

## Сценарії застосування автоматизованого керування трафіком

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У даній роботі проведено аналіз сценаріїв використання автоматизованого керування трафіком з елементами нечіткої логіки, висвітлюються ключові переваги таких систем для оптимізації дорожнього руху, підвищення безпеки та ефективності управління трафіком.

**Ключові слова:** трафік; автоматизація; нечітка логіка; оптимізація дорожнього руху.

## Scenarios of Automated Traffic Management Application

### Abstract

This work analyzes the scenarios of using automated traffic management with elements of fuzzy logic, highlighting the key advantages of such systems for optimizing traffic flow, enhancing safety, and increasing traffic management efficiency.

**Keywords:** traffic; automation; fuzzy logic; optimization of traffic flow.

Автоматизоване керування трафіком, зокрема застосування нечіткої логіки, стає ключовою стратегією в управлінні міським трафіком, пропонуючи рішення для підвищення плавності руху та безпеки на дорогах. Відмітною особливістю нечіткої логіки є її здатність ефективно обробляти неоднозначність і невизначеність, що дозволяє системам керування трафіком адаптуватися до змінних умов дорожнього руху, таких як аварійні ситуації або зміни погодних умов.

Інтеграція нечіткої логіки в системи керування трафіком демонструє значні переваги, включаючи оптимізацію роботи світлофорів та швидкості руху, що сприяє зниженню заторів і часу в дорозі. Адаптивність і самонавчання, які є характеристиками цих систем, забезпечують високий рівень ефективності у використанні дорожньої інфраструктури, роблячи їх незамінними в сучасному управлінні трафіком.

Порівняльний аналіз з традиційними системами підкреслює переваги нечіткої логіки у плані гнучкості та адаптивності, зокрема в її здатності пропонувати рішення в реальному часі на основі поточної ситуації на дорогах. Це не тільки покращує загальну пропускну спроможність доріг, але й забезпечує комплексний підхід до безпеки всіх учасників дорожнього руху.

### Управління світлофорними об'єктами

Управління світлофорними об'єктами є одним із ключових аспектів автоматизованого керування трафіком, що відіграє вирішальну роль у забезпеченні плавності дорожнього руху та безпеки перехресть. Застосування нечіткої логіки у цій сфері дозволяє створити гнучкі системи, здатні адаптуватися до мінливих умов руху, тим самим оптимізуючи потоки транспортних засобів та зменшуючи час очікування на світлофорах.

Традиційні системи управління світлофорами працюють за фіксованими або часово-залежними програмами, що може бути неефективним під час раптових змін у трафіку, таких як збільшення потоку в години пік або при надзвичайних ситуаціях на дорогах [1, 2]. Натомість, системи на основі нечіткої логіки здатні в реальному часі аналізувати поточну ситуацію на дорогах, враховуючи такі фактори, як інтенсивність руху, час доби та специфіку транспортного потоку.

Застосування нечіткої логіки дозволяє системі управління світлофорами визначати оптимальний час зеленого та червоного сигналів для кожного напрямку, виходячи з поточного стану трафіку. Це сприяє більш раціональному розподілу транспортних потоків, знижує ризик утворення заторів і

зменшує час простою на світлофорах. Крім того, система може швидко реагувати на зміни, адаптуючи режими роботи світлофорів відповідно до актуальних потреб.

Один з прикладів успішного застосування такого підходу може бути реалізація адаптивної системи управління світлофорами на перехрестях з високою інтенсивністю трафіку, де алгоритми на основі нечіткої логіки визначають оптимальну тривалість фаз світлофорів, засновану на реальному часі очікування транспортних засобів [3]. Це не тільки покращує пропускну спроможність перехрестя, але й сприяє зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу за рахунок зменшення часу простою двигунів на холостому ходу.

### **Оптимізація швидкості руху та маршрутів**

Оптимізація швидкості руху та маршрутів є важливим компонентом систем автоматизованого керування трафіком, що використовують нечітку логіку для підвищення ефективності та безпеки дорожнього руху. Цей підхід дозволяє адаптувати управління трафіком до змінних умов дорожнього руху, забезпечуючи плавність трафіку та знижуючи ймовірність заторів.

Оптимізація швидкості руху включає регулювання рекомендованої швидкості для транспортних засобів в залежності від поточного стану трафіку, погодних умов, часу доби, а також інших чинників, які можуть впливати на безпеку та пропускну спроможність доріг. Використання нечіткої логіки дозволяє системі ефективно аналізувати ці неоднозначні та змінні дані, пропонуючи оптимальні рекомендації щодо швидкості, які допомагають зменшити ризик ДТП та оптимізувати рух.

Управління маршрутами передбачає динамічний вибір оптимальних шляхів для транспортних засобів з метою зниження загального часу в дорозі та уникнення перевантаження окремих ділянок дорожньої мережі. Системи на основі нечіткої логіки можуть враховувати широкий спектр параметрів, включаючи актуальні та прогнозовані рівні трафіку, стан доріг, можливі перешкоди на маршруті (наприклад, дорожні роботи або аварії), а також індивідуальні переваги водіїв. Це дозволяє формувати індивідуалізовані рекомендації щодо маршруту, що сприяє більш рівномірному розподілу трафіку та зниженню заторів.

Застосування нечіткої логіки у системах оптимізації швидкості руху та маршрутів має кілька переваг. По-перше, це дозволяє системі бути гнучкою та адаптивною до постійно змінюваних умов, що підвищує її ефективність. По-друге, такі системи можуть забезпечувати більш точні та обгрунтовані рекомендації, які враховують широкий спектр чинників та індивідуальні потреби користувачів. Нарешті, інтеграція з іншими інтелектуальними транспортними системами та даними в реальному часі може подальше покращити управління трафіком, роблячи його більш ефективним та безпечним.

### **Реагування на надзвичайні ситуації та аварії**

Реагування на надзвичайні ситуації та аварії є критично важливим аспектом систем автоматизованого керування трафіком, де застосування нечіткої логіки може значно підвищити ефективність та швидкість відповіді на подібні події. У складних та динамічних умовах дорожнього руху, де кожна секунда може бути вирішальною, системи на основі нечіткої логіки забезпечують гнучкість та адаптивність, необхідні для швидкого реагування на непередбачувані зміни.

Застосування нечіткої логіки у цьому контексті дозволяє системі керування трафіком ефективно обробляти неоднозначну інформацію та робити обгрунтовані рішення під час надзвичайних ситуацій. Це може включати автоматичне перенаправлення трафіку в обхід зони аварії, оптимізацію сигналів світлофорів для прискорення руху екстрених служб або навіть тимчасову зміну шляхів руху для мінімізації впливу аварії на загальний стан трафіку.

Однією з ключових переваг таких систем є їхня здатність до швидкої адаптації до змінюваних умов без необхідності втручання людини. Використовуючи дані з різних джерел, включаючи датчики на дорозі, камери спостереження та інформацію від екстрених служб, системи можуть миттєво оцінювати ситуацію та вживати необхідних заходів для мінімізації затримок та збереження життя.

Крім того, застосування нечіткої логіки управлінню реакцією на аварії може сприяти більш ефективному розподілу ресурсів. Наприклад, система може визначити, які маршрути повинні бути відкриті для екстрених служб, а які можуть бути використані для обходу аварійної зони, забезпечуючи оптимальний потік трафіку в обох напрямках.

Такі системи також можуть відігравати ключову роль у підвищенні загальної безпеки дорожнього руху, інформуючи водіїв про надзвичайні ситуації та аварії через додатки для смартфонів або інші засоби зв'язку. Це дозволяє водіям заздалегідь планувати свої маршрути та уникати потенційно небезпечних ділянок дороги.

## Адаптивне управління залежно від погодних умов та часу доби

Адаптивне управління трафіком залежно від погодних умов та часу доби є важливим аспектом сучасних систем автоматизованого керування трафіком, який дозволяє підвищити безпеку та ефективність дорожнього руху. Використання нечіткої логіки в цих системах сприяє розробці гнучких алгоритмів, які можуть адаптуватися до змінних умов навколишнього середовища та поведінки водіїв, що змінюється в різний час доби.

Погодні умови, такі як дощ, сніг, туман або ожеледиця, можуть суттєво вплинути на умови дорожнього руху, знижуючи видимість та збільшуючи ризик дорожньо-транспортних пригод. Системи керування трафіком, що використовують нечітку логіку, можуть автоматично адаптувати рекомендовані швидкісні режими, інтенсивність сигналів світлофорів та навіть маршрути об'їзду, залежно від погодних умов, щоб мінімізувати ризики та покращити умови руху.

Час доби також має значний вплив на дорожній рух. Наприклад, в години пік зранку та ввечері спостерігається збільшення трафіку, що вимагає від системи керування трафіком здійснення адаптивних змін для зменшення заторів та оптимізації потоків транспорту. Системи на основі нечіткої логіки можуть автоматично регулювати параметри управління, враховуючи зміни в інтенсивності руху протягом дня, що сприяє підтримці плавності руху та зниженню часу очікування для водіїв.

Окрім того, адаптація до погодних умов та часу доби може включати автоматичне включення вуличного освітлення в темний час доби або під час поганої видимості, а також активацію попереджувальних знаків та сигналів, які інформують водіїв про потенційні небезпеки, наприклад, про ожеледицю на дорозі.

Впровадження нечіткої логіки в системи автоматизованого керування трафіком для адаптивного управління залежно від погодних умов та часу доби не тільки підвищує безпеку та комфорт учасників дорожнього руху, але й сприяє більш ефективному використанню дорожньої інфраструктури [4]. Це демонструє потенціал інтеграції передових технологій у системи управління трафіком, відкриваючи нові можливості для створення інтелектуальних транспортних мереж, здатних адаптуватися до постійно змінюваних умов та викликів сучасного міста.

Отже, використання нечіткої логіки в системах автоматизованого керування трафіком відкриває нові можливості для оптимізації дорожнього руху, підвищення безпеки на дорогах та зменшення заторів. Завдяки своїй здатності адаптуватися до змінних умов та ефективно обробляти нечіткі та неповні дані, нечітка логіка сприяє створенню гнучких, інтелектуальних транспортних систем, які можуть прогнозувати та реагувати на різноманітні сценарії дорожнього руху.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Carlos F. Daganzo. Fundamentals of Transportation and Traffic Operations. Pergamon-Elsevier, Oxford, U.K. 1997. 320с.
2. М. М. Сушко, І. В. Гребенюк. Теорія та практика автоматизованого управління міським трафіком. Київ: Техніка, 2010. 58с.
3. M.B. Trabia, M.S. Kaseko, M. Ande. A two-stage fuzzy logic controller for traffic signals. Transportation Res. Part C 7. Elsevier Science, 1999. 170 с.
4. Rodolfo I. Meneguette, Robson E. De Grande, Antonio A. F. Loureiro. Intelligent Transport Systems in Smart Cities: Innovation and Application. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018. 147-166 с.

**Гандрибіда Владислав Олександрович** — аспірант групи 174-23а, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vlad.gandrybida@gmail.com

Науковий керівник: Севастьянов Володимир Миколайович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматики та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет

**Gandrybida Vladyslav Oleksandrovyich** — graduate student of group 174-23a, faculty of intellectual information technologies and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vlad.gandrybida@gmail.com

Academic supervisor: **Volodymyr Mykolayovych Sevastyanov** — Ph.D, Associate Professor of the Department of Automation and Intelligent Information Technologies, Vinnytsia National Technical University