffic signs recognition systems // Intelligent Transportation Systems. – 2009. – с. 426-431

**Bibliography (transliterated):** 1. *Mobileye 560*. – Web : <http://www.mobileye.com/products/mobileye-5-series/mobileye-560/>. – 03 December 2014. 2. *Stefan Toth*. Usage Smartphones for Traffic Sign Recognition and Data Acquisition // (Information and Communication Technologies - International Conference, 2013. – Web : <http://www.ictic.sk/archive/?vid=1&aid=2&kid=50201-94>. – 20 December 2014. 3. *K. Brkic*. An overview of traffic sign detection methods // Department of Electronics, Microelectronics, Computer and Intelligent Systems Faculty of Electrical Engineering and Computing, 2010. 4. *S. Varun, S. Singh, R. S. Kunte, R. D. S. Samuel, and B. Philip*. A road traffic signal recognition system based on template matching employing tree classifier / Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA 2007). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. – 2007. – pp. 360–365. 5. *A. Broggi, P. Cerri, P. Medici, P. Porta, and G. Ghisi*. Real time road signs recognition Intelligent Vehicles Symposium. – 2007. – pp. 981–986 6. *G. Loy*. Fast shape-based road sign detection for a driver assistance system // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems – 2004. – pp. 70–75. 7. *C. Paulo, P. Correia*. Automatic detection and classification of traffic signs // Image Analysis for Multimedia Interactive Services, 2007 WIAMIS '07. 2007. 8. *P. Viola, M. Jones*. Robust real-time object detection / International Journal of Computer Vision Volume 57, Issue 2 – 2004. – pp. 137-154. 9. *Janssen H*. Method and device for traffic sign recognition and navigation // US 6560529 B1 – 2003. 10. *E. Kršák, Š. Toth*. Traffic Sign Recognition and Localization for Databases of Traffic Signs / Acta Electrotechnica et Informatica, Vol. 11, No. 4. – 2011. – pp. 31-35. 11. *Marenco. D., Magneti Marelli, Ghisio G., Monchiero G*. A validation tool for traffic signs recognition systems / Intelligent Transportation Systems. – 2009. – pp. 426-431

*Надійшла (received) 19.02.2015*