

## ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА З НЕЧІТКО ЗАДАНИМИ ПОТРЕБАМИ В МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСАХ

Ощепков Є.С.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Матвієнко О.І.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,  
м. Харків, Україна  
e-mail: yevhen.oshchepkov@nure.ua

The paper explores the application of fuzzy logic to the transportation problem where demands for material resources are imprecisely defined. Fuzzy logic, with its concept of fuzzy sets and rules, is employed to handle uncertainty in input data, crucial for logistics systems. This study modifies the standard transportation task by incorporating fuzzy demands, reflecting the uncertainty or fluctuations in demand. The objective is to develop a supply plan that minimizes total costs while satisfying consumers' fuzzy demands to the maximum extent possible, thereby maximizing overall confidence in the plan's cost-effectiveness and consumer satisfaction.

Зростаюча комплексність сучасних логістичних процесів вимагає вдосконалення методів оптимізації та прийняття рішень в умовах невизначеності та нечіткості. Однією з ефективних стратегій для вирішення цих завдань є застосування нечіткої логіки. Основою нечіткої логіки є концепція нечітких множин та правил, які дозволяють представляти та обробляти нечітку інформацію [1]. Застосування цієї логіки в оптимізаційних задачах дозволяє враховувати та обробляти невизначеність у вхідних даних, що є надзвичайно важливим у логістичних системах. Важливою логістичною задачею є транспортна задача, в якій потреби в матеріальних ресурсах задані нечітко.

Транспортні задачі представляють собою ключовий елемент оптимізації логістичних процесів, забезпечуючи ефективний план перевезення та розподіл ресурсів. Постановка транспортної задачі лінійного програмування [2] виглядає наступним чином:

- в пунктах  $A_1, A_2, \dots, A_m$  розташовані склади з однорідними матеріальними засобами у кількостях  $a_1, a_2, \dots, a_m$  відповідно;
- в пунктах  $B_1, B_2, \dots, B_n$  знаходяться споживачі цих матеріальних засобів, їх потреби дорівнюють відповідно  $b_1, b_2, \dots, b_n$ ;
- відомі транспортні витрати з доставки одиниці вантажу з будь-якого складу будь-якому споживачеві (відстань між пунктами, вартість доставки одиниці матеріальних засобів тощо). Витрати з доставки одиниці вантажу зі складу  $A_j$  споживачеві  $B_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ) зазвичай позначають  $c_{ij}$ .

Необхідно знайти план підвезення матеріальних засобів зі складів споживачам, що вимагає мінімальних сумарних витрат та забезпечує потреби кожного споживача.

Тепер розглянемо модифікацію стандартної транспортної задачі, у якій потреби є нечіткими. Підходи до вирішення таких задач наведені в [3]. У такій постановці передбачається, що постачання матеріальних засобів споживачам здійснюється з кількох складів, при цьому потреби кожного споживача не є фіксованим числом, а визначаються нечіткими множинами, які відображують невизначеність чи можливі коливання у попиті.

Ключовим моментом є те, що кожен  $j$ -ий споживач готовий прийняти певне зменшення обсягу поставок у порівнянні з його ідеальною потребою  $b_j$ . Величина недопоставки визначається параметром  $\beta_j$ . Для кожного споживача визначається функція приналежності, яка відображає ступінь задоволення потреб при різних рівнях поставок, починаючи від неприйняттого рівня до повного задоволення потреб. Чим більша величина зменшення потреби  $\beta_j$ , тим менше значення функції приналежності, яку будемо трактувати як ступінь впевненості в тому, що споживач задоволений.

Розв'язок задачі полягає в тому, щоб знайти такий план постачання, який максимізує загальну впевненість у ефективності з погляду витрат та задоволеності споживачів, враховуючи нечіткі потреби. Це включає визначення обсягів поставок від кожного складу до кожного споживача таким чином, щоб загальні витрати були мінімальними та при цьому задовольняли нечітким потребам споживачів в максимально можливій мірі. Тобто треба знайти варіант постачання, при якому ступінь впевненості (значення функції приналежності) у тому, що він ефективний за витратами і рівнем забезпечення споживачів, максимальний.

Функція приналежності  $\mu_{\tilde{b}_j}(x)$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ ;  $x \in [0, \tilde{b}]$  задається наступним чином:

$$\mu_{\tilde{b}_j}(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } 0 \leq x \leq b_j - \beta_j, \\ \frac{x - (b_j - \beta_j)}{\beta_j}, & \text{якщо } b_j - \beta_j \leq x \leq b_j, \\ 1, & \text{якщо } b_j \leq x \leq \tilde{b}, \end{cases}$$

де  $\beta_j$  – максимальна величина недопоставки, на яку може погодитися споживач  $j$ ,  $b_j$  – ідеальна потреба  $j$ -го споживача,  $x$  – фактичний рівень задоволення потреби  $j$ -го споживача,  $\tilde{b}$  – досить велике число, що забезпечує, що всі можливі потреби будуть покриті.

Нечіткі величини представляються нечіткими трикутними числами та позначаються

$$\langle b_j - \beta_j, b_j, \tilde{b} \rangle, j = 1, 2, \dots, n.$$

Графік однієї з цих функцій наведено на рис. 1.

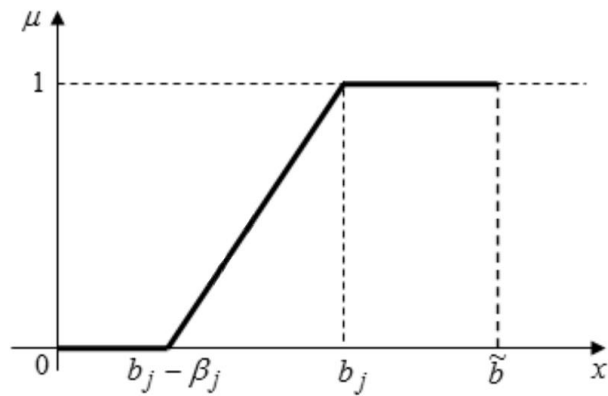


Рисунок 1 – Графік функції  $\mu_{b_j}(x)$

Прикладом такої задачі може бути розробка оптимального плану постачання медичних засобів (МЗ) до лікарень у межах великого міста з урахуванням нечітко визначених потреб у цих ресурсах. У якості постачальника маємо три основні склади МЗ, розташовані в різних частинах міста, кожен з яких має певний запас матеріальних ресурсів  $V_i$ , де  $i = 1, 2, 3$ . А у якості споживача – чотири лікарні, кожна з яких має нечітко визначену потребу  $b_j$ , де  $j = 1, 2, 3, 4$ . Також нам відомі витрати  $C_{ij}$  на перевезення одиниці МЗ від кожного  $i$ -го складу до кожної  $j$ -ї лікарні, що включає вартість палива, технічне обслуговування транспорту та зарплату персоналу. Розв'язком задачі є план перевезень МЗ –  $x$ , тобто об'єми МЗ, що підвозяться з  $i$ -го складу  $j$ -й лікарні:

$$x = (x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}).$$

Необхідно визначити оптимальний план перевезень, який забезпечує мінімізацію загальних витрат на перевезення матеріальних ресурсів та максимально задовольняє нечіткі потреби всіх споживачів.

Така задача є актуальною через потребу в забезпеченні швидкого і ефективного доступу до медичних засобів, особливо в умовах кризових ситуацій, наприклад пандемій.

Список використаних джерел:

1. Флегонтов, А. В., Вилков, В. Б., Черных, А. К. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных. Лань, 2020. 329 с.
2. 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, №2 (5), 2023. С. 46–54.
3. Черных А. К., Козлова И. В., Вилков В. Б. Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечетких математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере, № 4 (36), 2015. С. 107–117.