

ДРЕВИЧ ЛЮБОМИР

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0009-0004-0426-8984>e-mail: [liubomyr.0.drevych@lpnu.ua](mailto:liubomyr.0.drevych@lpnu.ua)

## АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ УТРИМАННЯ ТА СЕГМЕНТАЦІЇ СМУГ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ

Автомобільна безпека є невід'ємною складовою сучасного транспортного сектору, де виникає постійна потреба в інноваціях для зменшення ризиків дорожньо-транспортних пригод. У цьому контексті системи утримання смуги руху та сегментації смуг відіграють ключову роль у підвищенні безпеки дорожнього руху. Ці системи використовують передові технології комп'ютерного зору та машинного навчання для автоматичного виявлення та аналізу рухових смуг на дорозі. Їх основна мета полягає в тому, щоб попередити водіїв про виходження їх автомобілів за межі смуги руху або небезпечні маневри, забезпечуючи вчасні заходи для уникнення аварій. Ця абстракція досліджує роль та важливість систем утримання смуги руху та сегментації смуг у створенні безпечніших доріг та зменшенні аварійності. Шляхом впровадження передових технологій та алгоритмів аналізу зображень, ці системи не лише допомагають водіям керувати автомобілями більш ефективно, а й сприяють у створенні високотехнологічного та безпечного транспортного середовища.

**Ключові слова:** Автомобільна безпека, система утримання смуги руху, сегментація смуг, дорожні пригоди, комп'ютерний зір, машинне навчання, аналіз зображень.

DREVYCH LIUBOMYR

Lviv Polytechnic National University

## ANALYSIS OF LANE KEEPING AND SEGMENTATION INFORMATION SYSTEMS TO SOLVE THE PROBLEM OF IMPROVING TRAFFIC SAFETY

In the modern era, the rapid development of autonomous driving technologies has significantly influenced traffic safety measures. Among the critical components of these technologies are Lane Keeping Systems (LKS) and Lane Segmentation Information Systems (LSIS). These systems play a vital role in preventing accidents caused by lane departures, a prevalent cause of road incidents globally. This analysis aims to explore the efficacy of LKS and LSIS in enhancing traffic safety, focusing on their technological aspects, implementation challenges, and potential benefits.

Lane Keeping Systems are designed to assist drivers in maintaining their vehicles within lane boundaries. These systems typically employ sensors, cameras, and artificial intelligence algorithms to monitor lane markings and vehicle position continuously. When a potential lane departure is detected, LKS can provide corrective actions such as steering adjustments or warnings to the driver. The integration of LKS in vehicles has shown a reduction in unintended lane departures, thereby decreasing the likelihood of accidents caused by driver distraction or drowsiness.

Similarly, Lane Segmentation Information Systems are integral to the functionality of autonomous and semi-autonomous vehicles. LSIS use advanced image processing techniques to identify and segment lanes from road images captured by cameras. This segmented information is crucial for vehicle navigation, enabling precise lane tracking and maneuvering. By providing accurate lane information, LSIS contribute to the overall situational awareness of the vehicle, enhancing its ability to make informed driving decisions.

The synergy between LKS and LSIS is evident in their combined ability to improve traffic safety. While LKS provide real-time lane-keeping assistance, LSIS ensure that the vehicle has an accurate understanding of the road layout. This combination minimizes the risk of lane-related accidents, particularly in complex driving scenarios such as highways and urban intersections.

Despite their benefits, the implementation of LKS and LSIS faces several challenges. One major issue is the variability in road conditions and lane markings. Inconsistent or poorly maintained lane markings can impair the effectiveness of these systems. Additionally, adverse weather conditions such as rain, fog, or snow can obstruct the sensors and cameras, leading to potential system failures. Therefore, continuous advancements in sensor technology and image processing algorithms are essential to address these challenges and enhance system reliability.

Another challenge lies in the integration of LKS and LSIS with other vehicle systems. Ensuring seamless communication between different systems is crucial for optimal performance. This requires robust software architectures and standardization across different vehicle manufacturers. Moreover, the transition from human-driven to autonomous vehicles necessitates public acceptance and regulatory support. Educating drivers about the capabilities and limitations of LKS and LSIS is vital to build trust and encourage adoption.

The potential benefits of LKS and LSIS in improving traffic safety are substantial. By reducing the frequency of lane departure incidents, these systems can lower the overall accident rate. This not only enhances driver and passenger safety but also reduces the economic costs associated with road accidents. Furthermore, the widespread adoption of LKS and LSIS can lead to smoother traffic flow and reduced congestion, contributing to a more efficient transportation system.

In conclusion, Lane Keeping Systems and Lane Segmentation Information Systems are pivotal in the pursuit of safer roads. Their ability to prevent lane departures and provide accurate lane information underscores their importance in modern vehicle safety technologies. While challenges exist, ongoing research and development efforts are poised to overcome these hurdles, paving the way for more reliable and effective systems. As these technologies continue to evolve, they hold the promise of significantly enhancing traffic safety and transforming the future of transportation.

**Keywords:** Road safety, lane keeping assistance system, lane segmentation, road accidents, computer vision, machine learning, image analysis.

### Постановка проблеми

Головна мета розробленої системи полягає в підвищенні безпеки дорожнього руху шляхом автоматичного виявлення смуг руху та надання відповідного сигналу системі утримання смуги (ЛКА). Ця інноваційна ініціатива націлена на забезпечення безпечної та комфортної подорожі для водіїв, мінімізуючи ризики дорожньо-транспортних пригод. Перед основним завданням системи стоїть завдання розробки та

інтеграції сучасних сенсорів, які забезпечують постійне моніторинг дорожньої обстановки. Це включає в себе використання камер, радарів та лідарів, що забезпечують високу точність та швидкість реакції системи на зміни в оточенні. Інтеграція цих сенсорів дозволяє системі отримувати об'єктивну інформацію про рухові смуги та оточуючі об'єкти, підвищуючи загальний рівень безпеки та зручності для водіїв.

Основне завдання системи – це автоматичне виявлення смуг руху на дорозі та подальше надання відповідного сигналу системі утримання смуги (LKA) для активного управління автомобілем. Це дозволяє водіям керувати автомобілем з більшою впевненістю та ефективністю, забезпечуючи оптимальну траєкторію руху та уникнення небезпечних ситуацій на дорозі.

Ключовим елементом цієї системи є розробка та впровадження алгоритмів машинного навчання, які забезпечують точне виявлення смуг руху та адаптацію до різних умов дорожнього покриття. Це дозволяє системі працювати ефективно навіть в умовах обмеженої видимості, поганих погодних умов або на різних типах доріг. Такий підхід максимально підвищує рівень безпеки та надійності системи утримання смуги (LKA), забезпечуючи водіям додатковий рівень захисту під час керування автомобілем.

### Аналіз останніх джерел

У своїй роботі [1], Zhou та Tuzel впроваджують новаторську нейронну мережу, відому як VPGNet, для покращення точності розпізнавання дорожніх розміток. Їхній підхід заснований на використанні точок зникнення для автоматичного вирівнювання зображень дороги, що сприяє точному виявленню та класифікації смуг руху та розмітки. Результати їх дослідження порівнюються з базою даних для забезпечення точного аналізу розміток на дорозі, що покращує ефективність систем допомоги водіям, особливо в складних дорожніх умовах.

У [2], He, Wang та Zhang надають огляд сучасних технологій глибокого навчання для виявлення смуг руху. Вони досліджують різні архітектури мереж, що забезпечують точне розпізнавання смуг, та вказують на важливість попереднього навчання моделей на різноманітних датасетах для зменшення помилок у реальних дорожніх сценаріях. Методика порівняння реальних умов з еталонами дозволяє отримувати детальну інформацію про стан смуг, що сприяє вдосконаленню алгоритмів автоматичного водіння.

Ghafoorian та співавтори в [3] пропонують багатодоменне навчання для покращення роботи систем розпізнавання смуг. Їхня методика базується на аналізі даних з різних джерел, що дозволяє системі адаптуватися до змінних умов освітленості та погоди. Алгоритм порівнює отримані знімки з встановленими параметрами, ідентифікуючи можливі проблемні ділянки на дорозі.

У [4], Li та його колеги представляють метод Line-CNN для визначення місцезнаходження дорожніх ліній, використовуючи конволюційні нейронні мережі. Використання такого методу сприяє підвищенню ефективності систем автоматичного водіння та забезпечує більшу безпеку на дорогах.

У дослідженні [5], Neven та його команда пропонують підхід до виявлення смуг, застосовуючи метод інстанц-сегментації. Ця методика дозволяє проводити детальний аналіз зображень, відрізняючи смуги руху від інших елементів дорожнього покриття. Застосування інстанц-сегментації забезпечує високу точність у розпізнаванні та класифікації смуг руху.

Останні дослідження в галузі розпізнавання дорожніх розміток та смуг руху показують загальну тенденцію до використання передових методів глибокого навчання для поліпшення точності систем допомоги водіям та автоматичного водіння. Однією з ключових складових успіху є адаптація розроблених алгоритмів до реальних умов дорожнього руху, таких як різноманітність освітлення та погодних умов. Це вимагає використання різноманітних датасетів для тренування моделей та розробки технік, які забезпечують стійкість до змінних умов дорожнього середовища.

### Виклад основного матеріалу

Для успішної впровадження розроблюваної інформаційної системи важливо провести глибоке та якісне проектування її структури, що включає чітке визначення системи, її взаємодії з оточуючим середовищем та аналіз складових елементів, основних бізнес-процесів та потоків даних, і для цього ми використали мову UML (Unified Modeling Language) та спеціалізовані програмні засоби для створення відповідних діаграм.

У діаграмі (рис. 1) класів демонструється взаємодія різних об'єктів у системі протягом часу, спрямована на реалізацію операцій під час руху в автомобілі. Це дозволяє краще зрозуміти процес обміну повідомленнями та виконання операцій між об'єктами в реальному часі, що є критичним для забезпечення безпеки та ефективності користувача під час водіння.

Представлена діаграма (Рис.1) наочно демонструє структуру системи розпізнавання смуг доріг із використанням системи LKA (Lane Keeping Assist) разом з НМІ (Human-Machine Interface), RecognitionService та CanBus. Клас НМІ відповідає за інтерфейс взаємодії з користувачем, RecognitionService – за процес розпізнавання, а CanBus – за забезпечення комунікації з автобусною системою автомобіля. Клас LKASystem відповідає за координацію роботи системи розпізнавання.

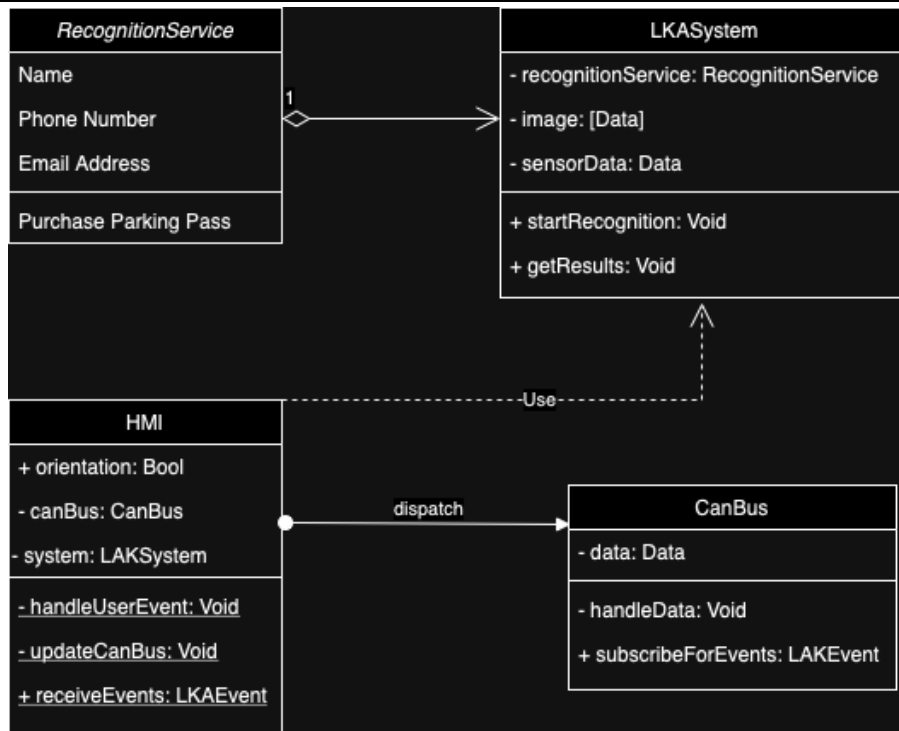


Рис. 1. Діаграма класів системи розпізнавання в НМІ

Після аналізу діаграми класів, ми маємо перейти до створення діаграми варіантів використання (use case diagram), щоб наочно показати приклади використання системи розпізнавання смуг доріг. Діаграма варіантів дозволить нам ідентифікувати всі можливі дії, які може виконувати користувач в даній системі.

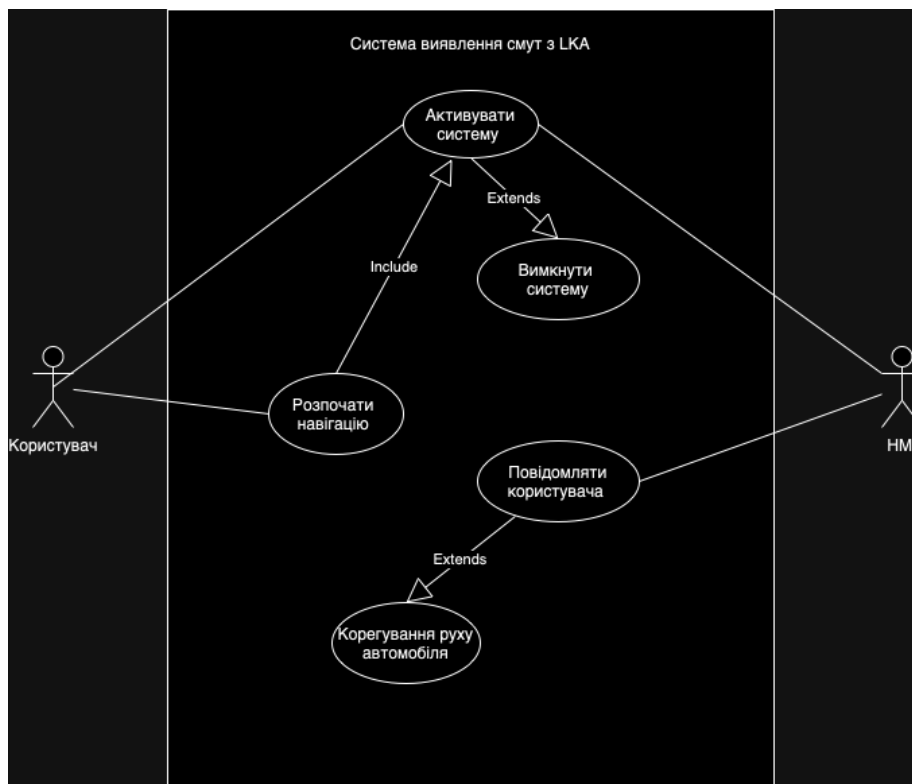


Рис. 2. Діаграма використання системи розпізнавання

Діаграма (рис. 2) використання моделює взаємодію користувача та НМІ (Human-Machine Interface) в системі розпізнавання смуг з функцією LKA (Lane Keeping Assist). Користувач може активувати чи вимкнути функцію LKA через НМІ для автоматичного утримання автомобіля в межах смуги руху.

Після визначення основних варіантів використання і функціональних можливостей системи розпізнавання смуг з LKA та взаємодії з НМІ, ми переходимо до ключового моменту - сегментації смуги за допомогою SegNet. Сегментація смуги - це важлива функціональна складова системи, яка дозволяє точно визначати межі дорожньої смуги на зображенні з відеокамери або іншого датчика. Застосування технології

SegNet дозволяє нам ефективно вирішити завдання сегментації, використовуючи глибоке навчання і нейронні мережі для автоматичного виділення смуги на дорозі. Такий підхід дозволить системі точно визначати положення смуги та надавати необхідну інформацію для коректної роботи функції LKA. Ця спеціалізована нейронна мережа, призначена для сегментації зображень, працює на базі архітектури енкодер-декодер. Вона надійно визначає смуги, навіть у складних умовах, таких як зміна освітлення або низька якість дорожнього покриття, що робить її цінним інструментом для систем навігації.

Архітектура SegNet базується на енкодер-декодер структурі нейронної мережі. Енкодер-декодер – це архітектурний підхід, де перший шар мережі (енкодер) відповідає за зменшення розмірності вхідних даних шляхом їх згорткового або пулінгового перетворення, в той час як другий шар мережі (декодер) відповідає за відновлення вихідних даних до оригінальних розмірів.

У випадку SegNet, енкодер відповідає за послідовне зменшення розмірності зображення з високою роздільною здатністю до низької, використовуючи сверткові та пулінгові шари. Це дозволяє отримати компактне представлення зображення з втратою інформації про текстуру, але збереженням важливих просторових ознак.

Після цього етапу виконується декодування, де застосовуються транспоновані свертки та інші методи розширення розмірності зображення, щоб відновити його до початкових розмірів. Під час цього процесу відбувається поступове відновлення деталей, що дозволяє отримати сегментоване зображення, де кожен піксель віднесений до певного класу (наприклад, смуги дорожньої розмітки або інших об'єктів).

Інтеграція SegNet у системи навігації автомобілів може розширити можливості водіїв та систем автоматичного керування, спрощуючи їхню роботу й забезпечуючи безпеку та ефективність руху, навіть у складних умовах дорожнього руху. Цей підхід може істотно підвищити безпеку та комфорт усіх учасників дорожнього руху, спрямовуючи нас у майбутнє, де автомобілі виконують не лише функцію транспортних засобів, але й стають надійними партнерами на дорозі. При цьому, після успішного виявлення та сегментації смуг на дорозі, система LKA повідомляє НМІ про знайдені смуги та їх характеристики. Це сповіщення дозволяє водію бути інформованим про визначену геометрію дороги та активність системи утримання смуги, що сприяє підвищенню рівня свідомості водія та забезпечує безпечну та плавну їзду.

### Висновки

Результати проведених досліджень свідчать про ефективність системи, спрямованої на підвищення безпеки дорожнього руху за допомогою виявлення смуг і повідомлення системи утримання смуги (LKA). Основною метою цієї системи є автоматичне виявлення смуг руху та надання відповідної інформації LKA для забезпечення безпеки та ефективності руху на дорозі. Застосування передових алгоритмів машинного навчання дозволяє системі працювати навіть в умовах поганої видимості або складних дорожніх умов, забезпечуючи водіям додатковий рівень підтримки та безпеки.

Використання цієї системи дозволяє зменшити ризик дорожньо-транспортних пригод і покращити безпеку на дорозі. Інноваційні технології, впроваджені в систему для виявлення смуг та повідомлення LKA, мають потенціал стати важливим кроком у розвитку автомобільної промисловості та підтримки концепції безпечного та автономного транспорту. Ці інноваційні рішення роблять автомобільну індустрію більш відкритою до нових можливостей та сприяють швидшому впровадженню технологій автономного водіння. Крім того, система виявлення смуг і повідомлення LKA покращує водійський досвід, забезпечуючи не лише безпеку, але й комфорт під час подорожей. Це зробить автомобільне водіння більш приємним та зручним для користувачів і водночас сприятиме зменшенню кількості дорожніх пригод і аварій.

### References

1. Zhou, Y., & Tuzel, O. (2018). "VPGNet: Vanishing Point Guided Network for Lane and Road Marking Detection and Recognition." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(3), 897-906.
2. He, Y., Wang, H., & Zhang, B. (2020). "Deep Learning Based Techniques for Lane Detection: A Review." *IEEE Access*, 8, 76285-76297.
3. Ghafoorian, M., et al. (2018). "Leveraging Multi-domain Learning for Robust Lane Detection." *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 3(3), 324-335.
4. Li, Q., et al. (2019). "Line-CNN: End-to-End Traffic Line Detection with Line Proposal Unit." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(6), 2341-2353.
5. . Neven, D., et al. (2018). "Towards End-to-End Lane *Detection*: an Instance Segmentation Approach." *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Changshu, China, 2018, pp. 286-291.