

UDC 681.327

## METHOD OF MAXIMUM FLOW FINDING IN FUZZY TEMPORAL NETWORK\*

<sup>1</sup> Alexander V. Bozhenyuk

<sup>2</sup> Eugenia M. Rogushina

<sup>1-2</sup> Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”

The doctor of technical sciences, Professor

<sup>2</sup> PhD student

E-mail: AVBoo2@yandex.ru

This article presents a method of maximum dynamic flow finding in fuzzy temporal network when arc capacities of transportation network are represented as fuzzy triangular numbers.

**Keywords:** maximum flow, dynamic graph, fuzzy number.

В данной статье рассматривается задача нахождения максимального потока в темпоральной сети в нечетких условиях. Данная задача в четкой постановке исследовалась в работах [1, 2]. Здесь предлагалось решение задачи с использованием развернутого во времени графа, а также с помощью алгоритма поиска максимального динамического потока Форда-Фалкерсона, который строит соответствующий поток значительно эффективнее, чем алгоритм поиска максимального потока после сведения задачи о динамическом потоке к обычной задаче о потоке.

Пусть исходная транспортная сеть представляет собой темпоральный граф  $G=(X,A,T)$ , где  $X$  – множество вершин,  $A$  – множество дуг графа,  $T$  – дискретное время. Т.о., рассматривается транспортная сеть, на дугах которой заданы два параметра:  $q_{ij}(T)$  – максимальная пропускная способность дуги  $(x_i, x_j)$  в момент времени  $t \in T$ , а также время  $t(x_i, x_j)$  прохождения потока по дуге. Динамическим потоком в графе является поток, удовлетворяющий ограничениям на пропускные способности в любой момент времени. Максимальным динамическим потоком из источника в сток за заданное число временных интервалов называется такой динамический поток, для которого в сток за период в  $P$  интервалов проходит максимально возможное количество единиц потока. В работе [3] рассматривается решение данной задачи в случае, когда пропускные способности дуг заданы в виде четкого интервала. В настоящей работе параметр «пропускная способность транспортной сети» представляется в нечетком виде, а именно, в виде нечеткого треугольного числа. Пусть нечеткое расстояние «около  $\tilde{x}'$ » находится между соседними базовыми значениями «около  $\tilde{x}_1$ » и «около  $\tilde{x}_2$ » ( $x_1 \leq x' \leq x_2$ ), функции принадлежности которых  $\mu_{\tilde{x}_1}(x_1)$  и  $\mu_{\tilde{x}_2}(x)$  имеют треугольный вид. Тогда границы функции принадлежности  $\mu_{\tilde{x}'}(x)$  нечеткого расстояния «около  $\tilde{x}'$ » можно задать линейной комбинацией параметров границ левой и правой базовых значений [4]:

$$l^L = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} \times l_1^L + \left(1 - \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)}\right) \times l_2^L \quad \text{и} \quad l^R = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} \times l_1^R + \left(1 - \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)}\right) \times l_2^R \quad .$$

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 11-01-00011а.

Данная методика позволяет облегчить правила оперирования с нечеткими треугольными числами, а также достаточно быстро проводить вычисления. Метод решения задачи нахождения динамического потока в нечеткой темпоральной сети может быть представлен следующим образом:

Шаг 1. Применить к исходному графу алгоритм поиска потока минимальной стоимости, рассматривая время прохождения по данному ребру как стоимость ребра в алгоритме нахождения потока минимальной стоимости. Выполнение алгоритма продолжать до формирования потока  $\tilde{V}_p$ . Поток  $\tilde{V}_p$  определяется путями  $f_{p,1}, f_{p,2}, \dots, f_{p,r_p}$  из источника в сток, по которым течет соответственно  $\xi_{p,1}, \xi_{p,2}, \dots, \xi_{p,r_p}$  единиц потока. Данное разбиение потока  $\tilde{V}_p$  является побочным результатом выполнения алгоритма поиска потока минимальной стоимости.

Шаг 2. Для  $j = 1, 2, \dots, r_p$  посылать вдоль каждого  $f_{p,j}$  пути  $\xi_{p,j}$  единиц потока в каждый момент времени  $0, 1, 2, \dots, p - z(f_{p,j})$ .

В результате мы получаем максимальный динамический поток за  $p$  единичных интервалов времени. Этот поток течет из источника в сток в графе, для всех моментов времени  $t \in T$ .

#### Примечания:

1. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. М.: Мир, 1981. 323 с.
2. Форд Л.Р. Потоки в сетях / Л.Р. Форд, Д.Р. Фалкерсон. М.: Мир, 1966. 276 с.
3. Боженюк А.В. Анализ и исследование потоков и живучести в транспортных сетях при нечетких данных / А.В. Боженюк, И.Н. Розенберг, Т.А. Старостина. М.: Научный мир, 2006. 136 с.
4. Малышев Н.Г. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР / Н.Г. Малышев, Л.С. Берштейн, А.В. Боженюк. М.: Энергоатомиздат, 1991. 136 с.

УДК 681.327

## МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКА В НЕЧЕТКОЙ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

<sup>1</sup> Александр Витальевич Боженюк

<sup>2</sup> Евгения Михайловна Рогушина

<sup>1-2</sup> Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет" в г. Таганроге

347928, г. Таганрог, Некрасовский 44

доктор технических наук, доцент

<sup>2</sup> Аспирант 1 года обучения

E-mail: AVBoo2@yandex.ru

В статье рассматривается метод нахождения максимального динамического потока в нечеткой темпоральной транспортной сети, в случае, когда пропускные способности транспортной сети представлены в виде нечетких треугольных чисел.

**Ключевые слова:** максимальный поток, динамический граф, нечеткое число.