

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:

Інформаційна технологія визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття

Виконав ст. гр. 1КН-18М

Поліщук Б.В.

Науковий керівник: к.т.н., доц.

Сілагін О. В.

Актуальність роботи

Найбільш важливий параметр, який необхідно визначити експерту-автотехніку при встановленні причинно-наслідкового зв'язку ДТП, - початкова швидкість автомобіля до початку гальмування. Вона визначається по слідах гальмування, з врахуванням коефіцієнта зчеплення, що залежить від погодних умов, стану автомобільних шин, якості матеріалу покриття та умов експлуатації автомобільної дороги. Оскільки від цих рішень залежить міра вини та доля людини – учасника ДТП, дуже важливо, щоб процес визначення коефіцієнта зчеплення був об'єктивним та безпомилковим. Тому розробка інформаційної технології визначення коефіцієнта зчеплення є актуальною.

Мета, об'єкт та предмет

дослідження

Мета дослідження – збільшення
достовірності визначення коефіцієнта
зчеплення колеса та дорожнього покриття.

Об'єкт дослідження – це процес визначення
коефіцієнта зчеплення автомобіля та
дорожнього покриття.

Предмет дослідження – інформаційні
технології, математичні моделі, алгоритми та
програмні засоби для визначення коефіцієнта
зчеплення автомобіля та дорожнього
покриття.

Задачі дослідження

- обґрунтувати доцільність створення інформаційної технології визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття;
- проаналізувати існуючі технології, методи і моделі визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля з дорогою та вибрати найбільш ефективні;
- сформулювати вимоги до роботи технології та розробити ТЗ;
- доопрацювати існуючу технологію визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття з врахуванням кута нахилу дорожнього полотна;
- провести математичне моделювання роботи етапів нової технології з використанням апарату нечіткої логіки;
- провести фазифікацію розробленої моделі;
- розробити та наповнити базу знань у вигляді матриць з правилами ЯКЩО-ТО;
- на основі розробленої технології виконати проектування модуля визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття;
- реалізувати та налаштувати роботу модуля визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття;
- протестувати роботу налаштованого модуля;
- виконати задачі економічного розділу.

Наукова новизна

одержаних результатів полягає в наступному:

- удосконалено інформаційну технологію визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття, яка відрізняється від існуючої тим, що при створенні бази знань враховує кут нахилу дорожнього полотна та наявність системи ABS;
- розроблена та фазифікована спеціалізована математична модель визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття, що орієнтована на удосконалену технологію.

Практичне значення

одержаних результатів полягає у наступному:

- розроблено алгоритм нечіткого логічного виведення результатів визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття;
- розроблено алгоритм нечіткої логічної апроксимації;
- реалізовано експериментальний програмний засіб

Апробація результатів роботи

Результати досліджень апробовано в доповіді на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ – 2020» та щорічній регіональній науково-практичній конференції «ВНТУ-2018» та Міжнародній науково-практичній конференції ІОН-2018.

Публікації

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано матеріали в збірнику праць «ІОН-2018» [1], тези доповіді конференцій [2,3].

Результати, одержані в процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи, плануються до впровадження в розробки науково-виробничого підприємства ТОВ «ІТІ».

Постановка задачі

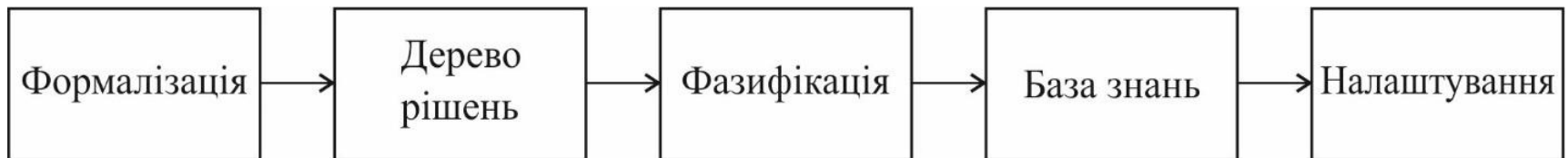
Для моделювання роботи технології визначення коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою варто застосовувати апарат нечіткої логіки

Вектор вхідних змінних: Q - інтегральний показник "тип шин - дорога"; H - знос шини; P - тиск в шині; N - навантаження на колесо; V – швидкість автомобіля; α – кут нахилу дорожнього полотна; S - ступінь прослизання шини

До вектору вхідних змінних базової технології треба додати змінну S , що характеризує режим гальмування:

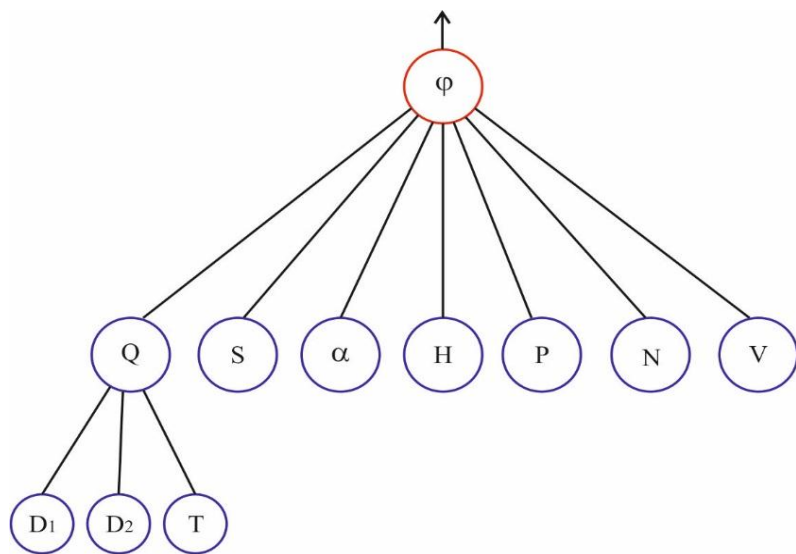
- гальмування юзом (відсутність системи ABS);
 - гальмування з просковзуванням (наявність системи ABS),
- а також змінну α , що визначає кут нахилу дорожнього полотна.

Структура технології



Дерево рішень задачі визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття

$$\phi = f \phi (Q, S, H, P, N, V, \alpha)$$



ϕ – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою,

Q - інтегральний показник «шина – дорога»,

D_1 - тип дорожнього покриття,

D_2 - стан дорожнього покриття,

T - тип шин,

S - ступінь прослизання шини,

α – кут нахилу дорожнього полотна,

H - знос шини,

P - тиск в шині,

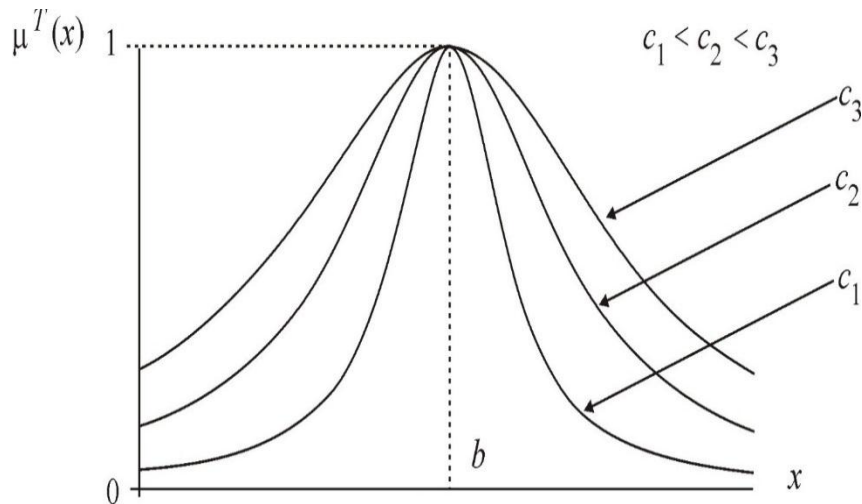
N - навантаження на колесо,

V – швидкість автомобіля.

Фазифікація змінних

Лінгвістична змінна	Лінгвістичні терми
Q – інтегральний показник	низький (Q_1), нижче середнього (Q_2), середній (Q_3), вище середнього (Q_4), високий (Q_5)
S - ступінь прослизання шини	кочення з просковзуванням (S_1), юз (S_2)
H - знос шини	нова (H_1), в межах допустимого (H_2), лиса (H_3)
P - тиск в шині	знижений (P_1), нормальний (P_2), підвищений (P_3)
N - навантаження на колесо	без навантаження (N_1), середня (N_2), повна (N_3)
V - швидкість автомобіля	низька (V_1), нижче середньої (V_2), середня (V_3), вище середньої (V_4), висока (V_5)
α – кут нахилу	$(-15^\circ < \alpha < 15^\circ)$

Параметри функції належності



Для моделювання використовувалися дзвоноподібні функції належності, задані на єдиній універсальній множині $U = [0, 100]$, з параметрами центру (b) і стиснення-розтягування (c)

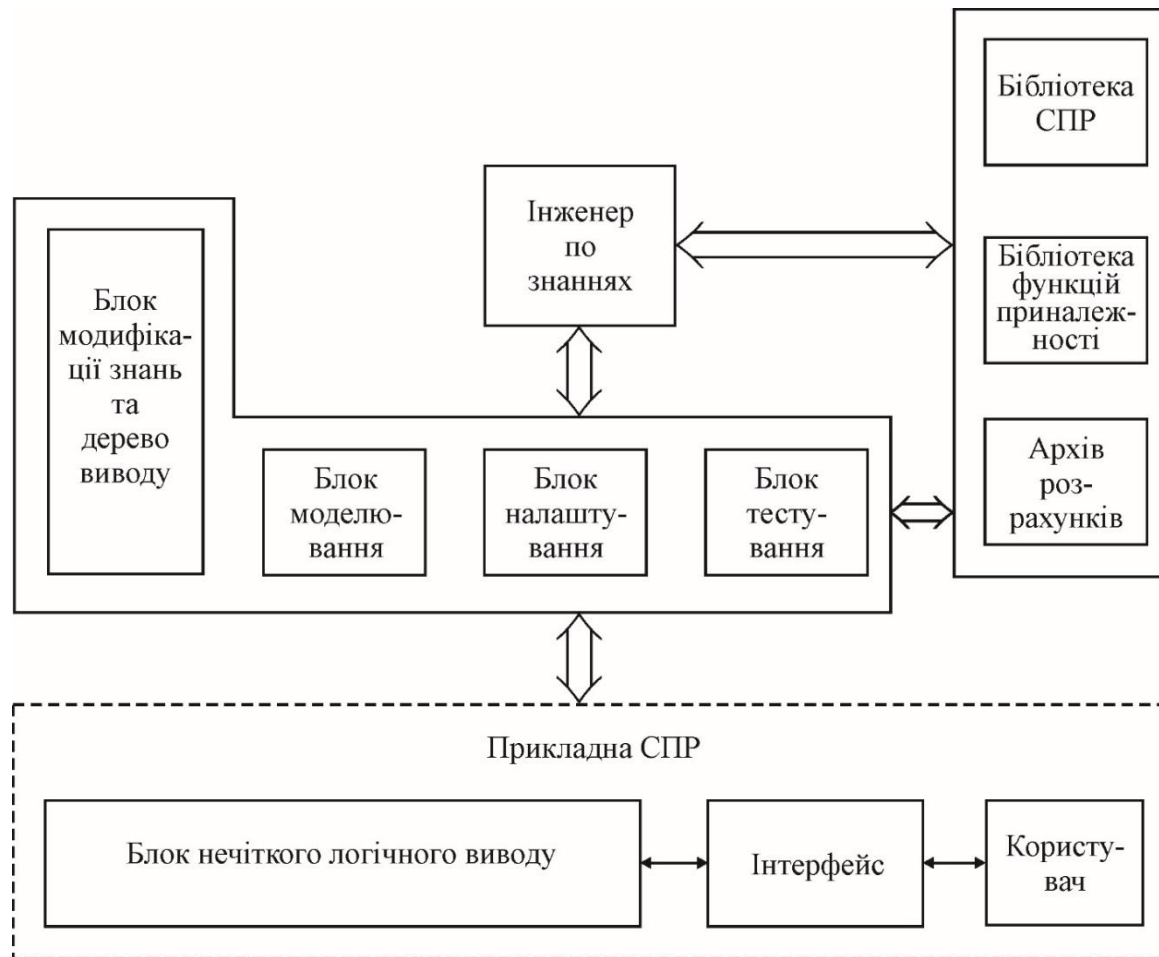
Продукційні правила виведення рішення

- ЯКЩО Q (інтегральний показник - "тип шин - дорога") = Q_1 (низький)
- I S (ступінь прослизання шини) = S_2 (юз),
 - I H (знос шини) = H_2 (в межах допустимого),
 - I P (тиск в шині) = P_2 (нормальний),
 - I N (навантаження на колесо) = N_1 (без навантаження),
 - I V (швидкість автомобіля) = V_1 (низька),
- АБО Q (інтегральний показник - "тип шин - дорога") = Q_1 (низький)
- I S (ступінь прослизання шини) = S_2 (юз),
 - I H (знос шини) = H_2 (в межах допустимого),
 - I P (тиск в шині) = P_2 (нормальний),
 - I N (навантаження на колесо) = N_1 (без навантаження),
 - I V (швидкість автомобіля) = V_1 (низька),
- АБО Q (інтегральний показник - "тип шин - дорога") = Q_1 (низький)
- I S (ступінь прослизання шини) = S_2 (юз),
 - I H (знос шини) = H_2 (в межах допустимого),
 - I P (тиск в шині) = P_2 (нормальний),
 - I N (навантаження на колесо) = N_1 (без навантаження),
 - I V (швидкість автомобіля) = V_1 (низька),
- ТО ϕ (коефіцієнт зчеплення) = ϕ_1

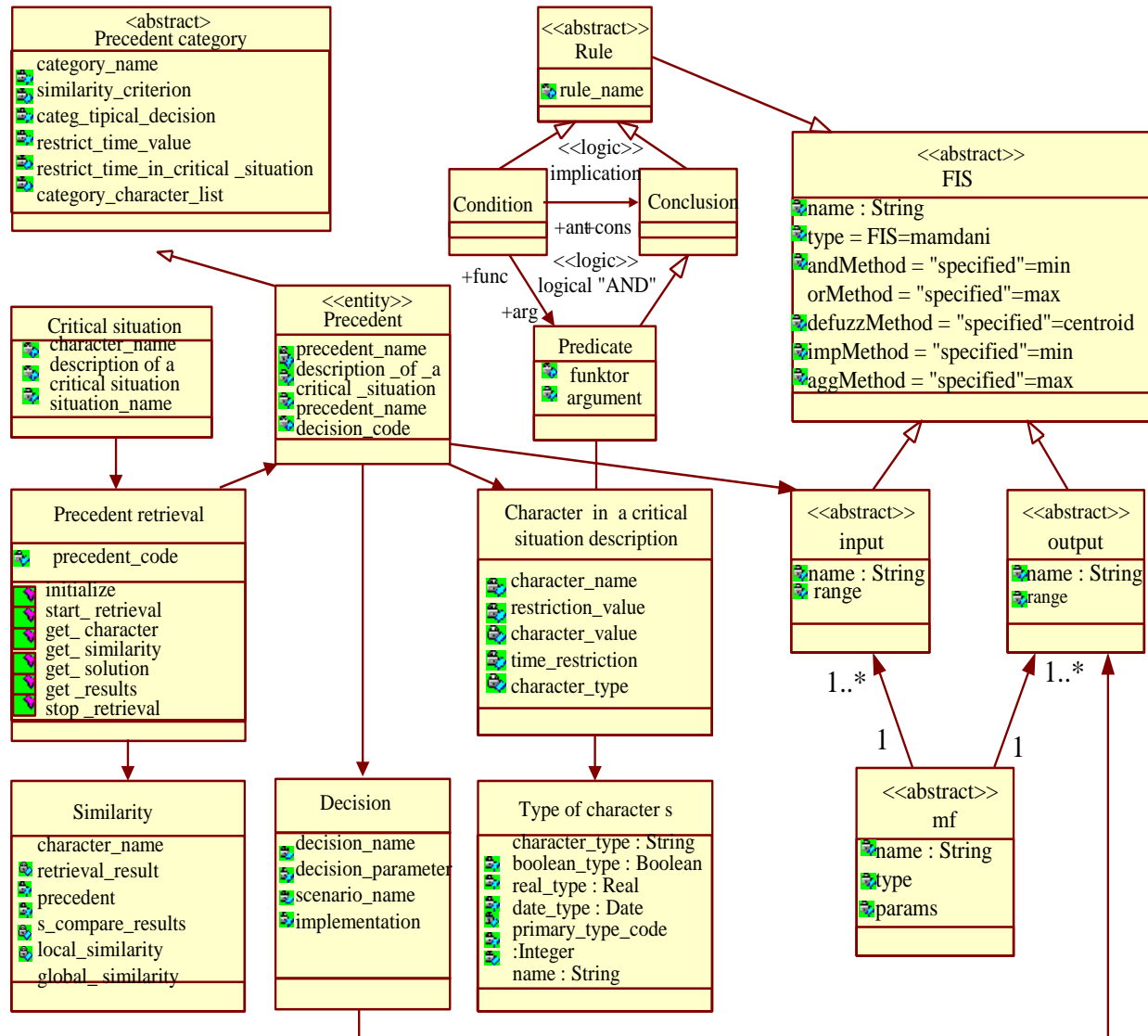
Фрагмент бази знань

Q	S	H	P	N	V	φ	Вага
Q ₁	S ₂	H ₂	P ₂	N ₁	V ₁	φ_1	1.000
Q ₁	S ₁	H ₁	P ₁	N ₃	V ₁		0.700
Q ₁	S ₁	H ₃	P ₃	N ₂	V ₂		0.999
Q ₂	S ₂	H ₂	P ₂	N ₂	V ₃	φ_2	0.700
Q ₁	S ₁	H ₂	P ₁	N ₂	V ₂		0.700
Q ₂	S ₁	H ₁	P ₃	N ₃	V ₃		0.998

Структурна схема компонентів середовища прийняття рішень



Діаграма класів модуля з використанням шаблону «FUZZY SOLUTION»



Алгоритм виведення рішення

1. Зафіксуємо вектор значень вхідних змінних

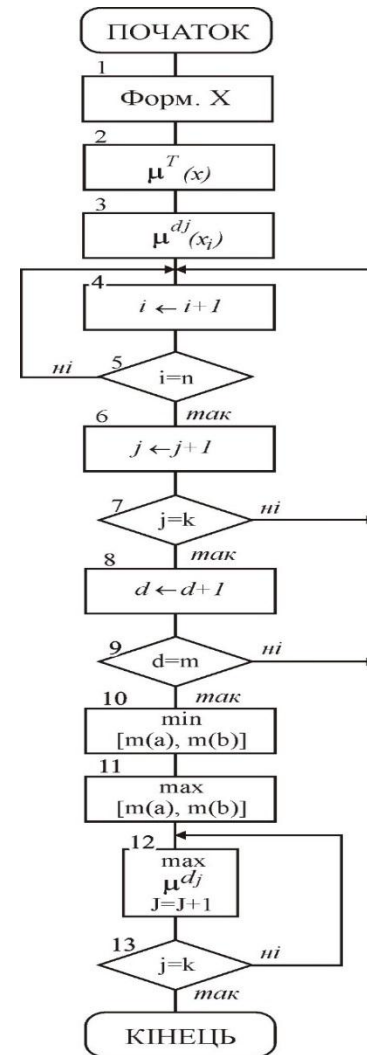
$(Q_1, Q_2, \dots, Q_5, S_1, S_2, H_1, H_2, H_3, P_1, P_2, P_3, N_1, N_2, N_3, V_1, V_2, \dots, V_5, \alpha)$

2. Визначимо значення функцій приналежності термів-оцінок вхідних змінних.

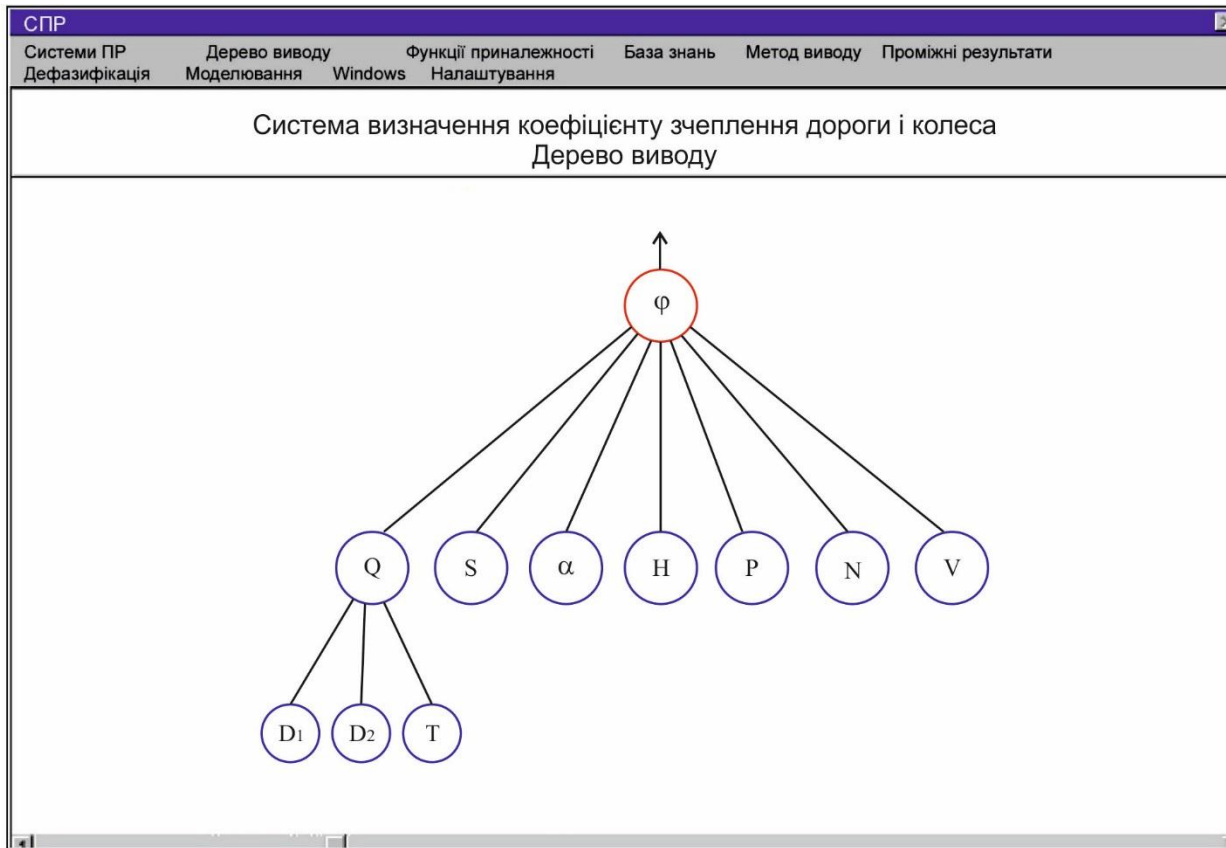
3. Обчислимо функції приналежності $\mu^{\varphi j}(Q, S, H, P, N, V, \alpha)$ термів-оцінок вихідної величини ϕ , яка відповідає вектору значень вхідних змінних

4. Визначимо оцінку ϕ_j , функція приналежності якої максимальна:

$$\mu^{\varphi* j}(Q, S, H, P, N, V, \alpha) = \max_{j=1,6} [\mu^{\varphi j}(Q, S, H, P, N, V, \alpha)]$$



Реалізація модуля через форми середовища Формування дерева виведення рішення



Формування матриці знань

СПР
Системи ПР Дерево виводу Функції приналежності База знань Метод виводу Проміжні результати
Дефазифікація Моделювання Windows Налаштування

Система визначення коефіцієнту зчеплення дороги і колеса
Дерево виводу

X2	X3	X4	X5	X10	Y	Wght
В	В	В	Н	В	Н	1.000
В	вС	В	нС	В		1.000
вС	В	вС	Н	В		1.000
вС	вС	В	нС	В	нС	1.000
В	В	вС	С	В		1.000
вС	вС	В	нС	вС		1.000
С	С	С	С	С	С	1.000
вС	вС	С	нС	вС		1.000

The diagram shows a knowledge graph with nodes Q, S, α , H, P, N, V, D1, D2, and T. Node Q is connected to D1, D2, and T. Node S is connected to Q. Node α is connected to Q. Node H is connected to Q. Node P is connected to H. Node N is connected to H. Node V is connected to H.

Введення значень вхідних змінних

СПР

Системи ПР Дерево виводу Функції приналежності База знань Метод виводу Проміжні результати
Дефазифікація Моделювання Windows Налаштування

Система визначення коефіцієнту зчеплення дороги і колеса
Дерево виводу

Вхідні перемінні

Задайте значення вхідним перемінним

X1	44.000000		Число	Термом	31.000001	57.000000
X2	300.000000		Число	Термом	147.00001	405.000000
X3	нС		Число	Термом		
X4	Н		Число	Термом		
X5	0.200000		Число	Термом	0.1000001	0.400000
X10	31.000000		Число	Термом	10.500001	40.900000

Прорахувати дерево Cancel Наступні

D1 D2 T

Порівняння з аналогом

Показники	Аналог FUZZY EXPERT	Нова розробка	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога
Функціональність	8	8	однакова
Достовірність Середньо- квадратичне відхилення	4%	3,3%	вище
Сумісність	3	3	однакова
Економія ресурсів і часу	Автоматизоване навчання	Автоматизоване навчання	однакова
Простота використання	Графічний інтерфейс	Графічний інтерфейс	однакова

Економічна частина

В даному розділі було виконано оцінювання комерційного потенціалу розробки інформаційної технології оцінювання кредитоспроможності інноваційних проектів.

Проведено технологічний аудит з залученням трьох незалежних експертів. Визначено, що рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього. Дослідження комерційного потенціалу розробки показало, що програмна реалізація нової розробки за своїми характеристиками випереджає аналогічні програмні продукти, а тому є перспективною. Вона має кращі функціональні показники, що свідчить про її конкурентоспроможність.

Витрати на розробку становлять 29180,86 грн. Розрахована абсолютна ефективність вкладених інвестицій в сумі 3555920 грн свідчить про отримання прибутку інвестором від комерціалізації програмного продукту.

Щорічна ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій складає 119%, що набагато вище за мінімальну бар'єрну ставку дисконтування, яка складає 25%. Це означає потенційну зацікавленість інвесторів у фінансуванні розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій становить 0,84 року, що також свідчить про доцільність фінансування нової розробки.

ВИСНОВКИ

Всі задачі, поставлені перед магістерською кваліфікаційною роботою виконані в повному об'ємі, а саме:

- обґрунтована доцільність створення інформаційної технології визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття;
- проаналізовані існуючі технології, методи і моделі визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля з дорогою та вибрано найбільш ефективні;
- сформульовано вимоги до роботи технології;
- доопрацьовано існуючу технологію визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття з врахуванням кута нахилу дорожнього полотна та використання ABS;
- проведено математичне моделювання роботи етапів нової технології з використанням апарату нечіткої логіки;
- проведена фазифікація розроблених моделей;
- розроблено та наповнено базу знань у вигляді матриць з правилами ЯКЩО-ТО;
- на основі розробленої технології виконано проектування модуля визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття;
- реалізувано та налаштовано роботу модуля визначення коефіцієнта зчеплення автомобіля та дорожнього покриття;
- протестовано роботу налаштованого модуля;
- виконано задачі економічного розділу.

Мета дослідження – збільшення достовірності визначення коефіцієнта зчеплення колеса та дорожнього покриття, досягається за рахунок використання доопрацьованої технології та математичної моделі в яких використовуються такі додаткові впливаючі фактори, як нахил дорожнього покриття та використання ABS, що підвищує адекватність моделі.

При співставленні з даними експериментальної вибірки (див колонки 1,2,3 таблиці 2.6), були одержані результати середньоквадратичного відхилення від експериментальних даних:

по моделі аналога : $b_{\phi} = 0,04$;

по доопрацьованій моделі $b_{\phi} = 0,033$