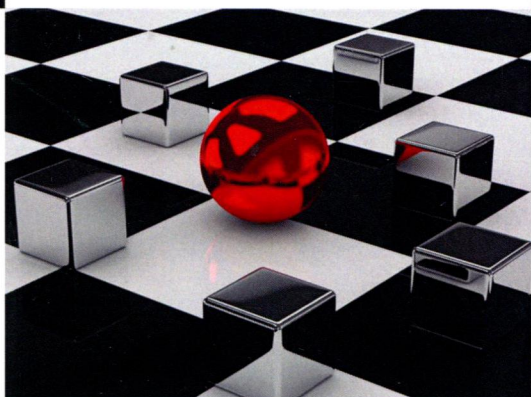


НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



*В.И. Петренко, Ф.Б. Тебуева*

# ВЕКТОРНЫЕ ЗАДАЧИ НА ГРАФАХ С НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ ВХОДНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

В.И. Петренко, Ф.Б. Тебуева

**ВЕКТОРНЫЕ ЗАДАЧИ  
НА ГРАФАХ  
С НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ  
ВХОДНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ  
МОНОГРАФИЯ**

Москва  
РИОР  
ИНФРА-М

УДК 519.17:518.2

ББК 22.18

ПЗО

ФЗ           Издание не подлежит маркировке  
№ 436-ФЗ   в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1

**Авторы:**

*Петренко В.И.* — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой организации и технологии защиты информации, Северо-Кавказский федеральный университет (Ставрополь). Автор более 200 печатных работ, в том числе 22 учебных пособий, 7 из которых имеют гриф УМО, 85 изобретений по проблемам защиты информации, защиты персональных данных, арифметических операций в конечных полях, синтеза дискретных последовательностей, систем связи;

*Тебуева Ф.Б.* — д-р физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики и компьютерной безопасности, Северо-Кавказский федеральный университет (Ставрополь). Автор более 200 печатных трудов, в том числе 5 монографий, 5 изобретений по проблемам математического моделирования процессов в информационно-телекоммуникационных системах.

**Рецензенты:**

*Макаров А.М.* — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационно-коммуникационных технологий, математики и информационной безопасности Пятигорского государственного университета (Пятигорск);

*Осиян В.О.* — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет» (Краснодар);

*Никитина А.В.* — д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры интеллектуальных и многопроцессорных систем Южного федерального университета (Таганрог).

**Петренко В.И., Тебуева Ф.Б.**

**ПЗО**   Векторные задачи на графах с недетерминированными входными параметрами: монография / В.И. Петренко, Ф.Б. Тебуева. — М.: РИОР, ИНФРА-М, 2019. — 234 с. — (Научная мысль). — DOI: <https://doi.org/10.29039/1809-5>

ISBN 978-5-369-01809-5 (РИОР)

ISBN 978-5-16-014436-8 (ИНФРА-М)

В монографии исследуются вопросы моделирования сложных систем, которые математически формализуются как векторные задачи на графах с недетерминированными входными параметрами. Недетерминированность параметров возникает в ситуациях, когда не представляется возможным проведение вычислительного эксперимента и получения точных значений характеристик функционирования системы. Рассматриваются задачи, имеющие входные параметры в виде нечетких множеств, интервалов значений и временных рядов.

Для преподавателей, студентов, аспирантов физико-математических и технических специальностей, интересующихся вопросами моделирования слабоформализуемых процессов.

УДК 519.17:518.2

ББК 22.18

ISBN 978-5-369-01809-5 (РИОР)  
ISBN 978-5-16-014436-8 (ИНФРА-М)

© В.И. Петренко,  
Ф.Б. Тебуева

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>ГЛАВА 1. Анализ возможных неопределенностей исходных данных в задачах многокритериального выбора на графах и исследование проблемы отыскания предпочтительной альтернативы.....</b>	<b>5</b>
1.1. Формализация прикладных задач в виде задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных .....	6
1.2. Математическая постановка и исследование вычислительной сложности задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных.....	12
1.3. Обоснование необходимости структурирования недетерминированности исходных данных в задачах многокритериального выбора на графах .....	19
1.3.1. Недостаточность информативности результата и неприемлемая трудоемкость расчетов при выполнении арифметических операций над нечеткими исходными данными с различной размерностью носителя .....	19
1.3.2. Отсутствие методов сравнения нечетких множеств без использования процедуры нормализации и несравнимость вложенных интервалов .....	26
1.3.3. Необходимость структурирования исходных данных, представленных временными рядами, и неадекватность классического математического аппарата прогнозирования для персистентных временных рядов .....	31
1.4. Оценка применимости методов многокритериального выбора предпочтительной альтернативы с детерминированными исходными данными для случая недетерминированности.....	36
Выводы по главе 1 .....	42
<b>ГЛАВА 2. Разработка методов структурирования исходных данных в виде нечетких множеств и интервалов значений.....</b>	<b>44</b>
2.1. Обоснование выбора классификации нечетких множеств по признаку «Близость к более вероятной величине».....	45
2.2. Разработка метода сведения размерностей дискретных нечетких множеств к единой величине для возможности применения нечетких арифметических операций на базе векторного получения носителя.....	46
2.3. Разработка метода упорядочения по предпочтительности двух нечетких множеств с вложенными границами носителя .....	59

2.4. Обоснование необходимости использования взвешенной свертки границ интервалов при решении экстремальных задач на графах с интервальными весами.....	62
Выводы по главе 2 .....	65

**ГЛАВА 3. Разработка прогнозной модели для структурирования исходных данных в виде персистентных временных рядов .....** 66

3.1. Разработка метода последовательного $R/S$ -анализа для вычисления глубины долговременных корреляций в персистентных временных рядах .....	67
3.2. Применение алгоритма последовательного $R/S$ -анализа для получения циклических характеристик персистентных временных рядов .....	68
3.3. Разработка математической модели для прогнозирования персистентных временных рядов на базе инструментария клеточных автоматов.....	76
3.3.1. Разработка методов трансформации числовых временных рядов в клеточные автоматы.....	77
3.3.2. Оценка частотной памяти временного ряда, представленного клеточным автоматом .....	84
3.3.3. Получение прогноза и оценка погрешности.....	85
3.4. Сравнительный анализ результатов прогнозирования временных рядов из классификации по признаку «Персистентность» .....	87
Выводы по главе 3 .....	96

**ГЛАВА 4. Разработка метода решения дискретных многокритериальных задач на графах в условиях недетерминированности исходных данных.....** 97

4.1. Описание общей схемы метода решения задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных .....	97
4.2. Разработка методов получения оценок «суммарный эффект» и «оценка по наихудшему» для допустимых решений задачи многокритериального выбора на графах с недетерминированными весами ребер.....	102
4.3. Адаптация метода Парето для реализации многокритериального сравнения допустимых решений в задачах на графах с недетерминированными весами ребер .....	124
4.4. Пример нахождения многокритериального оптимума в задаче на графах с недетерминированными весами ребер .....	125
Выводы по главе 4 .....	135

<b>ГЛАВА 5. Разработка численных методов и оценка эффективности решения задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных .....</b>	<b>136</b>
5.1. Численные методы решения задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных .....	136
5.2. Методология оценки эффективности вычислительного алгоритма.....	146
5.3. Исследование вычислительной сложности многокритериальных задач на графах с недетерминированными весами ребер.....	150
5.4. Оценка эффективности методики решения задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных .....	155
5.5. Разработка приближенных алгоритмов для некоторых подклассов задач на графах в условиях недетерминированности весов ребер .....	160
Выводы по главе 5.....	166
<b>ГЛАВА 6. Разработка комплекса проблемно-ориентированных программ для моделирования задач многокритериального выбора на графах с недетерминированными исходными данными .....</b>	<b>167</b>
6.1. Алгоритм методики решения задач многокритериального выбора на графах в условиях недетерминированности исходных данных .....	167
6.2. Описание комплекса проблемно-ориентированных программ «Многокритериальная оптимизация на графах в условиях стохастической неопределенности исходных данных» .....	188
Выводы по главе 6.....	193
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>194</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>196</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>218</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	218
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	219
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	222
<b>SUMMARY .....</b>	<b>230</b>