

Головацький І.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Корнага Я.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ
ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ**

На сьогоднішній день інтелектуальні системи стають все більш популярними завдяки тому, що мають досить великий спектр свого застосування та є ефективними в багатьох галузях. Інтелектуальні системи дедалі більше стають надійними помічниками для людей та допомагають у процесі прийняття деяких рішень. В більшості випадків інтелектуальні системи приймають рішення на основі аналізу значної кількості даних швидше, ніж це б зробила людина. Вагоме місце інтелектуальні системи зайняли в автомобілях, де вже розроблено багато систем допомоги водіям, які допомагають останньому приймати рішення в режимі реального часу.

За даними Американської національної адміністрації безпеки автомобільних доріг, головна причина аварій транспортних засобів – це людська помилка. Серед усіх можливих типів помилок, які залежать від водія, найчастішими та критичнішими є помилки прийняття рішень в аварійній ситуації, маленька швидкість реакції в стресовій ситуації та проблеми з розпізнаванням елементів дорожнього руху. На основі цих даних можна зробити висновок, що людство потребує технології, які б могли в автоматичному режимі уникати аварій або ж надавати водію достатньо інформації, щоб попередити їх.

У статті буде розглянуто роботу інтелектуальної системи розпізнавання елементів дорожнього руху за допомогою алгоритмів машинного навчання та нейронних мереж. Також буде проведено аналіз наявних проблем та складнощів в існуючих методах розпізнавання елементів та порівняння їхніх характеристик точності та швидкодії, переваг та недоліків. Загалом у статті буде розкрито питання призначення та доцільності використання нейронної мережі та представлена програмна реалізація системи за допомогою мови програмування C# та бібліотеки Accord.NET, основними вимогами якої є прийнятна точність розпізнавання, можливість використання відео потоку в якості вхідних даних, знайдені елементи повинні бути інтуїтивно виділені серед інших елементів, простота в налагодженні. Окремо було приділено увагу локальним результатам експериментів, що дають уявлення про характеристики запропонованої системи та зроблені висновки.

Ключові слова: інтелектуальна система, нейронна мережа, машинне навчання, алгоритм, комп'ютерний зір, дорожній рух.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день автомобілі із вдосконаленими системами допомоги водіям є дуже поширеними. За останні два десятиліття було розроблено багато систем допомоги водіям. Наприклад, навігація по GPS (глобальній системі позиціонування) – це найпопулярніша технологія, яка існує з 1990-х років. Існують також інші системи допомоги водіям, які були розроблені в останні роки, включаючи адаптивний круїз-контроль, адаптивні фари ближнього світла з автоматичним регулюванням кута нахилу для уникання осліплення інших водіїв, автоматична система екстреного гальмування та інші. Мета цих систем – зробити дороги безпечнішим місцем для транспортних засобів та пішоходів. Однак ці сис-

теми практично не приділяють уваги чинникам які впливають на дії та рішення водія, а саме – дорожнім знакам та іншим елементам дорожнього руху. Дуже часто водії, рухаючись уже знайомими ділянками дороги не приділяють уваги дорожнім знакам, що може спричинити аварію у випадку зміни схеми руху. У випадку, якщо водій не помітив деякі дорожні знаки, це сильно впливає на його стиль водіння, що може призвести до аварії.

Зазвичай автомобілі з досконалими системами допомоги водіям є дуже дорогими, тому не кожна людина може дозволити собі їх купити. Ці обставини підкреслюють необхідність в інтелектуальних системах розпізнавання елементів дорожнього руху задля інформування водія.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розпізнавання дорожніх знаків складається з 2 етапів, перший – це виявлення дорожнього знаку на деякій вхідній картинці, що включає в себе виявлення області ймовірного розташування знаку та її розмірів. Другий етап – це процес розпізнавання дорожніх знаків, основна мета якого – класифікація, який саме дорожній знак було виявлено. Розпізнавання дорожніх знаків зазвичай базується на властивостях форми знаку та кольору (наприклад, інформаційні знаки є зазвичай синіми).

На другому етапі зазвичай використовують нейронні мережі або метод опорних векторів. Розпізнавання дорожніх знаків за допомогою кольору є найбільш простим методом [1-4]. Простір кольорів RGB є дуже чутливим до освітлення, тому в таких алгоритмах часто використовують алгоритми конверсії кольору, наприклад в роботі [5] було використано сегментування картини за складниками U та V в просторі кольору YUV та було досягнуто точності розпізнавання 82%. Для розпізнавання елементів дорожнього руху за допомогою форми часто використовують трансформацію Хафа. Так, у роботі [6] автори використовували трансформацію Хафа для кіл для розпізнавання круглих дорожніх знаків, а для розпізнавання трикутних знаків – трансформацію Хафа для розпізнавання прямих ліній.

Постановка завдання. Розробити інтелектуальну систему розпізнавання елементів дорожнього руху, що складатиметься з програмного додатка, який буде отримувати відео потік для розпізнавання та проводити класифікацію на ньому дорожніх знаків із прийнятною точністю. Головне завдання інтелектуальної мережі – розпізнавання елементів дорожнього руху на відео.

Розробка системи розпізнавання знаків дорожнього руху є складним завданням. Є дуже багато факторів, які можуть стати причиною низької точності та повноти системи розпізнавання знаків дорожнього руху. В загальному проблеми будь-якої системи розпізнавання об'єктів можна розділити на такі групи: недостатня освітленість об'єкту, деформовані або пошкоджені знаки та оптичні ефекти, розмитість та освітленість, що мають місце в поганих погодних умовах та можуть зменшувати точність то повноту алгоритму розпізнавання та ідентифікації.

Інтелектуальна система розпізнавання елементів дорожнього руху складається з двох послідовних етапів: фаза розпізнавання та фаза класифікації елементу. Запропонована інте-

лектуальна система розпізнавання елементів дорожнього руху використовує алгоритм HOG (Гістограма орієнтованих градієнтів) для розпізнавання елементів дорожнього руху на картинці. Характеристики алгоритму засновані на оцінці добре нормалізованих локальних гістограм орієнтацій градієнта зображення в щільній сітці. HOG алгоритм має високі показники швидкодії та точності, оскільки алгоритм не залежить від орієнтації об'єкту та більш ефективний при розпізнаванні погано освітлених об'єктів. Такі види характеристик мають відмінні показники порівняно з іншими алгоритмами. Авторі розділяють реалізацію алгоритму дескрипторів HOG на чотири різні етапи: нормалізацію зображення, розрахунок градієнта, встановлення орієнтації елемента та блоки нормалізації. На рис. 1 представлена схема реалізації алгоритму.

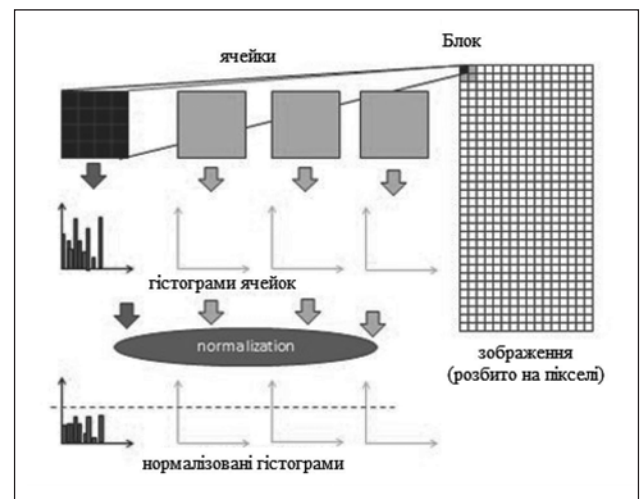


Рис. 1. Схема реалізації HOG алгоритму

Нормалізація приносить більше інваріантності змінам освітлення, затіненню та контрастності. Оскільки діапазон варіацій градієнта великий, ефективна локальна нормалізація контрасту є критичною для підвищення продуктивності системи. Запропонована схема нормалізації ґрунтується на групуванні комірок у більші блоки з наступним кроком нормалізації контрасту кожного блоку окремо. Після блокової нормалізації всі гістограми можуть бути об'єднані в один вектор, який використовується для подальшого розпізнавання елементу.

В інтелектуальній системі було використано метод опорних векторів (SVM). SVM – це дискримінаційна класифікація, формально визначена роздільною лінією. Тобто, для деякого навчального набору даних цей метод дає оптимальну лінію, яка розділяє різні класи елементів,

тим самим класифікуючи нові елементи. Цей метод класифікації є високоточним та надзвичайно швидким для значної кількості навчальних даних, що і обумовило вибір теми роботи. SVM – це бінарний класифікатор, який розділяє два різних класи елементів за допомогою підмножини зразків даних, які називаються опорними векторами. Приклад класифікації двох типів зразків у двовимірному просторі проілюстровано на рис. 2. Квадрати та кола представляють два різних типи зразків.

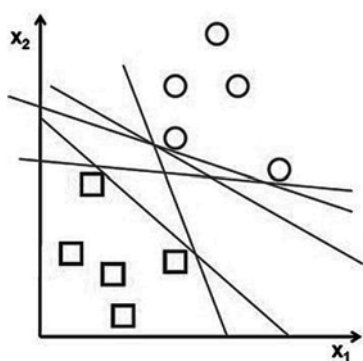


Рис. 2. Варіанти розподілу класів, в результаті SVM алгоритму

Приклад показує, як позитивні та негативні елементи розділені за декількома лініями поділу (або площинами, якщо розглядати у трьох вимірному просторі). Можна вибрати дві паралельні прямі, щоб розділити дані. Відстань між двома граничними прямими робиться максимально можливою. Ці прямі можна визначити наступним чином:

$$\bar{w} * \bar{x} + b = 1 \quad (1.1)$$

$$\bar{w} * \bar{x} + b = -1 \quad (1.2)$$

Для того, щоб максимально збільшити відстань між граничними лініями, слід мінімізувати $\|\bar{w}\|$. Також потрібно знайти лінію, що лежить посередині між двома визначеними граничними лініями. Якщо лінія проходить занадто близько до точок, вона буде чутливою до шуму, і це не буде вдалим вибором для класифікації двох класів. Тому наша мета – знайти лінію, яка є максимально далекою від усіх точок. Алгоритм SVM заснований на визначенні прямої, який дає найбільшу мінімальну відстань до навчальних даних. У теорії SVM ця відстань називається запасом.

Для розробки програмного забезпечення було використано бібліотеку Accord.NET Framework

з загальною реалізацією підходів до машинного навчання. Для розробки інтерфейсу користувача було використано Windows Forms технологію. Accord.NET Framework – це система машинного навчання NET, поєднана з бібліотеками обробки аудіо та зображень, повністю написаними на C #.

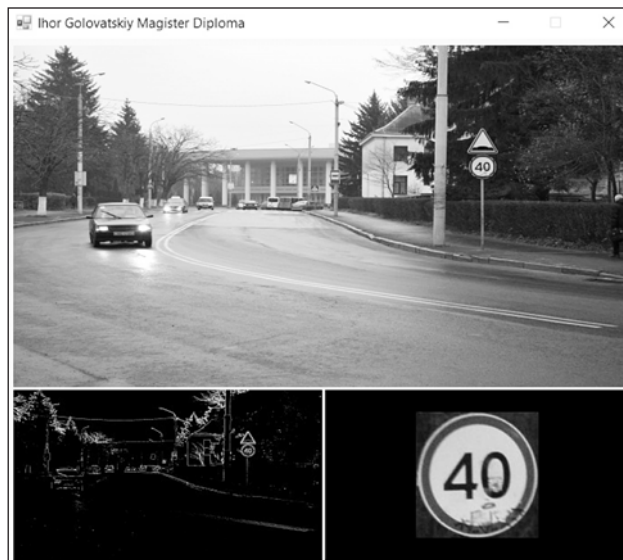


Рис. 3. Програмна реалізація інтелектуальної системи

Результати експериментів. Інтелектуальна система була протестована на 3 500 кадрах. Серед цих кадрів з'явилось 1806 знаків руху. Для обрахунку результатів експерименту було представлено два значення в табл. 1 та табл. 2, відсоток точності розпізнавання (DR) та FPPF (false positive per frame) – кількість неправильно визначених знаків відносно загальної кількості знаків, які визначенні наступною формулою:

$$DR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$FPPF = \frac{FP}{F} \quad (3)$$

Де TP – кількість правильно розпізнаних об'єктів (об'єкт був на картинці та був правильно розпізнаний), FN – кількість не розпізнаних об'єктів на картинці де не було об'єкту, FP – кількість нерозпізнаних об'єктів, коли об'єкт дійсно був присутній на картинці та F – кількість вхідних картинок.

Таблиця 1

Результати точності розпізнавання та характеристик системи

	DR	FPPF
Запропонована інтелектуальна система	0.96	0.01

Таблиця 2

Сумарні результати розпізнавання

Кількість знаків	1 806
Кількість правильно розпізнаних знаків	1 774
Кількість неправильно розпізнаних знаків	32

Висновки. Проведений аналіз існуючих алгоритмів, методів, підходів до розпізнавання елементів на картинці, на основі чого було запропоновано

інтелектуальну систему розпізнавання елементів дорожнього руху, яка дає точність розпізнавання 96% на тестовому наборі даних. Завдяки високій швидкодії системи забезпечується її робота в режимі реального часу. Збільшувати точність розпізнавання системи можна за рахунок більшого вхідного набору даних, який використовувався для навчання системи. Ця інтелектуальна система може використовуватись у сферах, пов'язаних з автомобільним транспортом.

Список літератури:

1. Soendoro W.D., Supriana I. Traffic sign recognition with Color-based Method, shape-arc estimation and SVM; Proceedings of the 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics; Bandung, Indonesia. 17–19 July 2011.
2. Li H., Sun F., Liu L., Wang L. A novel traffic sign detection method via color segmentation and robust shape matching. Neurocomputing. 19 July 2013.
3. Bahlmann C., Zhu Y., Ramesh V., Pellkofer M., Koehler T. A system for traffic sign detection, tracking, and recognition using color, shape, and motion information; Proceedings of the 2005 IEEE Intelligent Vehicles Symposium; Las Vegas, NV, USA. 6–8 June 2005.
4. Ardianto S., Chen C., Hang H. Real-time traffic sign recognition using color segmentation and SVM; Proceedings of the 2017 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP); Poznan, Poland. 22–24 May 2017.
5. Shaded W.G., Abu-Al-Nadi D.I., Mismar M.J. Road traffic sign detection in color images; Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems; Sharjah, UAE. 14–17 December 2003.
6. M.A. Garcia-Garrido, M.A. Sotelo, and E. Martin-Gorostiza, “Fast traffic sign detection and recognition under changing lighting conditions” in IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, pp. 811–816, 2006.

Holovatsky I.V., Kornaha Ya.I. INTELLECTUAL SYSTEM OF RECOGNITION OF ROAD ELEMENTS

Intellectual systems are becoming more and more popular today, because they have a wide range of their usage and are effective in many industries and areas. Intelligent systems are becoming more and more reliable helpers for people and doing the great job in the decision making process to help people. In most cases, intelligent systems make decisions based on analyzing a large amount of data faster than a person would. Intelligent systems have taken a significant place in cars where many driver assistance systems already available in expensive cars as passive safety to help the driver make real-time decisions. According to the US National Highway Traffic Safety Administration, the main cause of vehicle crashes is human error.

Moreover, the most interesting point is that from all possible types driver's errors, the most common and critical are decision-making errors in an emergency, a low driver reaction in a stressful situation, and problems with recognizing traffic elements and objects. Based on this information, we can conclude that humanity needs technologies that could automatically avoid accidents or provide the driver with enough information to prevent an accident at least. This article is about the work of intelligent traffic recognition systems using machine learning algorithms and neural networks. It will also analyze the existing problems and complexities in existing methods of element recognition, and compare their accuracy and performance characteristics, advantages and disadvantages.

In general, the article will discuss the purpose and feasibility of using a neural network. The main goal is to introduce the software implementation of the system using the C # programming language, desktop application with ability to provide video stream as input and the Accord.NET library. The main requirements of which are: acceptable recognition accuracy, the ability to use video stream as input, found elements should be intuitively highlighted among other elements and easy to set up. Particular attention is for the local results of the experiments, which give an idea of the characteristics of the proposed system and conclusions.

Key words: *intelligent system, neural network, machine learning, algorithm, computer vision, road traffic.*