

УДК 658.012.1:656.13

Філь Н.Ю., Бінковська А.Б.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРИ УПРАВЛІННІ АВТОТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ В УМОВАХ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ

**Філь Н.Ю., Бінковська А.Б. Метод визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах в умовах нечіткої інформації.** У статті проведено аналіз факторів, що впливають на рівень безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах, на підставі чого розроблено метод визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом. Для реалізації методу визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі використано Fuzzy Logic Toolbox Matlab.

Ключові слова: автомобільна дорога рівень безпеки, водій, методи нечіткого виведення, Мамдані, Сугено, фазифікація, агрегування, активізація, акумулювання, дефазифікація.

**Филь Н.Ю., Бинковская А.Б. Метод определения уровня безопасности при управления автотранспортным средством на автомобильных дорогах в условиях нечеткой информации.** В статье проведен анализ факторов, влияющих на уровень безопасности при управлении автотранспортным средством на автомобильных дорогах, на основании чего разработан метод определения уровня безопасности при управлении автотранспортным средством. Для реализации метода определения уровня безопасности при управлении автотранспортным средством на автомобильной дороге использовано Fuzzy Logic Toolbox Matlab.

Ключевые слова: автомобильная дорога уровень безопасности, водитель, методы нечеткого вывода, Мамдани, Сугено, фазификация, агрегирование, активизация, аккумулялирование, дефазификация.

**Fil N.U., Binkovska A.B. The method for determining safety level in the management of a vehicle on highways under fuzzy information.** The article analyzes the factors affecting safety level when driving a vehicle on highways based on which the method for determining safety level while driving a vehicle has been developed. Fuzzy Logic Toolbox Matlab was used to implement the method for determining safety level while driving a vehicle on highways.

Keywords: highways, safety level, driver, fuzzy inference methods, Mamdani, Sugeno, phasing, aggregation, activation, accumulation, defuzzification.

### Постановка проблеми.

Мережа автомобільних магістралей є однією з основних складових транспортної системи України, що задовольняє потребам суспільства в пасажирських та вантажних перевезеннях автомобільним транспортом. В сучасних умовах розширення зовнішньоекономічних торговельних відносин, інтеграції України у систему міжнародних транспортних коридорів необхідно удосконалити систему транспортного забезпечення. Це надасть можливості для модернізації та підвищенню якості транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг України, дозволить розвивати вітчизняну економіку [1, 2].

Перспективи розвитку мережі автомобільних доріг пов'язані з вирішенням наявних проблем транспортно-дорожнього комплексу. Згідно зі Стратегією реформування та розвитку дорожньої галузі України [3], Концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013 - 2018 роки, Транспортної стратегії України на період до 2020 року, Транспортної політики України та її наближення до норм Європейського Союзу (ЄС) [4], розвиток автомобільних доріг загального користування повинен здійснюватися в напрямку їх інтеграції до Європейської транспортної мережі, що спрямована на приведення стану доріг до відповідних міжнародних вимог. В цих нормативних документах зазначаються наступні проблеми розвитку автомобільних доріг, а саме:

- недостатній рівень використання геополітичного положення України та можливостей її транспортних комунікацій для міжнародного транзиту вантажів територією України;
- незадовільний транспортно-експлуатаційний стан автодоріг;
- невідповідність технічних стандартів автомобільних доріг України стандартам ЄС за якістю та ваговими навантаженнями;
- незадовільний рівень безпеки дорожнього руху;
- відставання розвитку автомобільних доріг від темпів автомобілізації країни;
- низький рівень сервісного обслуговування транспортної інфраструктури;
- недостатній обсяг фінансування та інвестицій у розбудову доріг і розвиток галузі.

Наслідком незадовільного стану дорожніх умов є велика кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Кількість ДТП з тяжкими наслідками в Україні є однією найбільших серед країн ЄС [5-6].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботі [7] проводиться аналіз факторів, що призводять до ДТП. Визначено що в 57% випадків головна причина ДТП – помилка людини; в 27% випадків причинна ДТП є проблема взаємодії людини і дороги; в 6% випадків причинна ДТП є проблема взаємодії людини і автомобіля; в 3% випадків причиною ДТП є проблема складного взаємодії людини, автомобіля і дороги.

Результати аналізу оцінки ризиків від дорожньо-транспортних пригод, що можуть використовуватися при оцінці рівня безпеки дорожнього руху наведено в роботі [8].

В роботі [9] встановлено причинний взаємозв'язок між ефективністю реалізації заходів та зміною кількості пригод та кількості поранень, що очікуються, або їх важкості. Визначено, що забезпечення безпеки на автомобільному транспорті України повинно йти шляхом розробки та впровадження системи «людина - автомобіль-дорога», що базується на комплексному врахуванні дорожніх, технічних і соціально-економічних факторів.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є підвищення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі за рахунок розробки методу визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах в умовах нечіткої інформації.

### Основні результати дослідження

Для визначення рівня безпеки при управлінні автомобільним засобом на автомобільній дорозі розглянемо систему «водій – автотранспортний засіб – автомобільна дорога – навколишнє середовище».

В цій системі для кожного елемента можна виділити декілька параметрів, які мають значний вплив на рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі:

- водій (досвід роботи, стан здоров'я (температура й артеріальний тиск);
- автотранспортний засіб (його технічний стан, вік автотранспортного засобу);
- автомобільна дорога (стан дорожнього покриття, рельєф, наявність або відсутність дорожніх знаків);
- навколишнє середовище (перешкоди, погодні умови, оглядовість траси).

Для вирішення поставленого завдання пропонується використати методи нечіткого виводу для чого визначаються входні і вихідні змінні об'єкту управління, на основі входних змінних вибираються управляючі змінні. Виділені величини представляються у вигляді лінгвістичних змінних. Для кожної з лінгвістичних змінних формуються терм-множини у вигляді нечітких змінних.

Формалізація часткових параметрів елементів системи «водій – автотранспортний засіб – автомобільна дорога – навколишнє середовище» у вигляді лінгвістичних змінних наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Формалізація часткових параметрів

Частинний параметр стану	Універсум	Терми для лінгвістичної оцінки
$v_1$ значення артеріального тиску	[70/ 50;200/110]	низьке (нзд); нормальне(нд); високе (вд)
$v_2$ температура тіла	[33;42]	низька (нзт), нормальна (нт), висока (вт)
$v_3$ стаж керування автотранспортним засобом	[0;10]	малий (мс); середній (сс); великий (вс)
$v_4$ стан автотранспортного засобу	[0;30]	новий (нст), середній (сст); старий (стст)
$v_5$ стан автомобільної дороги	[0, 10] у.о.	сухо (сух), слякота (сл.), ожеледь (ож)
$v_6$ швидкість автотранспортного засобу	[0, 100]	низька (нш), середня (сш), висока(вш)

Рівень безпеки при управлінні автомобільним засобом на на автомобільній дорозі може бути визначений  $R = \{ \text{«дуже поганий»}, \text{«поганий»}, \text{«задовільний»}, \text{«добрий»}, \text{«дуже добрий»} \}$ .

Нехай терми лінгвістичних змінних представлені параметричним нечіткими числами з трапецієподібними і трикутними функціями приналежності як найбільш поширеними [10-11].

Для визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі враховуються наступні параметри для водія артеріальний тиск  $v_1 \in [70/50;200/110]$ , але нормальним вважається артеріальний тиск  $v_1 \in [110/70;140/90]$ .

Задаємо функції приналежності для змінної «Артеріальний тиск» трапецієвидного виду:

$$\mu_{\text{нзд}}(v_1) = \begin{cases} 1, & v_1 \in [70;100) \\ \frac{110-v_1}{10}, & v_1 \in [100;110); \\ 0, & v_1 > 110 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_1) = \begin{cases} 0, & v_1 < 100; v_1 > 140, \\ \frac{v_1-100}{10}, & v_1 \in [100;110), \\ 1, & v_1 \in [110;130], \\ \frac{130-v_1}{10}, & v_1 \in (130;140]. \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_1) = \begin{cases} 0, & v_1 < 140, \\ \frac{v_1-130}{5}, & v_1 \in (140;145], \\ 1, & v_1 \in [145;200]. \end{cases} \quad (3)$$

Крім того, до основних показників стану водія відноситься температура тіла  $v_2 \in [33;42]$ . З медичної точки зору нормальною температурою тіла вважається  $v_2 \in [36,2;36,8]$ .

Задаємо функції приналежності для змінної «Температура тіла» трапецієвидного виду:

$$\mu_{\text{нзд}}(v_2) = \begin{cases} 1, & v_2 \in [33;35,5), \\ \frac{v_2-35,5}{1,5}, & v_2 \in [35,5;36), \\ 0, & v_2 > 36. \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_2) = \begin{cases} 0, & v_2 < 36; v_2 > 37, \\ v_2-36, & v_2 \in [36;36,2), \\ 1, & v_2 \in [36,2;36,8], \\ \frac{37-v_2}{0,02}, & v_2 \in (36,8;37]. \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_2) = \begin{cases} 0, & v_2 < 37, \\ \frac{v_2-37}{0,05}, & v_2 \in (37;37,5], \\ 1, & v_2 \in [37,5;42]. \end{cases} \quad (6)$$

Важливе значення має стаж керування автотранспортним засобом (рік)  $v_3$  – малий –  $[0, 2)$ , середній –  $(1,5, 5,5)$ , великий –  $(5, 10]$ .

$$\mu_{\text{нзд}}(v_3) = \begin{cases} 1, & v_3 \in [0;1.5), \\ v_3 - 1.5, & v_3 \in [1.5;2), \\ 0, & v_3 > 2. \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_3) = \begin{cases} 0, & v_3 < 1.5; v_3 > 5.5, \\ \frac{v_3 - 1.5}{0.5}, & v_3 \in [1.5;2), \\ 1, & v_3 \in [2,5], \\ \frac{5.5 - v_3}{0.5}, & v_3 \in (5,5.5]. \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_3) = \begin{cases} 0, & v_3 < 5, \\ 5 - v_3, & v_3 \in (5;5.5], \\ 1, & v_3 \in [5.5;10] \end{cases} \quad (9)$$

Стан автотранспортного засобу можна визначити  $v_4$ , як новий [0;6], середній [5;10], старий [9;30].

$$\mu_{\text{нзд}}(v_4) = \begin{cases} 1, & v_4 \in [0;5), \\ v_4 - 6, & v_4 \in [5;6), \\ 0, & v_4 > 6. \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{\text{нд}}(v_4) = \begin{cases} 0, & v_4 < 5; v_4 > 10, \\ v_4 - 5, & v_4 \in [5;6), \\ 1, & v_4 \in [6,9], \\ 9 - v_4, & v_4 \in (9;10] \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{\text{вд}}(v_4) = \begin{cases} 0, & v_4 < 9, \\ 9 - v_4, & v_4 \in (9;10] \\ 1, & v_4 \in [10;30] \end{cases} \quad (12)$$

Стан автомобільної дороги залежить від погодних умов та можна визначити  $v_5$ : ожеледь – [0, 4), слякота – (3, 6), сухо – (5, 10].

$$\mu_{\text{ож}}(v_5) = \begin{cases} 1, & v_5 \in [0;3), \\ v_5 - 3, & v_5 \in [3;4), \\ 0, & v_5 > 4. \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu_{\text{сл}}(v_5) = \begin{cases} 0, & v_5 < 3; v_5 > 6, \\ v_5 - 3, & v_5 \in [3;4), \\ 1, & v_5 \in [4,5], \\ 5 - v_5, & v_5 \in (5;6]. \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{\text{сух}}(v_5) = \begin{cases} 0, & v_5 < 5, \\ 5 - v_5, & v_5 \in (5;6] \\ 1, & v_5 \in [6;10] \end{cases} \quad (15)$$

Швидкість автотранспортного засобу (км/год)  $v_6$ : дозволена швидкість – [0,100].

$$\mu_{\text{ниш}}(v_6) = \begin{cases} 1, & v_6 \in [0;40), \\ \frac{v_6 - 40}{10}, & v_6 \in [40;50), \\ 0, & v_6 > 50. \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{\text{сш}}(v_6) = \begin{cases} 0, & v_6 < 50; v_6 > 80, \\ \frac{v_6 - 50}{10}, & v_6 \in [50;60), \\ 1, & v_6 \in [60;70], \\ \frac{v_6 - 70}{10}, & v_6 \in (70;80] \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{\text{вш}}(v_6) = \begin{cases} 0, & v_6 < 70, \\ \frac{70 - v_6}{10}, & v_6 \in (70;80] \\ 1, & v_6 \in [80;100] \end{cases} \quad (18)$$

Необхідно кожній комбінації параметрів вхідних змінних поставити у відповідність рівень безпеки, а також побудувати вихідне значення рівня безпеки в залежності від можливих значень вхідних параметрів [10-12].

Причинно-наслідкові зв'язки між значеннями вхідних змінних і рівнем безпеки на автомобільній дорозі формалізуються у вигляді сукупності нечітких логічних правил. Формат базового правила виведення «якщо-то» (if-then) називається нечіткою імплікацією. Умовою правила може бути твердження «S низька», де «низька» – терм заданий нечіткою множиною на універсальній множині лінгвістичної змінної S. Наслідком (висновком) для даної умови може бути один з термів вихідного параметра, тобто рівень безпеки на автомобільній дорозі.

Розглянемо проектування системи нечіткого виводу у середовище MathLab, яке складається з наступних кроків [10-11].

Крок 1. Для завантаження основного fis-редактору надрукуємо слово fuzzy у командному рядку Matlab.

Крок 2. Оберемо тип системи. Для цього в меню File в підменю New fis... оберемо команду Mamdani.

Вибір нечіткої моделі типу Мамдані обумовлений тим, що правила бази знань є прозорими та інтуїтивно зрозумілими, тоді як для моделей типу Сугено не завжди ясно які лінійні залежності «входи-вихід» необхідно використовувати і як їх отримати.

Крок 3. Додамо другу вхідну змінну. Для цього в меню Edit оберемо команду Add input.

Крок 4. перейменуємо першу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівої кнопки миші на блоці input1, введемо нове позначення  $v_1$  в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 5. перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення  $v_2$  в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 6. перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення  $v_3$  в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 7. Перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення  $v_4$  в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 8. Перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення  $v_5$  в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 9. Перейменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці input2, введемо нове позначення  $v_6$  в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 10. Перейменуємо вихідну змінну. Для цього зробимо одне натиснення лівою кнопкою миші на блоці output1, введемо нове позначення  $g$  в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо <Enter>.

Крок 11. Задамо ім'я системи. Для цього в меню File в підменю Export оберемо команду To disk і введемо ім'я файлу, наприклад, Rizuk.

Крок 12. Перейдемо в редактор функцій належності. Для цього зробимо швидке подвійне натиснення лівої кнопки миші на блоці.

Крок 13. Задамо діапазон змін першої змінної.

Крок 14. Задамо функції належності першої змінної. Для лінгвістичної оцінки цієї змінної будемо використовувати 3 терми з трикутними функціями належності, які встановлені за замовченням. Задамо найменування термів першої змінної. Для цього робимо одне натиснення лівою кнопкою миші по графіку першої функції належності (Рис. 1 – 7).

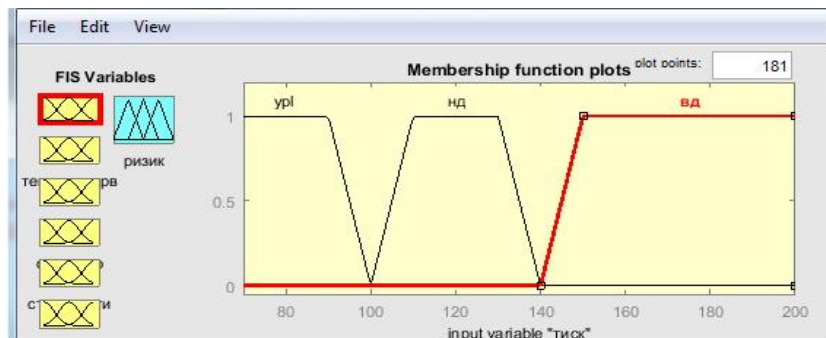


Рис. 1. Функції приналежності вхідного параметру «Артеріальний тиск»

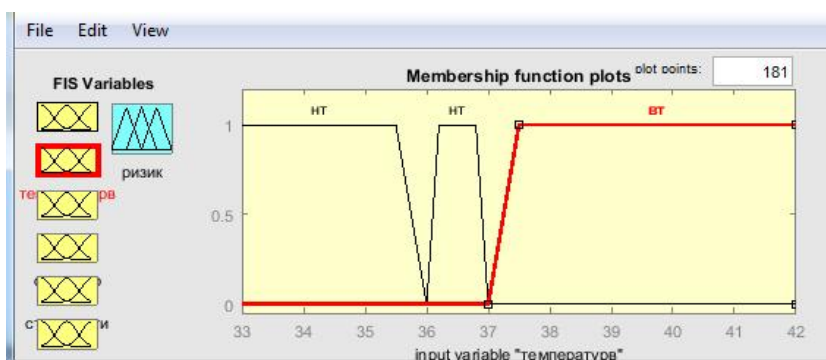


Рис. 2. Функції приналежності вхідного параметру «Температура»

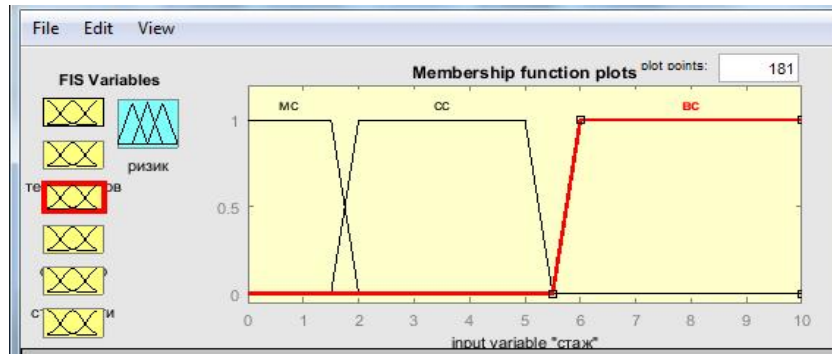


Рис. 3. Функції приналежності вхідного параметру «Стаж водіння»

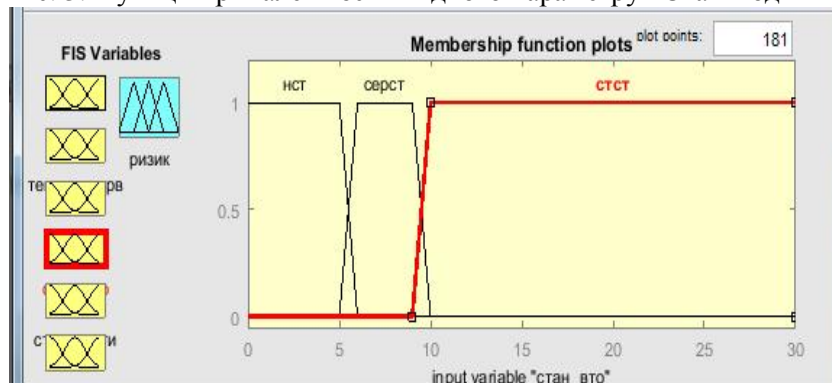


Рис. 4. Функції приналежності вхідного параметру «Стан автомобільного засобу»

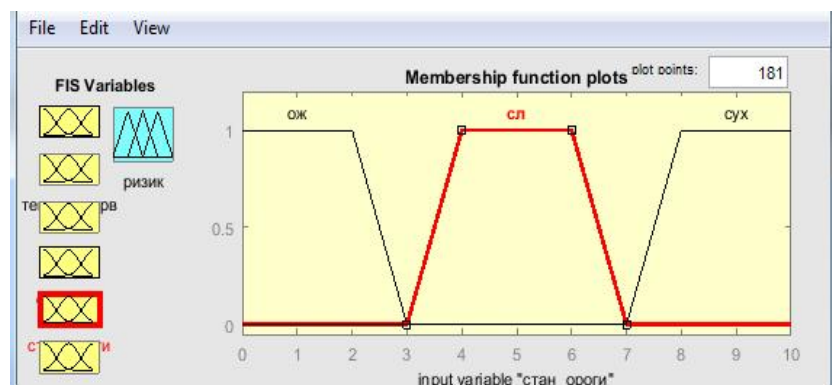


Рис.5. Функції приналежності вхідного параметру «Стан автомобільної дороги»

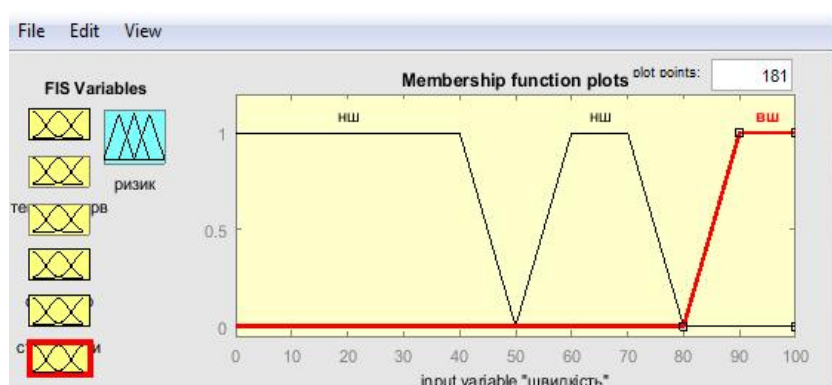


Рис. 6. Функції приналежності вхідного параметру «Швидкість автотранспортного засобу»

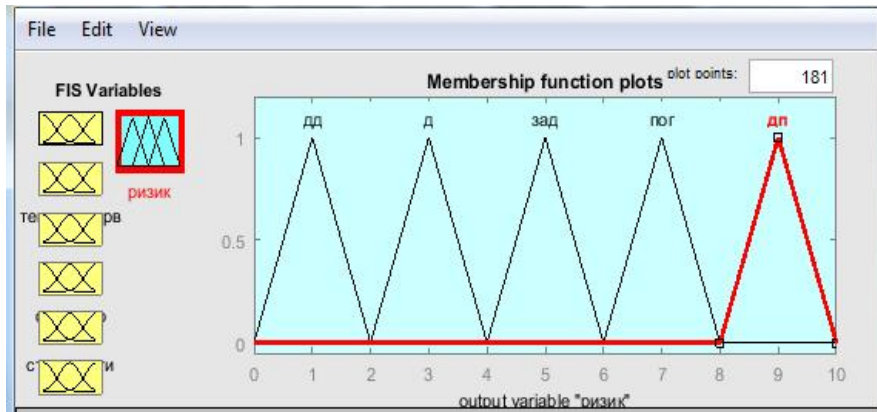


Рис. 7. Функції приналежності вихідного параметру

Крок 15. Аналогічно задамо функції належності для всіх змінних.

Крок 16. Задамо залежності між входами і виходом, які наведено в базі знань.

Крок 17. Задамо найменування і параметри цих залежностей.

Крок 18. Перейдемо в редактор бази знань RuleEditor. Для цього оберемо в меню Edit команду Edit rules... і введемо правила. Для вводу правила необхідно обрати відповідну комбінацію термів і залежностей і натиснути кнопку Add rule (Рис. 9).

Авторами сформована база з 85 правил системи нечіткого виведення типу «ЯКЩО ..., ТО ...». Наприклад, ЯКЩО (температура тіла водія дуже висока) АБО (температура тіла водія дуже низька) І (стаж водіння малий) АБО (стаж водіння середній), ТО (безпека дуже погана) (Рис. 8).

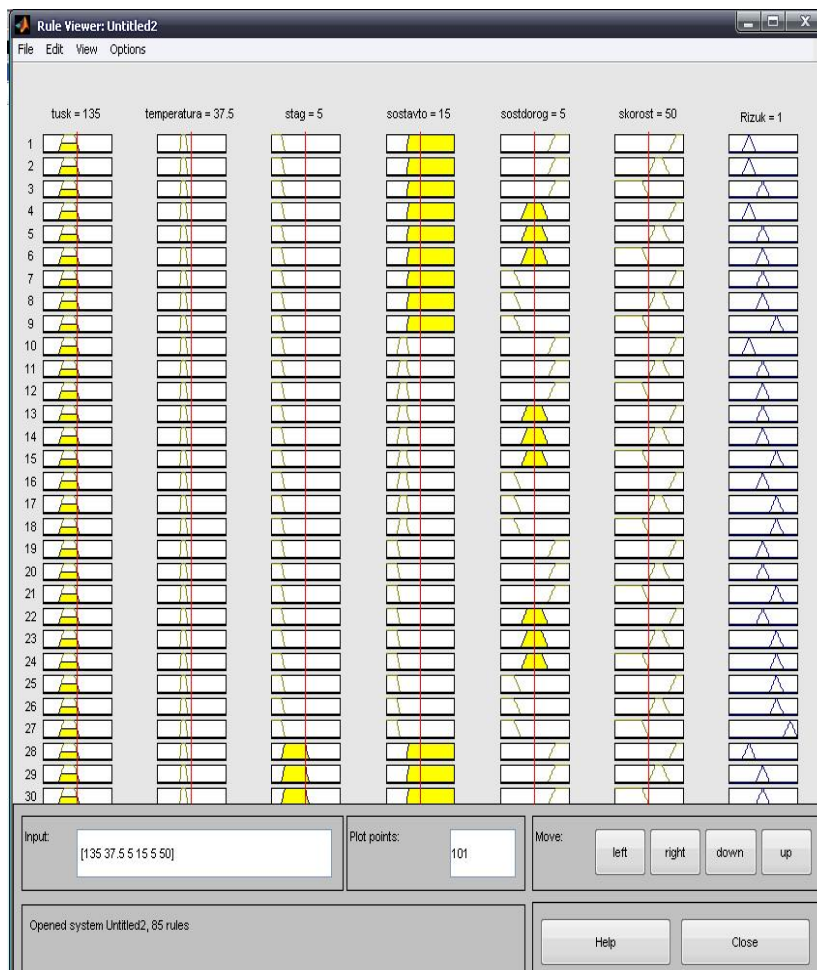


Рис. 8. Правила нечіткого висновку



Дефазифікацією є зворотне перетворення нечіткої множини в чітку множину. Мета дефазифікації полягає в тому, щоб, використовуючи результати акумуляції вихідних лінгвістичних змінних, отримати кількісні значення, які можуть використовуватись зовнішніми по відношенню до системи нечіткого виведення приладами [10-11].

В моделі, що розглядається, ідентифікація рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі проводиться за методом центру тяжіння [10-11].

Активізація в системах нечіткого виводу – це процедура або процес знаходження ступеня істинності кожного з елементарних логічних висловлювань (підзаклучень), що становлять консеквенти ядер всіх нечітких продукційних правил. Оскільки заключення робляться щодо вихідних лінгвістичних змінних, то ступенями істинності елементарних підзаклучень при активізації ставляться у відповідність елементарні функції приналежності.

Якщо висновок (консеквент) нечіткого продукційного правила є простим нечітким висловлюванням, то ступінь його істинності дорівнює алгебраїчному добутку вагового коефіцієнта і ступеня істинності антецедента даного нечіткого продукційного правила.

Якщо висновок являє собою складене висловлювання, то ступінь істинності кожного з елементарних висловлювань дорівнює алгебраїчному добутку вагового коефіцієнту і ступеня істинності антецедента даного нечіткого продукційного правила.

Функції приналежності  $\mu(y)$  кожного з елементарних підзаклучень консеквентів всіх продукційних правил знаходяться за допомогою методів:

- 1) min-активізації нечіткої композиції:

$$\mu(y) = \min\{c; \mu(x)\}; \quad (19)$$

- 2) prod-активізації:

$$\mu(y) = c \mu(x); \quad (20)$$

- 3) average-активізації:

$$\mu(y) = 0.5(c + \mu(x)). \quad (21)$$

де  $\mu(x)$  та  $c$  – відповідно функції приналежності термів лінгвістичних змінних та ступеню істинності нечітких висловлювань, що утворюють відповідні консеквенти ядер нечітких продукційних правил.

Поверхні визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі за факторами «Температура» і «Артеріальний тиск», «Температура» і «Стаж водіння» представлені на рис. 9-10.

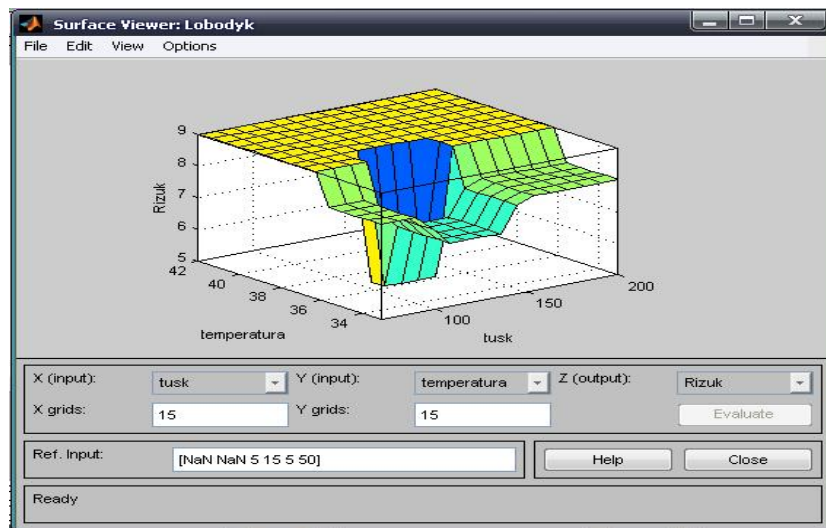


Рис.9 Залежність вихідної змінної від вхідних «Температура» і «Артеріальний тиск»

Проаналізуємо висновки та сформулюємо можливі рекомендації для випадкових даних (Табл. 2)

Таблиця 2 – Значення рівня безпеки

1	Артеріальний тиск	120	110	110	150	70	120
2	Температура тіла	36	35,8	38	36	36,8	38
3	Стаж водіння	3	3	9	3	9	3
4	Стан авто	18	10	17	18	10	18
5	Стан дороги	сл	сл	сл	сл	сух	сл
6	Максимальна швидкість	90	100	90	90	80	90
7	Рівень ризику	пог	зад	пог	дп	дд	дп

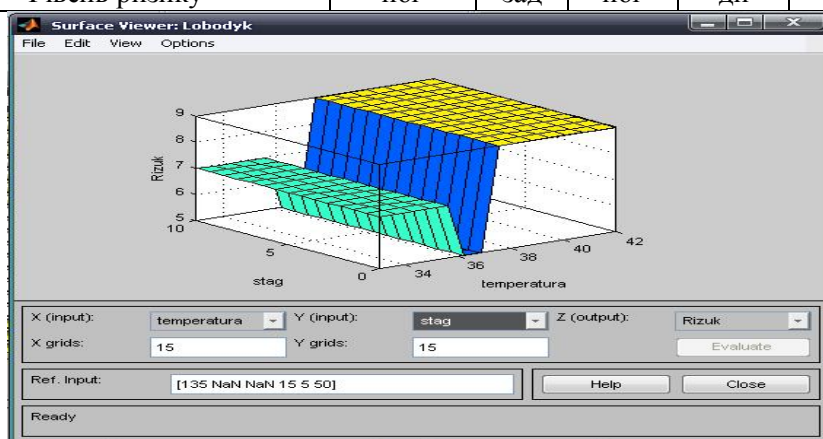


Рис. 10. Залежність вихідної змінної від вхідних «Температура» і «Стаж водіння»

Таким чином, в роботі отримали подальший розвиток методи нечіткої логіки за рахунок розповсюдження на нову предметну область визначення рівня безпеки на автомобільні дороги, що на відміну від існуючих дозволяє одночасно враховувати не тільки стан автомобільної дороги, а стан водія й автотранспортного засобу.

### Висновки

В роботі пропонується для визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі розглядати систему «водій – автотранспортний засіб – автомобільна дорога – навколишнє середовище».

Розроблено метод визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільній дорозі: визначені вхідні і вихідні лінгвістичні змінні, сформовано базу правил системи нечіткого виводу, яка містить 85 правил нечіткого виводу. Наведено приклад використання розробленого методу визначення рівня безпеки при управлінні автотранспортним засобом на автомобільних дорогах.

В подальшому планується розробити експертну систему визначення рівня безпеки на автомобільній дорозі.

1. Кудрицька Н.В. Транспортно-дорожній комплекс України: сучасний стан, проблеми та шляхи розвитку: [монографія] / Н.В. Кудрицька. - К.: НТУ, 2010. – 338 с.
2. Пасічник А. М. Сучасні транспортно-митні технології міжнародних перевезень товарів: монографія / за ред. А. М. Пасічника. – Дніпро: АМСУ, 2012. – 288 с.
3. Ремига Ю.С. Аналіз тенденцій розвитку транспортної інфраструктури України // Збірник наукових праць НАУ. - 2008. - №20. - С.263-273.
4. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу / [Т. Сирийчик, А. Фургальські, Ч. Клімкевич, М. Камола та інш.]; за ред. Марчіна Свенціцькі. - К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. - 102 с.
5. Офіційний сайт Управління Державтоінспекції Міністерства внутрішніх справ України [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/>.

6. Нефёдов Л.И. Модели и методы управления чрезвычайными природными ситуациями на магистральных автомобильных дорогах / Л.И. Нефёдов, Н.Ю. Філь, Ю.Л. Губин, Е.М. Мельниченко. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 136 с.
7. Факторы, влияющие на безопасность дорожного движения. Общая характеристика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://edu.logistics-gr.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70:-2006&catid=22:2011-11-18-18-18-46&Itemid=25](http://edu.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=70:-2006&catid=22:2011-11-18-18-18-46&Itemid=25)
8. Рябушенко О.В. Використання методів оцінки ризиків при аналізі втрат від дорожньо-транспортних пригод. – Вісник ХНАДУ. – 2013. – № 61-62. – С. 86-90.
9. Шаша И.К. Совершенствование системы оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности дорожного движения. – Вісник ХНАДУ. – 2013. – № 61-62. – С. 81-85.
10. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB. - СПб: БХВ-Петербург, 2003. - 736 с.
11. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. / С.Д. Штовба – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288с.
12. Філь Н.Ю. Метод визначення рівня безпеки на автомобільній дорозі в умовах нечіткої інформації / Н.Ю. Філь, М.О. Лободюк, Ю.А. Літовський // Матеріали V Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 22 листопада 2018 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2018 р. – 295 с. – Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii>