МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Герасименко Евгения Михайловна

НАХОЖДЕНИЕ ПОТОКОВ В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОСТИ И ЧАСТИЧНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Специальность:

05.13.17 - Теоретические основы информатики

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

доктор технических наук, профессор Боженюк А.В.

Научный руководитель:

Таганрог 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1 ПОТОКОВЫЕ ЗАДАЧИ В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ В ЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ 11

1. Основные понятия теории потоков 11
2. [Описание методики расчета пропускных способностей дуг транспортной сети 12](#bookmark7)
3. [Факторы, ведущие к постановкам потоковых задач в нечетких условиях 14](#bookmark8)
   1. [Нечеткая логика как основной инструмент оперирования неопределенностью 15](#bookmark9)
   2. [Потоковые задачи в транспортных сетях 21](#bookmark21)
      1. [Нахождение максимального потока в транспортной сети 21](#bookmark22)
      2. Нахождение максимального потока в транспортной сети с учетом ненулевых нижних

потоковых границ 23

* + 1. [Нахождение потока минимальной стоимости в транспортной сети 24](#bookmark24)
    2. Нахождение потока минимальной стоимости в транспортной сети с учетом ненулевых

нижних потоковых границ 27

* 1. Потоковые задачи в динамических транспортных сетях 28
     1. Нахождение максимального потока в динамической транспортной сети с учетом нулевых

и ненулевых нижних потоковых границ 29

* + 1. Нахождение потока минимальной стоимости в динамической транспортной сети с учетом

нулевых и ненулевых нижних потоковых границ 31

* 1. Выводы по главе 1 33

ГЛАВА 2 НАХОЖДЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКА И ПОТОКА МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ 34

1. Нахождение максимального потока в транспортной сети с нечеткими пропускными

способностями 34

1. Методика выполнения арифметических операций над нечеткими числами 37
2. Нахождение максимального потока в транспортной сети с учетом ненулевых нижних и

верхних потоковых границ, представленных в нечетком виде 40

1. Нахождение потока минимальной стоимости в транспортной сети с нечеткими

пропускными способностями и стоимостями 47

1. [Метод потенциалов для нахождения потока минимальной стоимости в транспортной сети с нечеткими пропускными способностями и стоимостями 50](#bookmark33)
2. Нахождение потока минимальной стоимости в транспортной сети с учетом нечетких

ненулевых нижних, верхних границ потоков и стоимостей 63

1. Выводы по главе 2 81

**з**

ГЛАВА З РЕШЕНИЕ ПОТОКОВЫХ ЗАДАЧ В ДИНАМИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ С НЕЧЕТКИМИ НИЖНИМИ, ВЕРХНИМИ ГРАНИЦАМИ ПОТОКОВ И СТОИМОСТЯМИ..83

1. Определение нечеткой динамической транспортной сети 83
2. Нахождение максимального потока в динамической транспортной сети с нечеткими

пропускными способностями, зависящими от времени 85

1. Нахождение максимального потока в динамической транспортной сети с учетом нечетких

ненулевых нижних и верхних потоковых границ, изменяющихся во времени 90

1. Нахождение потока минимальной стоимости в динамической транспортной сети с

зависящими от времени пропускными способностями и стоимостями, заданными в нечетком виде 110

1. Нахождение потока минимальной стоимости в динамической транспортной сети с учетом нечетких ненулевых нижних, верхних потоковых границ и стоимостей, зависящих от

времени 133

1. Выводы по главе 3 144

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО РЕШЕНИЕ ПОТОКОВЫХ ЗАДАЧ В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ 146

1. Функциональное назначение разработанного программного модуля 146
2. Описание логической структуры программного модуля 149
3. Подготовка входных данных с использованием ГИС ObjectLand 152
4. Оценка временной сложности 152
5. Выводы по главе 4 153

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 154

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 156

ПРИЛОЖЕНИЕ А Численные примеры, реализующие решение потоковых задач 164

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ 215

ПРИЛОЖЕНИЕ В Акты внедрения 216

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной научный результат диссертационной работы заключается в разработанных методах нахождения максимального потока и потока минимальной стоимости в статических транспортных сетях, учитывающих нечеткий характер параметров сетей, а также наличие ненулевых нижних потоковых границ, и динамических транспортных сетях, в которых нижние, верхние границы потоков, стоимости перевозок, представленные нечетко, и параметры времени прохождения потока по дугам, могут меняться во времени. В ходе работы решены следующие научные задачи:

1. Разработаны и обоснованы методы нахождения максимального потока в транспортной сети с учетом нулевых и ненулевых нижних потоковых границ. Данные методы позволяют, в отличие от существующих, находить максимальный поток с учетом нулевых и ненулевых нижних и верхних границ потока, заданных нечетко.
2. Разработаны и обоснованы методы нахождения потока минимальной стоимости в транспортной сети, параметрами которой являются нулевые и ненулевые нижние, верхние границы потока и стоимости перевозок, которые позволяют, в отличие от существующих, находить поток минимальной стоимости с учетом нечетких нижних, верхних границ потока и стоимостей перевозок.
3. Разработаны методы нахождения максимального потока в динамической транспортной сети с нечеткими нулевыми и ненулевыми нижними и верхними границами потока, отличающиеся от аналогов тем, что позволяют учесть зависимость нечетких нижних и верхних границ потока от времени.
4. Разработаны и обоснованы методы нахождения потока минимальной стоимости в динамической транспортной сети с учетом нечетких пропускных способностей и стоимостей перевозок, отличающиеся от аналогов тем, что позволяют учесть зависимость нечетких пропускных способностей дуг сети и стоимостей перевозок от времени.
5. Разработаны методы нахождения потока минимальной стоимости в динамической транспортной сети с учетом ненулевых нижних границ потока, отличающиеся от аналогов тем, что позволяют учесть зависимость нечетких верхних границ потока, ненулевых нижних границ потока и стоимостей перевозок от времени.
6. Разработан программный модуль, применяемый при нахождении максимального потока с учетом нулевых и ненулевых нижних потоковых границ, заданных нечетко, и рассчитанный на использование совместно с ГИС ObjectLand. Приведена оценка временной сложности разработанных алгоритмов с помощью измерения времени работы их программной реализации для различных входных данных.
7. Разработанные в диссертации методы внедрены в научно-исследовательской деятельности НТЦ «Интех» ЮФУ, ЗАО «Интехгеотранс», а также ФГАОУ ВО «Южный

федеральный университет», что подтверждено актами о внедрении. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, из них 8 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК