

УДК 621.38:[621.38-025.53+621.38-022.532]

DOI: <https://doi.org/10.30837/IYF.CVSAMM.2024.282>

## **ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО МАКСИМАЛЬНИЙ ПОТІК**

Спичак П.О.

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

This work is devoted to optimizing the transport system, maximizing the use of infrastructure and preventing overload of the transport network. The task is to find the maximum amount of transport mass that can be transported from the sender to the recipient via the existing transport network, if the communication capacities are specified by fuzzy values. It is necessary to find such flows through the network arcs that will ensure the maximum resulting flow from source to sink. The maximum flow problem on a transport network can be solved using the Ford-Fulkerson algorithm.

Задача про максимальний потік є класичною задачею теорії графів і має практичне застосування при плануванні мережі, у транспортних системах, мережевих технологіях тощо.

В цій роботі розглядається транспортна система.

Під час планування транспортних перевезень виникає задача ефективного розподілу загальних обсягів перевезення з наданням повного використання пропускної здатності існуючої транспортної мережі. Це відбувається, наприклад, при раптовому збільшенні обсягів перевезень, коли необхідно максимально збільшити транспортну масу від відправника до одержувача. У цьому контексті термін «транспортна маса» включає як рухомий склад (автомобілі, поїзди, вагони), так і вантаж, який перевозиться. Отже, задача полягає в пошуку максимального обсягу транспортної маси, яка може бути перевезена від відправника до одержувача за допомогою існуючої транспортної мережі. Іншими словами, для даної мережі потрібно знайти максимальний потік, який може бути пропущений через неї.

Розглянемо задачу про максимальний потік, але припустимо, що пропускні здатності комунікацій є нечіткими і задаються нечіткими числами. Для формулювання поняття оптимальності скористаємося ідеями Заде і Беллмана [1].

Вихідними даними до задачі про максимальний потік є: транспортна мережа з одним початковим пунктом (джерелом)  $S$  та кінцевим пунктом (стоком)  $t$  з нечітко заданими значеннями пропускних здатностей для кожної ділянки (дуги) між пунктами мережі  $i$  та  $j$ , як в одному напрямку, так і у зворотному. Потік транспортної маси пропускається від джерела до сто-

ку, до того ж при пропуску потоку через проміжні пункти мережі його величина є незмінною.

Отже, необхідно знайти такі потоки через сегменти (дуги) мережі, які забезпечать максимальний результуючий потік від джерела до стоку [2].

Сформулюємо математичну постановку задачі про максимальний потік. Нехай транспортна мережа задана графом  $G = (P, J)$ , де  $P$  – множина вершин графа,  $J$  – множина дуг між цими вершинами. Кожна дуга  $(i, j)$ , характеризується пропускнуою здатністю як у прямому напрямку –  $d_{ij}$ , так і у зворотному –  $d_{ji}$ . На графі виділимо такі вершини:  $S$  – джерело потоку;  $t$  – стік потоку;  $i, j$  – проміжні (транзитні) пункти пропуску потоку.

Позначимо через  $x_{ij}$  обсяг транспортної маси (потік), що пропускається дугою  $(i, j)$ , тоді загальний потік, що виходить з джерела  $S$  та входить до стоку  $t$ , становить:

$$F = \sum_j^k x_{sj} = \sum_i^r x_{it},$$

де  $k$  та  $r$  – кількість вершин, інцидентних відповідно джерелу  $S$  та стоку  $t$ .

Необхідно знайти такі значення потоків  $x_{ij}$ , що пропускаються по кожній з дуг графа, які б забезпечували максимальне значення результуючого потоку, тобто  $F \rightarrow \max$  за таких обмежень:

– величина потоку, що пропускається дугою, не може перевищувати її пропускнуої здатності:  $x_{ij} \leq d_{ij}$  та  $x_{ji} \leq d_{ji}$ ;

– величина потоку, що входить у проміжний пункт  $i$  від  $l$  суміжних вершин, повинна дорівнювати величині потоку, яка виходить з цього пункту до  $n$  суміжних вершин:

$$\sum_j^l x_{ji} = \sum_j^n x_{ij}.$$

Задача про максимальний потік на транспортній мережі може бути розв'язана за допомогою алгоритму Форда-Фалкерсона [3].

Такий підхід може бути використаний для оптимізації транспортної системи, максимізації використання інфраструктури та уникнення перевантаження транспортної мережі.

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., Закутній С. Нечітка логіка в задачах визначення економічних параметрів виконання проектів. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. 2024. №1 (27). С. 72–84.

3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход, Москва : Мир, 1978. 430 с.