

СЕКЦІЯ XIV. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

DOI 10.62731/mcnd-03.05.2024.003

ВИКОРИСТАННЯ СЕГМЕНТАЦІЇ СМУГ НА ДОРОЗІ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ ТА ПОКРАЩЕННЯ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ

Древич Любомир Орестович

здобувач вищої освіти третього рівня

Кафедра інформаційних систем та мереж

Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Науковий керівник: Буров Євген Вікторович

Доктор технічних наук, доцент кафедри інформаційних систем та мереж

Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Вступ

Зростаюча потреба в автономних системах навігації та керування автомобілями надихає на розвиток технологій, спрямованих на виявлення дорожніх знаків з використанням сегментації смуг на дорозі. Ця стаття пропонує глибокий огляд методів сегментації смуг у контексті автоматизованих систем керування дорожнім рухом. Починаючи з традиційних підходів, таких як порогові алгоритми та фільтри, і переходячи до сучасних методів на основі машинного навчання та технологій комп'ютерного зору, стаття розглядає різні методи та їхні переваги та обмеження. Особлива увага приділяється проблемам і викликам, що виникають при сегментації смуг у складних умовах дорожнього руху, таких як погодні умови та рух поблизу будівель або перешкод. Розглядаються також вплив динамічних змін у дорожніх умовах на ефективність різних методів сегментації смуг. Додатково аналізуються можливості адаптації методів сегментації смуг до різних типів доріг та умов дорожнього руху, щоб забезпечити надійність та точність в будь-яких умовах.

Для досягнення цілей автономних систем навігації важливо виявляти та розпізнавати дорожні знаки з високою точністю та швидкістю. Використання сегментації смуг на дорозі для цієї мети є перспективним підходом, оскільки смуги є ключовими елементами дорожнього середовища, які часто перетинаються з дорожніми знаками. Однак, складні умови дорожнього руху, такі як різні типи доріг та зміни у погодних умовах, створюють виклики для точної сегментації смуг та виявлення дорожніх знаків. Розуміння цих викликів та вирішення їх є ключовими для подальшого розвитку автономних систем навігації та безпеки на дорозі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В сучасний час важливо, щоб кожен висококласний автомобіль мав сучасну систему допомоги водієві, яка може виявляти та класифікувати дорожні знаки. Автор

у роботі [1] пропонує метод розпізнавання та виявлення знаків, який складається з двох етапів. Спочатку здійснюється локалізація знаків на загальному зображенні. Потім знак класифікується та порівнюється з еталонними знаками. У модулі виявлення знаків використовуються такі характеристики, як колір, форма та розмір. Класифікація виконується за допомогою багат шарової перцептронної нейронної мережі, що забезпечує високу швидкість та ефективність роботи.

Сучасні прогресивні системи допомоги водієві у висококласних автомобілях дійсно є ключовими для збереження життів на дорозі. Дослідження показують, що більшість аварій стаються через неправильне сприйняття дорожніх знаків або відволікання водія. Зосередження на правильному розпізнаванні і виконанні дорожніх знаків може запобігти багатьом інцидентам. У роботі [2] пропонується система реального часу, яка комбінує виявлення знаків і регіональне 3D-відстеження. Це дозволяє відстежувати кілька знаків одночасно у тривимірному просторі, підвищуючи ефективність і безпеку на дорозі.

У роботі [3] автори пропонують підхід до розпізнавання пошкоджених ділянок дорожніх знаків, що базується на системі розпізнавання знаків. Їх метод використовує SIFT-порівняння для вирівнювання захопленого зображення до стандартного положення. Після цього гістограма порівнює попередньо оброблене зображення з еталонним і виводить на екран результат - місцезнаходження та відсоткове значення пошкодженої площі дорожніх знаків. Однак цей метод здатен виявляти лише пошкоджені ділянки знаків. З використанням додаткової попередньої обробки автори можуть зробити цей процес більш точним.

У роботі [4] автори досліджують виявлення та класифікацію дорожніх знаків, зокрема у зовнішньому середовищі. Умови освітлення можуть ускладнювати виявлення дорожніх знаків, оскільки зір блокується іншими об'єктами, а їх положення та орієнтація можуть бути непередбачуваними. В системах штучного зору важливим фактором для розпізнавання дорожніх знаків є метод їх виявлення та ідентифікації форми. Авторі пропонують методику, засновану на машинах опорних векторів для класифікації, яка виявилася стійкою в різних умовах. Хоча інші методи також використовувались для розпізнавання дорожніх знаків у попередніх роботах, результати дослідження показали, що запропонована система є дієвою. У майбутньому планується подальше зменшення кількості помилкових спрацьовувань за допомогою інших методів.

Удосконалена система допомоги водієві є ключовою функцією в автоматизованому транспортному засобі, що самостійно рухається по дорогах. У роботі [5] автори пропонують новий ефективний підхід для розпізнавання дорожніх знаків, що базується на гістограмі, градієнті та машинах опорних векторів для класифікації. Головною метою цього рішення є підвищення безпеки водіїв на дорогах. В їхньому підході використовується алгоритм, який об'єднує візуальні механізми "зверху-вниз" і "знизу-вгору", щоб розпізнавати дорожні знаки і звертати на них увагу. Благодаря цьому підходу авторам вдалося досягти високого рівня розпізнавання - 98% та низького рівня помилкових спрацьовувань - 5% для кожного дорожнього знаку.

У дослідженні [6] автори пропонують автоматичний метод виявлення та розпізнавання дорожніх знаків у природних умовах, який складається з трьох етапів. Спочатку, дорожні знаки виявляються на основі яскравості та кольорових ознак. На другому етапі автори використовують два критерії класифікації форми для визначення дорожніх знаків. На останньому етапі для розпізнавання дорожніх знаків застосовується кореляційний метод спільного перетворення з поправкою на межі, що

дозволяє ефективно визначати знаки шляхом інтеграції особливостей зображення з інформацією про форму та використовує ефективний механізм відкидання помилкових тривог.

У сучасних автомобілях з великими можливостями, проблема виявлення та розпізнавання дорожніх знаків стає дуже важливою. У роботі [7] дослідники розглядають два типи зображень для знаків обмеження швидкості: кольорові та відтінки сірого кольору. Вони використовують методи AdaBoost та кругове перетворення Хафа для виявлення знаків обмеження швидкості. Використання методу опорних векторів дозволяє досягти дуже високої ефективності у розпізнаванні цих знаків.

У роботі [8] автори представляють нову систему для реального часу виявлення та розпізнавання дорожніх знаків. Основними характеристиками для виявлення дорожніх знаків є їх розмір, колір і контрастність на зображенні. В даній роботі вони використовували набір даних про дорожні знаки, наданий урядом Великобританії, хоча системи виявлення та розпізнавання дорожніх знаків можуть відрізнятися в кожній країні. В [8] автори працювали над класифікацією та точністю, використовуючи максимально стабільні зовнішні області та гістограму градієнту.

Традиційні методи, такі як виявлення країв та перетворення Хафа, мають певну користь, але їх ефективність може бути значно обмежена в складних умовах, таких як змінне освітлення, погодні умови та різноманітна дорожня розмітка. З появою глибинного навчання згорткові нейронні мережі (CNN) продемонстрували чудову продуктивність при виконанні різних завдань, включаючи сегментацію смуг руху, про що свідчать дослідження [9] і [10]. Нещодавно було розроблено кілька підходів, що використовують ШНМ для сегментації смуг руху.

У дослідженні [11] представлено надійний метод виявлення смуги руху, пристосований до сценаріїв безперервного руху, що використовує можливості глибоких нейронних мереж. Автори запропонували новий двоетапний фреймворк: спочатку генерують пропозиції щодо лінії смуги руху за допомогою попиксельної моделі прогнозування, а потім уточнюють ці пропозиції за допомогою послідовної моделі прогнозування, використовуючи часову інформацію між кадрами. Їхній метод продемонстрував вражаючу стійкість при обробці різноманітних складних сценаріїв і досягнув помітної продуктивності на багатьох еталонних наборах даних.

Цинь, Ван та Лі (2020) [12] представили алгоритм глибокого виявлення смуг руху з урахуванням структури, наголошуючи на підвищенні швидкості та ефективності виявлення смуг руху шляхом інтеграції попередніх структурних знань у нову систему глибокого навчання.

Уоо та ін. [13] запропонували наскрізний алгоритм виявлення маркерів смуги руху з використанням підходу класифікації за рядками, що спрощує складну проблему виявлення смуги руху до більш керованої задачі класифікації за рядками, підвищуючи таким чином швидкість і точність виявлення.

Формулювання мети та постановка задачі

Головне призначення цієї системи полягає в автоматичному виявленні дорожніх знаків за допомогою сегментації смуг на дорозі з метою покращення систем навігації та безпеки на дорозі. Це дозволить забезпечити водіїв та системи навігації необхідною інформацією для безпечного та ефективного руху по дорозі, мінімізуючи ризики дорожньо-транспортних пригод та полегшуючи їхнє переміщення.

Однією з ключових моментів цієї системи розробка алгоритмів та моделей машинного навчання для точної сегментації дорожнього покриття та виявлення дорожніх знаків на зображеннях та відео, знятих з автомобільних камер. Основною

метою цього процесу є створення засобів, що допомагатимуть водієві під час руху на дорозі, сприяючи його безпеці та забезпечуючи необхідну інформацію для прийняття правильних рішень. Для досягнення цієї мети потрібен глибокий аналіз та обробка великого обсягу даних, а також розробка ефективних алгоритмів для ідентифікації та класифікації різних типів дорожніх знаків.

Виклад основного матеріалу

Для успішної реалізації розроблюваної інформаційної системи необхідне якісне та ґрунтовне проектування її структури. Перш за все, важливо чітко визначити саму інформаційну систему, її взаємодію з зовнішнім середовищем та проаналізувати її складові елементи, основні бізнес-процеси та потоки даних. Для відображення проєктованої інформаційної системи скористалися нотацією UML (Unified Modeling Language) та спеціалізованими програмними засобами для створення діаграм. Одним із зручних інструментів для цього є діаграма послідовності (sequence diagram).

У діаграмі (Рис.1) послідовності показується, як різні об'єкти взаємодіють у системі протягом часу. Це допомагає зрозуміти, як відбувається обмін повідомленнями та виконуються операції між ними. Для вдосконалення системи навігації та виявлення дорожніх знаків використовуються основні послідовності, що дозволяють збільшити її ефективність і точність.

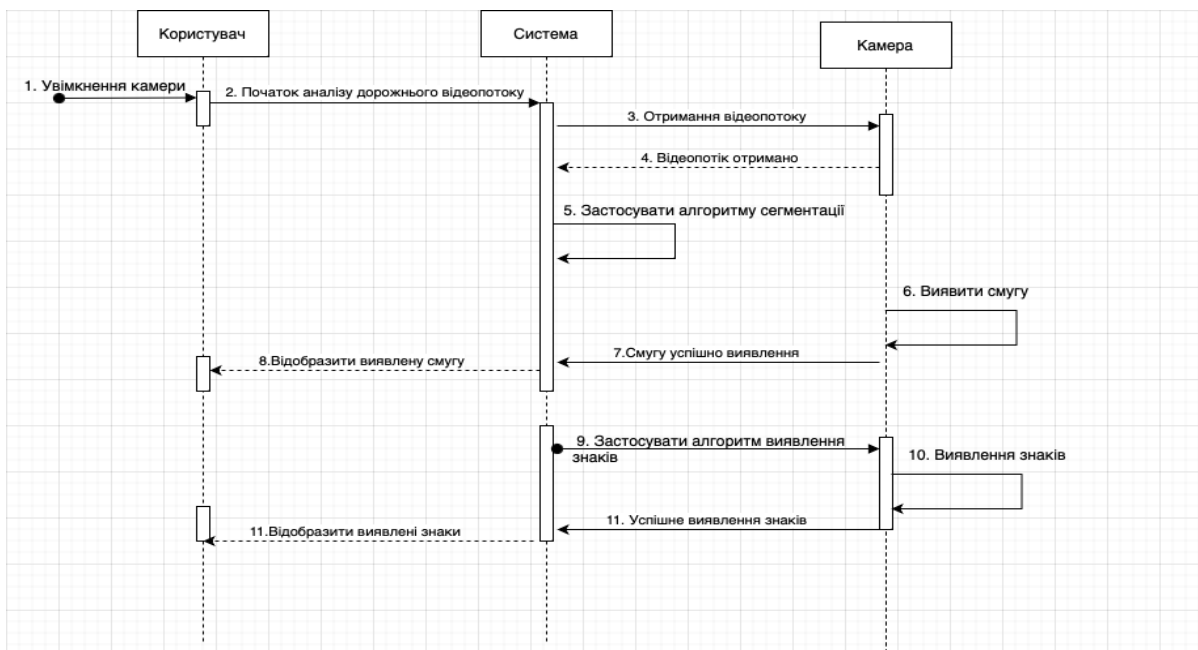


Рис. 1. Діаграма послідовності системи визначення знаків і смуг

Ця послідовність дій починається з користувача, який ініціює аналіз дорожнього відеопотоку. Після цього відеопотік передається до системи, яка відповідає за подальший аналіз. Система використовує різні алгоритми, включаючи детектори об'єктів і сегментацію смуг дороги, для аналізу вхідних даних. Після успішного виконання алгоритмів система повідомляє користувача про виявлені дорожні знаки і смуги. Це дозволяє користувачу бути проінформованим про поточну ситуацію на дорозі та використовувати цю інформацію для подальшої навігації або взаємодії з системою. Отже, ця послідовність подій демонструє ефективне використання аналізу відеоданих для виявлення дорожніх об'єктів та забезпечення користувачам актуальної інформації під час руху на дорозі.

Після аналізу діаграми послідовності нам необхідно розглянути загальну структуру системи. Цей крок дозволить нам краще зрозуміти внутрішній механізм та взаємодію компонентів системи. Для початку давайте проаналізуємо загальну структуру, яка представлена на діаграмі.

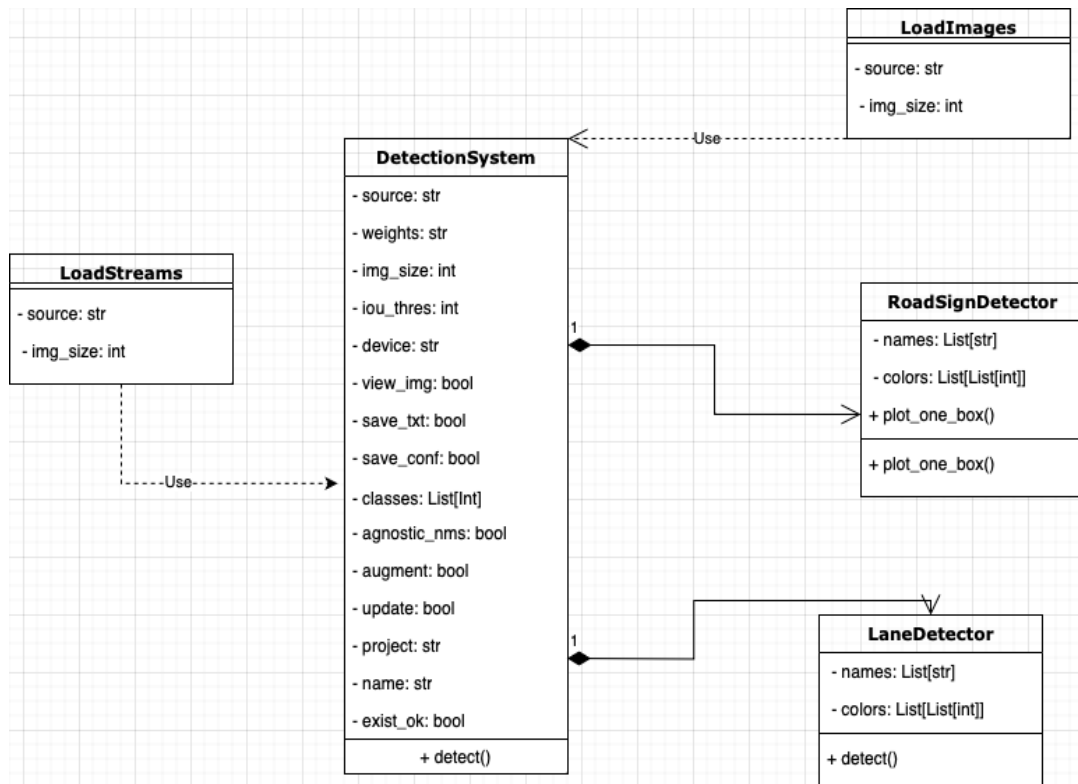


Рис. 2. Діаграма класів системи визначення знаків і смуг

Діаграма (Рис.2) описує п'ять класів об'єктів, які взаємодіють у системі виявлення дорожніх знаків і смуг. Кожен клас має свої внутрішні поля та методи для виконання певних завдань, таких як виявлення дорожніх знаків або смуг.

Структура діаграми чудово ілюструє взаємозв'язки та функції класів у системі виявлення дорожніх знаків, яка забезпечує ефективну обробку зображень та надійне виявлення об'єктів. Ця система ґрунтується на передових методах машинного навчання, особливо на алгоритмі YOLO (You Only Look Once) та його оновлених версії YOLOv5.

YOLO відомий своєю високою швидкістю та точністю у виявленні об'єктів у рухомих сценах. Він розділяє зображення на сітку комірок, прогнозує прямокутні рамки навколо об'єктів та класифікує їх. Покращені версії, такі як YOLOv5, спрямовані на поліпшення ефективності та точності виявлення. Застосування YOLOv5 в реальному часі відкриває широкі перспективи у багатьох галузях, включаючи автомобільну безпеку та моніторинг транспортного потоку.

Для налаштування алгоритму можна визначити різні параметри, такі як розмір зображення для аналізу, пороги впевненості у виявленні об'єктів та перекриття для немаксимального придушення (NMS), а також вказати необхідні класи. Результати можуть бути відображені у реальному часі або збережені для подальшого аналізу. На рис. 3 буде представлений результат роботи алгоритму YOLOv5 з розпізнаванням дорожніх знаків. Зображення або відео будуть показані з виділеними прямокутниками, які вказують на розпізнані знаки, із мітками та впевненістю. Це дозволить явно оцінити ефективність алгоритму у різних умовах та середовищах.



Рис. 3. Результат роботи алгоритму на основі відео

Після цього переходимо до сегментації смуг на дорозі, яка є ключовою для покращення систем навігації, особливо при використанні алгоритмів обробки зображень, таких як SegNet. Цей процес полягає у розпізнаванні та виділенні різних смуг руху на дорозі, що сприяє точнішому визначенню місця руху транспортних засобів та полегшує навігацію.

Сегментація смуг на дорозі є ключовою для покращення систем навігації, особливо при використанні алгоритмів обробки зображень, таких як SegNet. Цей процес полягає у розпізнаванні та виділенні різних смуг руху на дорозі, що сприяє точнішому визначенню місця руху транспортних засобів та спрощує навігацію водіїв. Застосування сегментації смуг для покращення систем навігації дозволяє створювати більш точні та деталізовані карти доріг, що забезпечує користувачам доступ до актуальної та інформативної інформації про дорожню ситуацію. Це також допомагає розвивати системи автоматичного керування автомобілями, оскільки точне розпізнавання смуг дозволяє автомобілям уникати зіткнень та забезпечувати безпечну їзду.

Сегментація смуг на дорозі також сприяє розвитку систем попередження водіїв про дорожні обмеження та небезпеку. Наприклад, системи навігації можуть ідентифікувати та відображати різноманітні дорожні знаки, сигналізуючи водіїв про обмеження швидкості або ризику на дорозі.

Одним з методів сегментації смуг є використання нейронних мереж, зокрема архітектури SegNet. Ця нейронна мережа, спеціально призначена для сегментації зображень, працює на основі енкодера-декодера. Вона ефективно розпізнає смуги навіть у складних умовах, таких як зміна освітлення або погана якість дорожнього покриття, що робить її цінним інструментом для систем навігації. Застосування SegNet в системах навігації покращує безпеку та ефективність автомобільного руху, забезпечуючи водіям додаткову інформацію для правильного вибору траєкторії руху.

Інтеграція SegNet у системи навігації автомобілів може суттєво спростити завдання для водіїв та систем автоматичного водіння, допомагаючи забезпечити безпечний та ефективний рух, навіть у складних умовах дорожнього руху. Цей підхід може значно підвищити рівень безпеки та комфорту для всіх учасників дорожнього руху, спрямовуючи нас у майбутнє, де автомобілі відіграють не лише роль засобу транспорту, але й стають надійними партнерами на дорозі.

На рис. 4 представлено результат застосування алгоритму SegNet для сегментації смуг на дорозі. Зображення або відео будуть показані з сегментованими смугами руху, які будуть чітко виділені на основі розпізнання алгоритмом. Це дозволить чітко оцінити ефективність алгоритму сегментації смуг на дорозі.



Рис. 4. Результат роботи Segnet на основі відео

Висновок

В результаті проведених досліджень, було розроблено ряд ефективних підходів, які демонструють значні досягнення в цій області. Один з них - використання двоетапного фреймворку для виявлення дорожніх знаків, що базується на глибокому навчанні та використанні інформації про темпоральні зміни між кадрами. Цей підхід показав вражаючу стійкість у різних складних сценаріях і досяг значного покращення в різних бенчмаркних наборах даних.

Інший підхід, заснований на використанні глибокого навчання та структурної інформації, спрямований на поліпшення швидкості та ефективності виявлення смуг на дорозі. Цей метод інтегрує попередні знання про структуру дороги в навчальну модель, що дозволяє досягти значного прискорення процесу виявлення.

Використання сегментації смуг на дорозі для виявлення дорожніх знаків не лише вдосконалює системи навігації, а й покращує безпеку на дорозі для водіїв і пішоходів. Ці новітні технології мають потенціал стати важливим етапом у розвитку автомобільної промисловості та автономного транспорту.

Список використаних джерел:

1. A. Hechri та A. Mtibaa, "Automatic detection and recognition of road sign for driver assistance system," 2012 16th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, YasmineHammamet, 2012, pp. 888-891, doi: 10.1109/MELCON.2012.6196571.
2. V. A. Prisacariu, R. Timofte, K. Zimmermann, I. Reid та L. V. Gool, "Integrating Object Detection with 3D Tracking Towards a Better Driver Assistance System," 2010 20th International Conference on Pattern Recognition, Istanbul, 2010, pp. 3344-3347, doi: 10.1109/ICPR.2010.816.
3. L. Yang, K. Kwon, K. Moon, S. Lee та S. Kwon, "Broken traffic sign recognition based on local histogram matching," 2012 Computing, Communications and Applications Conference, Hong Kong, 2012, pp. 415-419, doi: 10.1109/ComComAp.2012.6154884.
4. S. Lafuente-Arroyo, P. Gil-Jimenez, R. Maldonado-Bascon, F. Lopez-Ferreras та S. Maldonado-Bascon, "Traffic sign shape classification evaluation I: SVM using distance to borders," IEEE Proceedings. Intelligent Vehicles Symposium, 2005., Las Vegas, NV, USA, 2005, pp. 557-562, doi: 10.1109/IVS.2005.1505162.

5. Yuan Xie, Li-Feng Liu, Cui-Hua Li та Yan-Yun Qu, "Unifying visual saliency with HOG feature learning for traffic sign detection," 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Xi'an, 2009, pp. 24-29, doi: 10.1109/IVS.2009.5164247.
6. J. F. Khan, R. R. Adhami та S. M. A. Bhuiyan, "Image segmentation based road sign detection," IEEE Southeastcon 2009, Atlanta, GA, 2009, pp. 24-29, doi: 10.1109/SECON.2009.5174040.
7. Y. Huang, Y. Le та F. Cheng, "A Method of Detecting and Recognizing Speed-limit Signs," 2012 Eighth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Piraeus, 2012, pp. 371-374, doi: 10.1109/IIH-MSP.2012.96.
8. J. Greenhalgh та M. Mirmehdi, "Traffic sign recognition using MSER and Random Forests," 2012 Proceedings of the 20th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Bucharest, 2012, pp. 1935-1939.
9. Nisa, Syed Qamrun, та Amelia Ritahani Ismail. "Dual U-Net with Resnet Encoder for Segmentation of Medical Images." International Journal of Advanced Computer Science and Applications 13, no. 12 (2022).
10. Marcellino, & Cenggoro, Tjeng Wawan & Pardamean, Bens. (2022). UNET++ with Scale Pyramid for Crowd Counting. ICIC Express Letters. 16. 75-82. 10.24507/icicel.16.01.75.
11. Zou, Qin, Hanwen Jiang, Qiyu Dai, Yuanhao Yue, Long Chen, та Qian Wang. "Robust lane detection from continuous driving scenes using deep neural networks." IEEE transactions on vehicular technology 69, no. 1 (2019): 41-54.
12. Qin, Zequn, Huanyu Wang, та Xi Li. "Ultra fast structure-aware deep lane detection." In Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part XXIV 16, pp. 276-291. Springer International Publishing, 2020.
13. Yoo, Seungwoo, Hee Seok Lee, Heesoo Myeong, Sungrack Yun, Hyoungwoo Park, Janghoon Cho, та Duck Hoon Kim. "End-to-end lane marker detection via row-wise classification." In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, pp. 1006-1007. 2020.