

**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН
ДО ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОМУНІКАЦІЙ**

Мірошніченко О.О., Матвієнко О.І.

e-mail: oleksandr.miroshnichenko@nure.ua, olha.matviienko@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра прикладної математики
м. Харків, Україна

The paper considers approaches to assessing the reliability of communications in transport networks. The reliability of a communication is defined as the degree of safety of its use for carrying out transportation. The main approaches to reliability assessment using the theory of fuzzy sets and fuzzy logic are considered, in particular expert methods, multicriteria optimization methods, and the fuzzy inference method.

Надійність комунікації – це ступінь упевненості у безпечності її використання для виконання перевезень. Показником надійності комунікації є ймовірність того, що під час виконання перевезень не виникне надзвичайних ситуацій, що приведуть до негативних наслідків. Для реальних транспортних мереж визначити такі ймовірності неможливо.

Надійність плану – це мінімальне значення надійностей серед маршрутів, передбачених цим планом. Надійність маршруту визначається як мінімальне значення надійностей комунікацій, що входять до його складу. Аналогічно, твердження «план надійний» є кон'юнкцією тверджень «маршрут надійний» для кожного маршруту, включеного до плану.

Досліджується кілька підходів до визначення ступеня надійності комунікацій [1].

1. Залучення експертів. Вводиться лінгвістична змінна «надійність» із термами «абсолютно надійні», «умовно надійні», «не надійні» тощо. Наявні маршрути класифікуються відповідно до цих термів. Усередині кожного класу висловлювання «цей маршрут надійний» упорядковуються за ступенем їх істинності.

2. Використання методів багатокритеріальної оптимізації для зведення часткових критеріїв до єдиного узагальненого критерію, що дає змогу впорядкувати досліджувані альтернативи за значеннями цього узагальненого критерію [2].

Наприклад, розглядаючи задачу з визначення надійності комунікації, враховуються два критерії: захищеність і глибина огляду, $f_1: U \rightarrow R^1$, $f_2: U \rightarrow R^1$, U – множина альтернатив. Захищеність комунікації характеризується числом постів на 100 км, глибина огляду – середньою відстанню в глибину, на яку комунікація чітко проглядається з боків. Зауважимо, що обидва часткові критерії максимізовані, тобто найкращим альтернативам відповідають більші значення часткових критеріїв. Часткова нечітка мета

формалізується нечіткою множиною $X_{\tilde{C}}$, $i=1,2$, (наприклад, «майже f_i^* », f_i^* – максимальне значення i -го частинного критерію) з функцією приналежності $\mu_i(x)$, $x \in U$; $\mu_i(x)$ – це значення істинності нечіткого висловлювання «дорога x за i -м критерієм надійна». Наприклад, нехай μ_1 (дорога від пункту А до пункту В) = 0,8, тоді ступінь нашої впевненості в тому, що ця дорога захищена (на цій комунікації є необхідна кількість постів), дорівнює 0,8 (80%).

Як можливі функції приналежності в першому наближенні розглядаються лінійні залежності – нормоване відхилення значення часткового критерію від мінімального, наприклад [3]:

$$\mu_i(x) = \frac{f_i(x) - f_i^{\min}}{f_i^{\max} - f_i^{\min}},$$

де $f_i^{\min}$ – мінімальне значення критерію f_i ; $f_i^{\max}$ – максимальне.

Тут передбачається, що часткові критерії еквівалентні за важливістю.

Якщо це не так, то можна використовувати для задання функцій приналежності складніші, ніж лінійні, залежності, наприклад:

$$\mu_i(x) = \left(\frac{f_i(x) - f_i^{\min}}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right)^{\alpha}.$$

Нечітка мета полягає в кон'юнкції часткових цілей, тому функція приналежності $\mu(x)$ нечіткої множини $X_{\tilde{C}}$, що формалізує нечітку мету, є мінімум функцій приналежності нечітких множин, що формалізують часткові нечіткі цілі:

$$\mu(x) = \min\{\mu_1(x), \mu_2(x)\}.$$

У рамках розглянутого підходу комунікації пропонується упорядковувати за величиною значень функції $\mu(x)$: чим більше це значення, тим надійніша комунікація.

3. Використання методів нечіткого виведення, наприклад, Мамдані та Ассіліані [4].

Вихідна змінна – надійність – є нечіткою лінгвістичною змінною «надійність» із термами «дуже надійна», «практично надійна», «небезпечна». Ці терми формалізуються за допомогою нечітких множин на універсальній множині чисел – оцінок (проводиться фазифікація) (рис. 1).

Рівень надійності залежить від двох вхідних нечітких лінгвістичних змінних, наприклад, «захищеність» із термами – «повністю захищена», «не дуже захищена» і «глибина огляду» з термами – «дуже приховано», «майже відкрито», «відкрито».

Задається база знань, що містить інформацію про значення (терм) вихідної змінної залежно від поєднання значень (термів) вхідних змінних.

Використовуючи графіки функцій приналежності або їхні аналітичні вирази, знаходяться рівні впевненості (значення відповідних функцій

приналежності) у тому, що значенням лінгвістичної змінної є той чи інший терм.

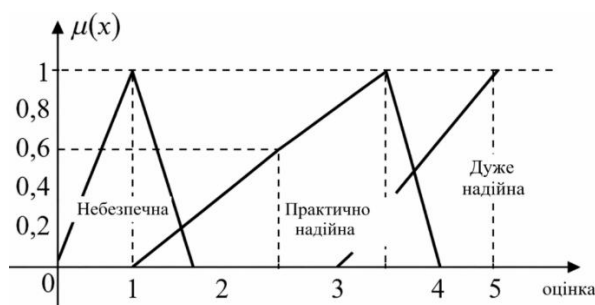


Рисунок 1 – Графіки функцій принадлежности термів лінгвістичної змінної «надійність»

Для всіх можливих поєднань значень цих змінних за базою знань визначається значення вихідної змінної «надійність» (відповідний терм) і відповідне значення функції принадлежности (впевненості в тому, що значенням «надійності» є саме цей терм).

Далі за отриманими результатами, використовуючи інформацію про функції принадлежности, знаходиться рівень впевненості (значення відповідної функції принадлежности) у тому, що «надійність» заслуговує на конкретну числову оцінку.

Проводиться дефазифікація. Для отримання остаточної оцінки надійності можна застосувати різні підходи, наприклад: використовуючи метод центру ваги, отримується остаточний результат – оцінка розглянутої дороги; або обирається оцінка, ступінь впевненості щодо якої максимальний.

Список використаних джерел:

1. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: навчальний посібник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. 341 с.
2. Matviienko, O., Miroshnichenko, O. Devising a Method for Solving a Multi-Criteria Shortest Path Problem with Fuzzy Initial Data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. Vol. 1, no. 3 (133). С. 48 – 56.
3. Матвієнко О. І., Мірошніченко О. О. Застосування методів нечіткої векторної оптимізації для складання дієти. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. 2023. № 2 (5). С. 46 – 54.
4. Ус С. А., Коряшкіна Л. С. Моделі й методи прийняття рішень: навч. посіб. 2-ге вид., випр. Дніпро : НТУ «ДП», 2018. 300 с.