

1. [Текст] : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.01 / Хабутдінов Рамазан Абдуллайович ; Національний транспортний університет. – К., 2003. – 43 с.

2. Шibaев, О. Г. Система управління морськими перевезеннями вантажів і роботою флоту судноплавної компанії [Текст] : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.01 / Шibaев Олександр Григорович ; Одеський національний морський університет. – Одеса, 2003. – 34 с.

Анотації:

Виконано огляд основних наукових робіт по підвищенню ефективності транспортних систем. Виявлено основні резерви підвищення ефективно-

сті транспортних систем. Визначено необхідність удосконалення залізничної транспортної системи на основі теорії систем.

Выполнен обзор основных научных работ по повышению эффективности транспортных систем. Обнаружены основные резервы повышения эффективности транспортных систем. Определена необходимость усовершенствования железнодорожной транспортной системы на основе теории систем.

The review of the basic advanced studies is executed on the increase of efficiency of transport systems. Found out basic backlogs of increase of efficiency of transport systems. The necessity of improvement of a railway transport system is certain on the basis of theory of the systems.

УДК 656.025:510.223

ЛАВРУХІН О.В., д.т.н., доцент (УкрДАЗТ);
ДОЦЕНКО Ю.В., доцент (ДонІЗТ).

Формалізація процесу визначення категорії поїздів на основі нечіткої логіки

Актуальність теми

В ринкових умовах необхідно приділяти більше уваги щодо якісного обслуговування кожного вантажовідправника та вантажоодержувача. Для підтримки конкурентоспроможності залізниць, заохочування нових клієнтів необхідно впроваджувати нові технології щодо покращення використання технічних засобів транспорту шляхом впровадження інформаційно-керуючих систем. Успішне функціонування залізничного транспорту у сфері вантажних перевезень залежить від гнучкого реагування технології перевізного процесу і тарифної політики на вимоги вантажовласників до якості перевезень з гарантованим їхнім виконанням у встановлені Статутом залізниць України терміни

[1]. На даний момент дотримання зазначеного положення ускладнюється тим, що нові організаційні, інформаційні, технічні і програмні рішення орієнтовані на стару технологію, яка спрямована на виконання планових показників в умовах постійного росту обсягу перевезень. В таких умовах необхідно знаходити розумний компроміс при переході від старої технології роботи до новітніх інноваційних проектів, які повинні реалізовуватися на залізницях на базі передових інформаційно-технологічних комплексів. Вирішення цих питань авторами розглядалося у роботах [2]

Постановка задачі

Як відомо, один з основних показників, що характеризує якість перевізного

процесу є обіг вантажного вагону. В сучасних умовах фактично неможливо відстежити обіг кожного окремого вагону і ще складніше привести його до нормативного. Тому доцільно відстежувати групи вагонів певних категорій (транзитних, місцевих, порожніх), які знаходяться в кожному із поїздів з метою визначення категорії поїзду. З цією метою необхідно розділити всі поїзди на декілька категорій з метою виявлення, які поїзди більш доцільно ставити під схрещення на залізничній станції, а які необхідно пропускати безупинно. Вирішенню питання розділення поїздів на декілька категорій авторами приділено увагу в роботі [3]. Але враховуючи необхідність отримувати чіткі лінгвістичні значення та формування критеріїв пріоритетності, які враховують можливі поїзні ситуації на полігоні доцільно використати математичний апарат нечіткої логіки.

Основний матеріал дослідження

При формуванні моделі визначення категорії вантажних поїздів при пропуску по дільницях доцільно порівняти можливості відомих алгоритмів нечіткого висновку Mamdani та Sugeno. Сформуємо модель відповідно алгоритму нечіткого висновку по типу Mamdani.

На першому етапі сформульовано задачу визначення категорії вантажних поїздів при пропуску по дільницях у вигляді набору нечітких правил [3]:

П₁: якщо $x \in A_1$ та $y \in B_1$ тоді $z \in C_1$,

П₂: якщо $x \in A_2$ та $y \in B_2$ тоді $z \in C_2$,

П₃: якщо $x \in A_3$ та $y \in B_3$ тоді $z \in C_3$,

де x, y – імена вхідних змінних (відповідно – кількість вагонів певної групи та значення перевищення нормативного обігу вагона у добах);

z – ім'я вихідної змінної (визначена категорія поїзду);

$A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3$ – задані функції приналежності, які визначені відповідно на x, y, z :

Індекси 1, 2, 3 – відповідають вищезазначеним категоріям поїздів.

Відобразимо процедуру логічного виводу на рисунку 1, причому слід зазначити, що свій вигляд функції приналежності $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3$ одержано відповідно сутності, яку було покладено в основу визначення категорій поїздів, а також вимогам щодо побудови функцій приналежності [4, 5]. Відповідно до цього прийнято, що $X \subseteq R_1$, де R_1 - дійсна вісь значень (кількості вагонів, кількості діб та категорії поїздів). Позначимо $\inf X$ через x_1 , $\sup X$ - через x_2 . Упорядкуємо множину T в відповідності з виразом [4]

$$(\forall T_i \in T)(\forall T_j \in T)(i > j \leftrightarrow (\exists x \in C_i)(\forall y \in C_j)(x > y)), \quad (1)$$

Вираз (1) означає, що терм, який має носій, розташований лівіше, одержує менший номер. Відобразимо основні умови, яким повинна відповідати термножина обраної лінгвістичної змінної

$$\mu_{C_1}(x_1) = 1, \quad \mu_{C_m}(x_2) = 1, \quad (2)$$

$$(\forall T_i \in T \setminus \{T_m\})(0 < \sup_{x \in X} \mu_{C_i \cap C_{i-1}}(x) < 1), \quad (3)$$

$$(\forall T_i \in T)(\exists x \in X)(\mu_{C_i}(x) = 1), \quad (4)$$

$$(\forall \beta)(\exists x_1 \in R_1)(\exists x_2 \in R_1)((\forall x \in X)(x_1 < x < x_2)), \quad (5)$$

Умова (2) забороняє функціям приналежності крайніх термів мати вид риндообразних кривих, що обумовлено розташуванням цих термів в упорядкованій множині T . Умова (3) забороняє існування в базовій множині T таких пар термів, в яких відсутня розмежованість понять, що апроксимовано термами. Оскільки кожне поняття має хоча б один типовий об'єкт, введено умову (4). Умова (5) об-

межує область визначення X кінцевою множиною точок.

Таким чином передбачається, що вхідні змінні прийняли деякі конкретні (чіткі) значення – $x_0^1, y_0^1, x_0^2, y_0^2, x_0^3, y_0^3$.

В загальному вигляді логічний вивід виконується згідно етапності наведеної в [4]. На першому етапі для визначених даних, виходячи з функцій приналежності $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$, знаходяться ступені істинності $\alpha(x_0^1, y_0^1), \alpha(x_0^2, y_0^2), \alpha(x_0^3, y_0^3)$ для передумов кожного з трьох наведених правил (рисунок 1).

На другому етапі відбувається „відсікання” функцій приналежності C_1, C_2, C_3 на рівнях $\alpha(x_0^1, y_0^1), \alpha(x_0^2, y_0^2), \alpha(x_0^3, y_0^3)$.

На етапі 3 розглядаються, відсічені на другому етапі, функції приналежності і виконується їх об’єднання за наступним правилом:

$$\mu_S(z) = V(\alpha(x_0^1, y_0^1), \alpha(x_0^2, y_0^2), \alpha(x_0^3, y_0^3)), (6)$$

де $\mu_S(z)$ - функція приналежності, яка описує комбіновану нечітку множину і відповідає логічному виводу для вихідної змінної z .

На кінцевому четвертому етапі знаходиться чітке значення вихідної змінної. В даному випадку використовується центроїдний метод [6], на основі якого

чітке значення вихідної змінної визначається як центр тяжіння для кривої $\mu_S(z)$

$$z_0 = \frac{\int \mu_S(z) dz}{\int \mu_S(z) dz}, (7)$$

Для вирішення поставленої задачі, оперативного визначення категорії поїздів, при виконанні процедури логічного виводу застосуємо алгоритм Mamdani, нечіткий вивід в якому здійснюється на основі знаходження рівнів відсічення для передумов кожного з правил:

$$\alpha(x_0^1, y_0^1) = A_1(x_0^1) \wedge B_1(y_0^1), (8)$$

$$\alpha(x_0^2, y_0^2) = A_2(x_0^2) \wedge B_2(y_0^2), (9)$$

$$\alpha(x_0^3, y_0^3) = A_3(x_0^3) \wedge B_3(y_0^3), (10)$$

Далі знаходяться усічені функції приналежності:

$$C_1^*(z) = ((\alpha(x_0^1, y_0^1)) \wedge C_1(z)), (11)$$

$$C_2^*(z) = ((\alpha(x_0^2, y_0^2)) \wedge C_2(z)), (12)$$

$$C_3^*(z) = ((\alpha(x_0^3, y_0^3)) \wedge C_3(z)), (13)$$

В результаті композиції одержано кінцеву нечітку множину для змінної виходу з функцією приналежності:

$$\mu_S(z) = C(z) = C_1^*(z) \vee C_2^*(z) \vee C_3^*(z) = ((\alpha(x_0^1, y_0^1)) \wedge C_1(z)) \vee \vee ((\alpha(x_0^2, y_0^2)) \wedge C_2(z)) \vee ((\alpha(x_0^3, y_0^3)) \wedge C_3(z)), (14)$$

Приведення до чіткості виконується на основі формули (7).

Перед тим як безпосередньо перейти до побудови функції приналежності необхідно визначити нечітку змінну в даному прикладному аспекті [4, 7].

Нечіткою змінною є трійка:

$$\langle \alpha, Z, \tilde{C}(\alpha) \rangle, (15)$$

де α - найменування нечіткої змінної,

$Z = \{z\}$ - область визначення нечіткої змінної (базова множина категорії поїздів).

$$\tilde{C}(\alpha) = \{ \langle \mu_S(z) / z \rangle \mid (z \in Z), (16)$$

де $\tilde{C}(\alpha)$ - нечітка підмножина множини категорії поїздів Z , яка описує обмеження на можливі значення нечіткої змінної α .

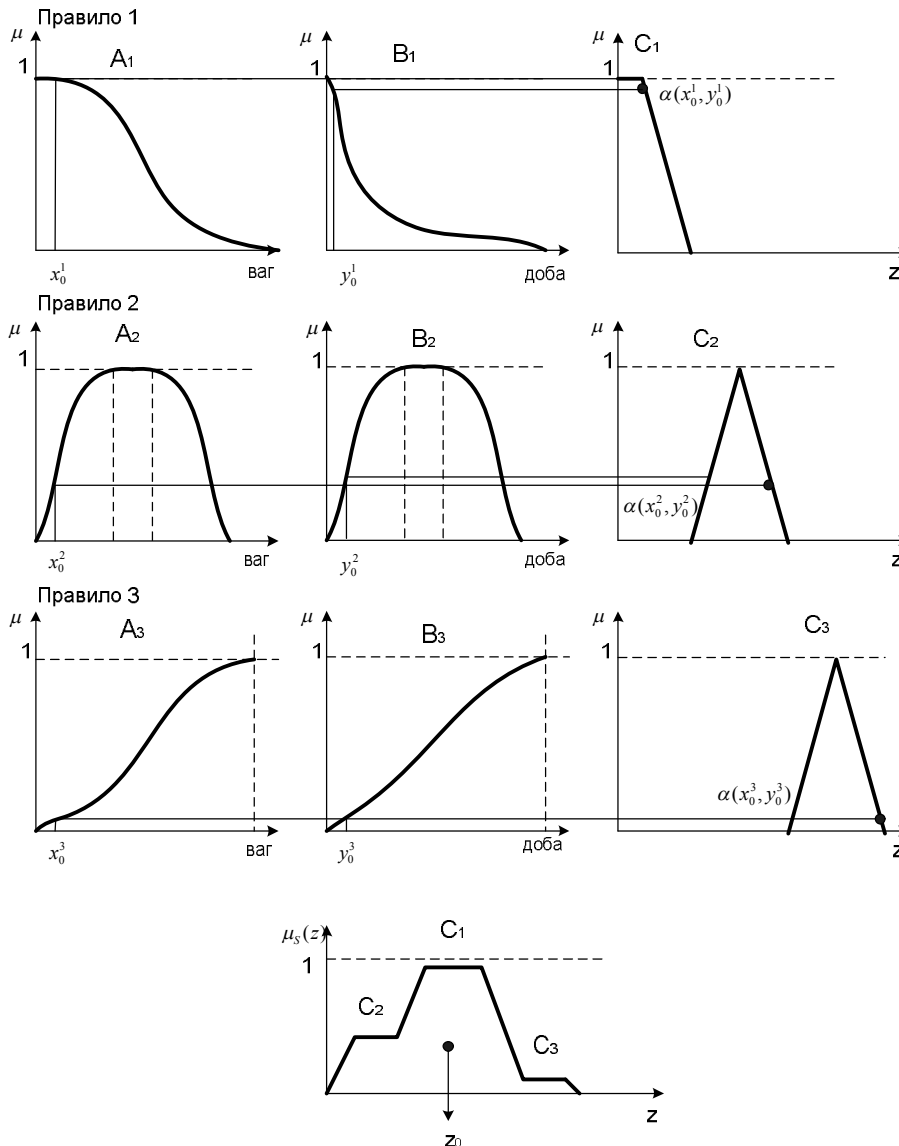


Рис. 1. Схематичне визначення логічного виводу чисельного значення категорії поїздів.

Лінгвістична змінна в даному випадку згідно [8] характеризується набором:

$$\langle \beta, T(\beta), Z, G, M \rangle, \quad (17)$$

де β - назва лінгвістичної змінної, в даному випадку це – „категорія поїзду”;

$T(\beta)$ - терм-множина лінгвістичної змінної β , тобто безліч лінгвістичних значень змінної, причому кожне з цих значень являється нечіткою змінною з областю визначення Z . Відповідно поставленої задачі визначення категорії поїзду значення терм-множини виглядає наступ-

ним чином $T(\beta) = \{ \text{"перша"}, \text{"друга"}, \text{"третья"} \}$ [4, 7];

G - синтаксичне правило, яке породжує найменування $\alpha \in T(\beta)$ вербальних значень лінгвістичної змінної β ;

M - семантичне правило, яке ставить у відповідність кожній нечіткій змінній $\alpha \in T(\beta)$ нечітку множину $\tilde{C}(\alpha)$.

Для спрощення запису формул будемо позначати множину $\tilde{C}(\alpha)$ як \tilde{C} , а множину $T(\beta)$ як T [9]. Окрім того, будемо

використовувати спрощене формулювання лінгвістичної змінної як трійки [4, 10]:

$$\langle \beta, T, Z \rangle, \quad (18)$$

Наведений вираз відповідає вище зазначеному визначенню лінгвістичної змінної – „категорія поїзду”.

Таким чином, після того як було з'ясовано основні принципи визначення лінгвістичних змінних можливо безпосередньо перейти до побудови функцій приналежності, які відповідають за наявність у складі поїзду кількості вагонів певної категорії $\mu_A(x)$ та функції приналежності $\mu_B(x)$, яка відповідає за добове відхилення обігу визначеної групи вагонів від нормативного.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямку

Наступні етапи базуються на формуванні моделі визначення категорії вантажних поїздів при пропуску по дільницях із застосуванням алгоритму нечіткого висновку Sugeno та порівняння можливості алгоритмів нечіткого висновку Mamdani та Sugeno.

Подальший розвиток у даному напрямку потребує переходу до формування ситуаційної моделі та системи підтримки прийняття рішень.

Список використаних джерел

1. Статут залізниць України. – К. Транспорт України, 1998. – 83 с.
2. Бутько Т.В., Лаврухін О.В., Доценко Ю.В. Удосконалення управління процесом просування поїздотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону / Т.В.Бутько, О.В.Лаврухін, Ю.В.Доценко // Зб.наук.праць / ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2010. – Вип.22. – с.18 – 26.
3. Лаврухін О.В., Доценко Ю.В. Розробка математичної моделі динамічного аналізу елементів обігу вантажного ва-

гону // Зб.наук.праць / ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2008. – Вип.14. – с.18 - 26.

4. Мелехов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой / Мелехов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. – М. Наука. Гл. ред. Физ.-мат.-лит. – 1990. – 272 с.

5. Бочарников В.П. Fuzzy-Технология: математические основы практики моделирования в экономике / Бочарников В.П. Санкт-Петербург, 2001. – 328 с.

6. Mamdani E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers / E.H. Mamdani // Int. J. of Man – Machine Studies, 1976. – V. 8. – P. 669-678.

7. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / Круглов В.В., Длин М.И., Голунов Р.Ю. – М. Физматлит, 2001. – 224 с.

8. Куссуль В.М. Разработка архитектуры нейроподобной сети для распознавания формы объектов на изображении / В.М. Куссуль, Т.Н. Байдык //Автоматика. – 1990 – №5 - С. 56-61.

9. Лаврухін О.В. Удосконалення управління перевізним процесом на основі теорії нечітких множин / О.В. Лаврухін // Зб. наук. праць. – Х: ХарДАЗТ, 2003. – Вип. № 53. – С. 78 – 82.

10. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечёткой исходной информации / Орловский С.А. – М. Наука, Главная редакция физико-математической литературы, – 1981, 208 с.

Анотації:

Сформирована модель определения категории грузовых поездов соответственно алгоритму нечеткого вывода Mamdani.

Сформовано модель визначення категорії вантажних поїздів відповідно алгоритму нечіткого висновку Mamdani.

Formed a definition of the category of freight trains respectively Mamdani fuzzy inference algorithm.