

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ АВТОМАТИЧНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Дане дослідження — розробка інформаційної технології управління системою автоматичного гальмування транспортного засобу, яка може знизити рівень ризику зіткнення транспортних засобів. Прототип розроблено за допомогою нечіткої логіки, як основного компонента штучного інтелекту, що суттєво вплине на проектування керованої системи.*

**Ключові слова:** швидкість, дистанція, гальмівна система, коефіцієнт тертя, кут повороту коліс, гальмування, нечітка логіка, алгоритм Мамдані.

### *Abstract*

*This study is the development of information technology to control the automatic braking system of the vehicle, which can reduce the risk of vehicle collisions. The prototype was developed using fuzzy logic as the main component of artificial intelligence, which will significantly affect the design of the controlled system.*

**Keywords:** speed, distance, braking system, coefficient of friction, angle of rotation of the wheels, braking, fuzzy logic, Mamdani algorithm.

### Вступ

Розвиток автомобільних технологій у сфері передових транспортних засобів вимагає, щоб виріб транспортного засобу мав хороші експлуатаційні характеристики та високий рівень безпеки для автомобілістів. Розвиток автомобільної техніки не можна відокремити від розвитку системи автоматизації транспортних засобів. Система автоматизації відіграє дуже важливу роль у розвитку автомобільної науки та техніки, щоб допомогти людям мінімізувати людські помилки під час водіння. Однією з переваг систем автоматизації для зниження рівня аварійності є застосування автоматизованої системи керування, яка здатна керувати автоматичним гальмуванням транспортного засобу, щоб автомобіль міг уникнути зіткнення, коли перед ним є перешкода. Автоматична гальмівна система використовує датчик на передній частині автомобіля, який служить детектором об'єктів, тому автоматично гальмується до тих пір, поки транспортний засіб не зачепить виявлений об'єкт.

Технології автоматичного гальмування поєднують датчики та елементи керування гальмами, щоб запобігти зіткненням на високій швидкості. Деякі автоматичні гальмівні системи можуть повністю запобігти зіткненням, але більшість з них призначені для того, щоб просто знизити швидкість автомобіля, перш ніж він зіткнеться з чимось. Оскільки аварії на високій швидкості є більш смертельними, ніж зіткнення на низькій швидкості, автоматичні гальмівні системи можуть врятувати життя та зменшити розмір матеріального збитку, який виникає під час аварії. Деякі з цих систем надають водієві допомогу при гальмуванні, а інші фактично здатні активувати гальма без введення водія.

Кожен виробник автомобілів має власну технологію автоматичної гальмівної системи, але всі вони покладаються на певний тип введення датчиків. Деякі з цих систем використовують лазери, інші використовують радар, а деякі навіть використовують відеодані. Цей вхід датчика потім використовується, щоб визначити, чи є якісь об'єкти на шляху транспортного засобу. Якщо виявлено об'єкт, система може визначити, чи швидкість транспортного засобу більше, ніж швидкість об'єкта перед ним. Значний перепад швидкості може свідчити про ймовірність зіткнення, і в цьому випадку система може автоматично активувати гальма.

*Метою роботи є зменшення ризику зіткнення транспортних засобів через не дотримання безпечної дистанції між ними.*

*Об'єктом дослідження процесу впливу на рівень ризику зіткнення транспортних засобів.*

*Предметом дослідження є методи обчислюваного інтелекту та програмні засоби визначення значень факторів ризику зіткнення транспортних засобів.*

### **Конструкція автоматичної гальмівної системи**

Розробка автоматичної гальмівної системи на основі мікроконтролера Arduino mega з використанням методу нечіткої логіки, розділеного на вхід, процес і вихід. Робота прототипу автоматичного гальмування, яке буде розроблено, полягає в тому, що вхідна швидкість потенціометра є широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), а ультразвукові датчики визначають наявність перешкод на певній відстані, тоді автоматично нечітка логіка, інтегрована з arduino mega, буде автоматично обробляти вхід з датчика для визначення виходу кута гальмування на автомобілі.

При проектуванні автоматичної гальмівної системи за допомогою методу нечіткої логіки необхідно визначити змінні, які можуть вплинути та стати еталоном для кінцевого результату. Змінні розділені на три, а саме керуючі змінні, залежні змінні та незалежні змінні. Керуючі змінні є змінні, які контролюються або робляться постійними, щоб на вплив незалежної змінної на залежну змінну не впливали зовнішні фактори, які не досліджуються. Керуюча змінна налаштована полегшити роботу над гальмівною системою конструкції автоматичного гальмування. Визначена керуюча змінна - це відстань до аварійної зупинки, на якій повинен бути зупинитися автомобіль. Вибір аварійної відстані в якості керуючої змінної полягає в тому, щоб уникнути зіткнення між автомобілем та перешкодою, щоб автомобіль завжди зупинявся на безпечній відстані. Незалежна змінна — це змінна, яка впливає на залежну змінну.

### **Система нечіткої логіки**

У цьому дослідженні використаний метод нечіткої логіки Мамдані. Нечітка логіка може бути застосована до автоматизованих гальмівних систем відповідно до еталонної системи керування автоматизованою гальмівною системою з системою нечіткого виводу. Нечітка логіка використовується як інтегрований контроль гальмування з системним пристроєм arduino mega. У цій системі нечіткої логіки є 4 фактори, які впливають на величину гальмування прототипу автомобіля.

Перший - це відстань автомобіля до перешкоди. Чим ближче автомобіль до перешкоди, тим сильніше гальмувати, щоб уникнути зіткнення.

Другим фактором є швидкість автомобіля, якщо автомобіль їхав на високій швидкості, то він потребує сильного гальмування, а коли автомобіль їхав на низькій швидкості, то гальмування, створене в системі нечіткої логіки, буде низьким.

Третій фактор кут повороту коліс, чим більший він тим сильніше гальмування.

І нарешті четвертий фактор стан дорожнього покриття, а саме коефіцієнт тертя, який впливає на плавність гальмування.

На основі основних факторів отримано 4 вхідні змінні, які будуть використовуватися в системі нечіткої логіки, відстань, швидкість, кут повороту і коефіцієнт тертя, а вихідна змінна в цій системі є силою гальмування.

Функція належності швидкості. Значення термів:

Швидкість (рис. 1), км/год – низька[0, 20], середня[20, 60], достатня[60, 80], висока[80, 100];

Функція належності дистанції. Значення термів:

Дистанція (рис. 2), м – мала[0, 5], середня[5, 10], достатня[10, 20], довга[20, 40].

Функція належності коефіцієнта тертя. Значення термів:

Коефіцієнт тертя (рис. 3) – низький[0, 0.1], середній[0.1, 0.2], достатній[0.2, 0.4], високий[0.4, 0.7].

Функція належності кута повороту коліс. Значення термів:

Кут (рис. 4), градус – малий кут[0, 45], великий кут[45, 90].

Функція належності сили гальмування. Значення термів:

Сила гальмування (рис. 5), % – низька[0, 25], середня[25, 50], достатня[50, 75], висока[75, 100];

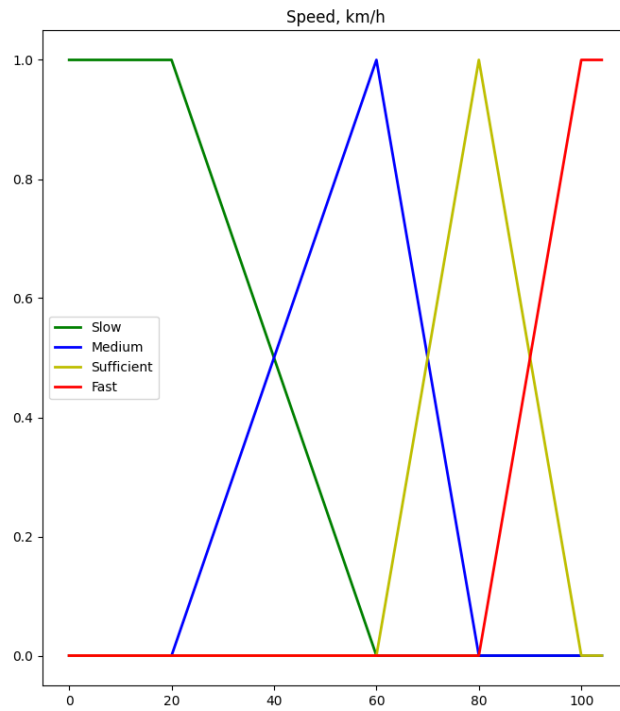


Рисунок 1 – Графічне представлення функції належності швидкості

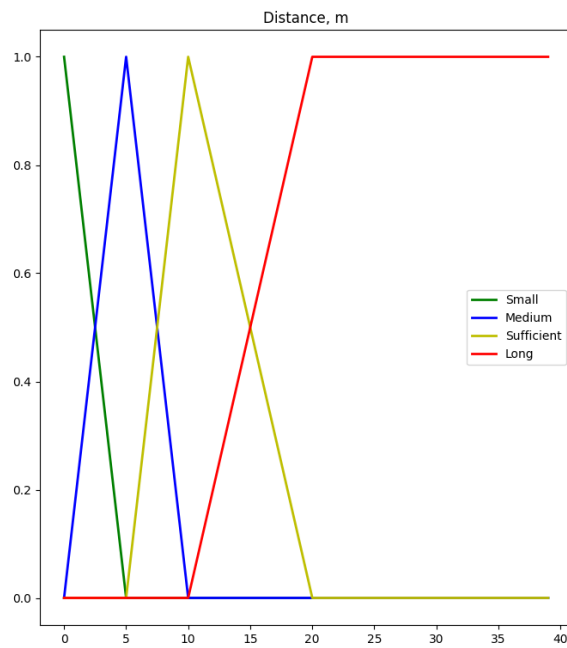


Рисунок 2 – Графічне представлення функції належності дистанції

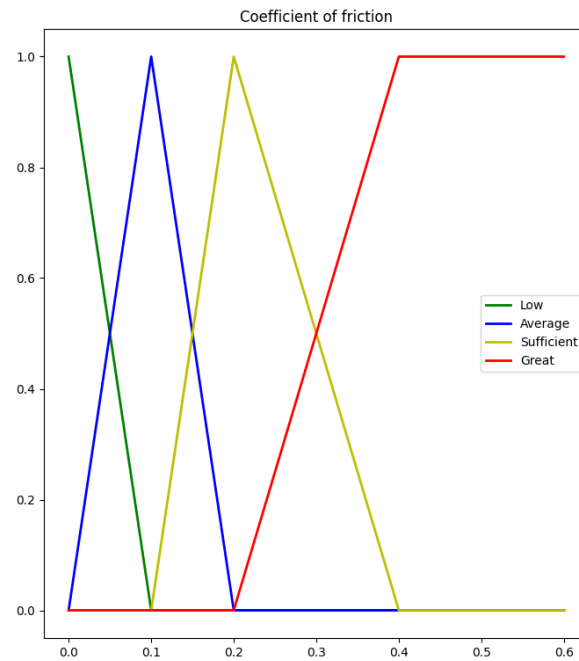


Рисунок 3 – Графічне представлення функції належності дистанції

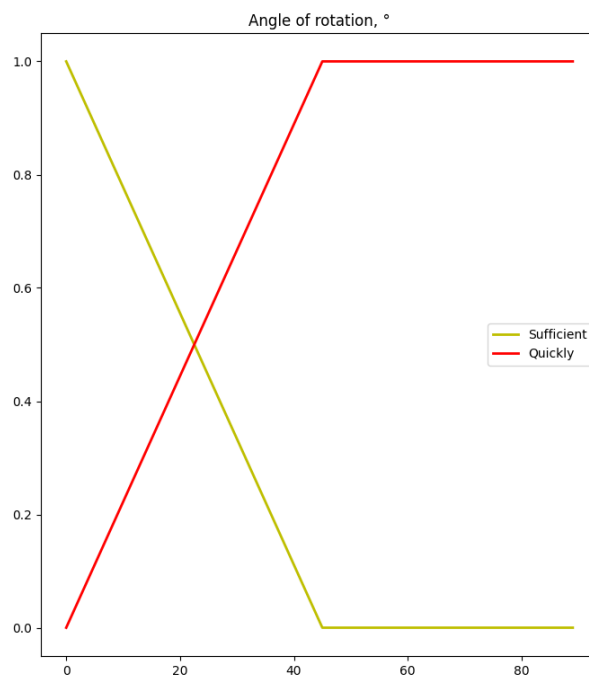


Рисунок 4 – Графічне представлення функції кута повороту коліс

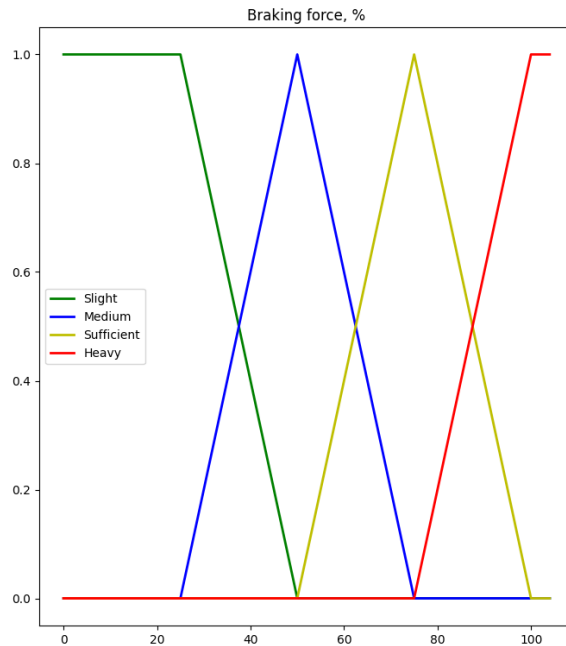


Рисунок 5 – Графічне представлення функції сили гальмування

Система Arduino mega - це схема, призначена для роботи мікроконтролера ІС. Цей мікроконтролер використовується як центральна система керування автоматичним гальмуванням. Arduino mega має порт введення-виводу, який функціонує для отримання вхідних даних від ультразвукових датчиків і значень ШПМ і виводів на драйвер двигуна, сервомотори, РК-дисплей та звуковий сигнал. Вбудована система нечіткої логіки в arduino mega призначена для реалізації введення, обробку та вихід шляхом включення програми нечіткої логіки в мікроконтролер arduino mega. Програма нечіткої логіки створюється за допомогою програмного забезпечення шляхом визначення вхідних і вихідних даних за потреби.

Після цього створюється нечітке правило для обробки вхідних даних, щоб вони отримували вихід у системі нечіткої логіки. Після завершення програмування нечіткої логіки наступним кроком є вставка програми нечіткої логіки в arduino mega мікроконтролер, щоб автоматична гальмівна система могла працювати. Правила нечіткої логіки використовуються для обробки вхідних даних і належності функцій, щоб отримати вихідні дані під час прийняття рішення. Ця система використовує 4 вхідні, 1 вихідну змінні та 128 баз правил, наведених в скороченому вигляді у таблиці 1.

Таблиця 1 – База знань нечіткої системи автоматичного гальмування.

Правило, №	Швидкість X1	Дистанція X2	Кут повороту X3	Коефіцієнт тертя X4	Сила гальмування Y
1	Низька	Мала	(-90) – (-45) (45) – (90)	Низький	Середня
2		Середня			Слабка
3		Достатня			Слабка
4		Довга			Слабка
5	Середня	Мала			Середня
6		Середня			Слабка
7		Достатня			Слабка
8		Довга			Слабка

113	Низька	Мала	(-45) – (0) (0) – (45)	Високий	Достатня
114		Середня			Середня
115		Достатня			Середня
116		Довга			Слабка
117	Середня	Мала			Достатня
118		Середня			Достатня
119		Достатня			Середня
120		Довга			Середня
121	Достатня	Мала			Сильна
122		Середня			Достатня
123		Достатня			Достатня
124		Довга			Середня
125	Висока	Мала			Сильна
126		Середня			Сильна
127		Достатня			Достатня
128		Довга			Достатня

### Результати досліджень

Інформаційна технологія управління системою автоматичного гальмування транспортного засобу має п'ять лінгвістичних змінних:

вхідні – поточна швидкість(км\год) та дистанція(м), коефіцієнт тертя, кут повороту коліс(градуси);

вихідні: відсоткове значення сила гальмування.

Область їхніх значень:

- швидкість[ $\min$ (вказується водієм або визначаються автоматично),  $\max$ (вказується водієм або визначаються автоматично)];
- дистанція[ $\min$ (вказується водієм або визначаються автоматично), ( $\max$ (вказується водієм або визначаються автоматично))];
- коефіцієнт тертя [ $\min 0.1$ ,  $\max 0.7$ ];
- кут повороту коліс [ $\min 0$ ,  $\max 90$ ];
- сила гальмування[ $\min 0$ ,  $\max 100$ ];

Конкретні значення діапазонів швидкості та дистанції вказуються водієм, тому що для кожного транспортного засобу безпечна дистанція та максимальна швидкість різні є різними або визначаються автоматично в залежності від умов навколишнього середовища.

Функція приналежності та дефазифікація значення сили гальмування на прикладі вхідних даних (рис. 6):  
дистанція: 9.5м;

швидкість: 73.6 км/год;

коефіцієнт тертя: 0.48;

кут повороту коліс: 7.4 градусів.

Швидкість (рис. 6), км/год – низька[0, 20], середня[20, 60], достатня[60, 80], висока[80, 100];

Дистанція (рис. 6), м – мала[0, 5], середня[5, 10], достатня[10, 20], довга[20, 40].

Після логічного виведення та дефазифікацій вхідних даних, отримуємо значення результати (рис. 7):

Сила гальмування (рис. 8):55.12 %,

нова швидкість руху: 33.03 км/год.

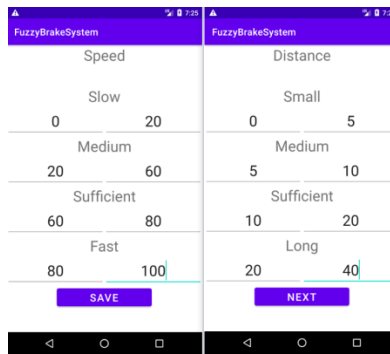


Рисунок 6 – Значення діапазонів швидкості та дистанції

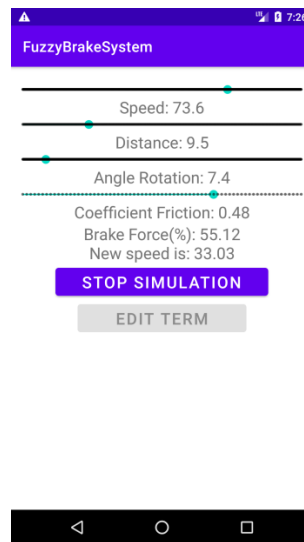


Рисунок 7 – Результат симуляції автоматичного гальмування

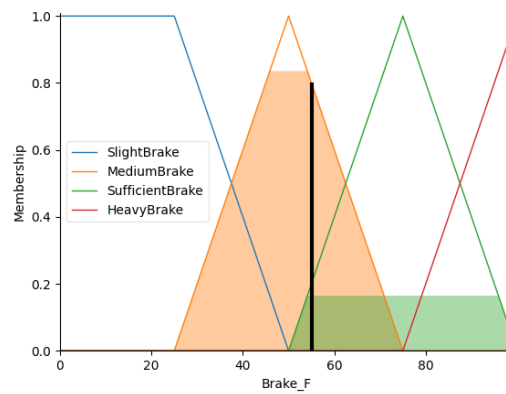


Рисунок 8 – Результуюча функція належності сили гальмування

## Висновки

1. Нечіткий підхід, надає переваги у ефективності обчислень, порівняно з іншими методами.
2. Аналіз та вибір функцій належності логічного висновку Мамдані, що нечіткий підхід, надає переваги у ефективності обчислень, порівняно з іншими методами.
3. Формалізація подання бази знань довела, що нечітка логіка дозволяє оперувати лінгвістичними змінними, а не точними значеннями показників при визначені сили гальмування, проводити якісну оцінку вхідних та вихідних результатів, а також суттєво скорочувати базу правил, не знижуючи при цьому точність.
4. Система надає можливість водієві транспортного засобу самому визначати межі термів лінгвістичних змінних – дистанції та швидкості, що є дуже зручно, так це може бути використано у різних автомобілях та у різних погодних умовах, а також визначаю тати їх самостійно в залежності від умов навколишнього середовища..
5. Реалізована інформаційна технологія має місце використання в автомобілях з механічною трансмісією та буде зменшувати ризик зіткнення транспортних засобів, що відбувається за не дотриманням безпечної дистанції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобільний сайт. Клуб автолюбителів Системи автоматичного гальмування [Електронний ресурс]. Режим доступу - <http://autopark.pp.ua/369-sistemi-avtomatichnogo-galmutvannya.html>
2. Автомобілі ЧКТКТ. Система гальмування [Електронний ресурс]. Режим доступу - [https://avtomobilikp.io.ua/s2303219/galmivni\\_sistemi](https://avtomobilikp.io.ua/s2303219/galmivni_sistemi)
3. 3. ACM DIGITAL LIBRARY. Automatic braking system using fuzzy logic [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1314668.1314672>
4. ResearchGate. (PDF) Automatic Brake System using Fuzzy Logic Contents logic [Електронний ресурс]. Режим доступу - [https://www.researchgate.net/publication/333617977\\_Automatic\\_Brake\\_System\\_using\\_Fuzzy\\_Logic\\_Contents](https://www.researchgate.net/publication/333617977_Automatic_Brake_System_using_Fuzzy_Logic_Contents)
5. NAUTICA. Методи нечіткого виведення [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://sites.google.com/site/ne4itkalogika/necitka-logika/metodi-necitkogo-vivedenna>
6. ResearchGate. (PDF) Automatic Brake System using Fuzzy Logic Contents logic [Електронний ресурс]. Режим доступу - [https://www.researchgate.net/publication/333617977\\_Automatic\\_Brake\\_System\\_using\\_Fuzz\\_y\\_Logic\\_Contents](https://www.researchgate.net/publication/333617977_Automatic_Brake_System_using_Fuzz_y_Logic_Contents)
7. Ajol Info. MODELLING OF AUTOMATIC CAR BRAKING SYSTEM USING FUZZY LOGIC CONTROLLER [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://www.ajol.info/index.php/njt/article/view/191781/180937>
8. Soft Computing:/ Мітюшкін Ю.І, Мокін Б.І., Ротштейн О.П. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 145 с.
9. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems:/ Guanrong Chen, Trung Tat Pham – Boca Raton London New York Washington, D.C., 2013. – 329 p.

**Кісарчук Богдан Миколайович** – студент групи КН-20Мз, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [angruh14@gmail.com](mailto:angruh14@gmail.com)

**Месюра Володимир Іванович** – к.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Kisarchuk Bohdan Mykolayovych** - student of KN-20Mz group, Faculty of Intelligent Information Technology and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [angruh14@gmail.com](mailto:angruh14@gmail.com)

**Volodymyr Ivanovich Mesyura** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor, Professor of the Computer Science Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.