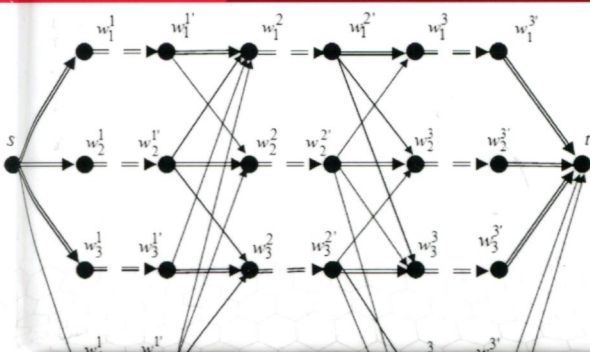
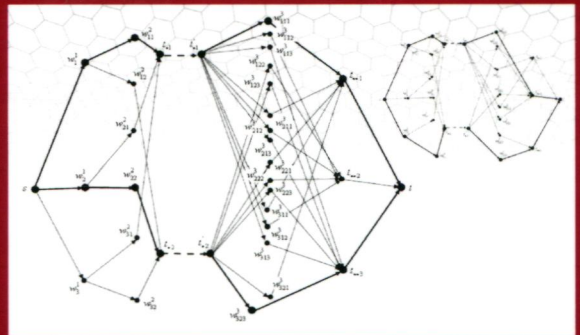


А. В. Флегонтов, В. Б. Вилков, А. К. Черных

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ НЕЧЕТКИХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ



[www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)



ЭБС  
ЛАНЬ® ЛАНЬ

**А. В. ФЛЕГОНТОВ,  
В. Б. ВИЛКОВ,  
А. К. ЧЕРНЫХ**

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ НЕЧЕТКИХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ**

*Монография*



**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
МОСКВА  
КРАСНОДАР  
2020**

УДК 681.5(075.8)

ББК 32.81я73

**Ф 71 Флегонтов А. В. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных : монография / А. В. Флегонтов, В. Б. Вилков, А. К. Черных. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 332 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Текст : непосредственный.**

**ISBN 978-5-8114-4402-1**

Монография имеет целью ознакомление научно-педагогических работников с возможностями применения теории нечетких множеств и нечеткой логики для решения различных задач исследования операций, теории графов и теории игр, реализуемых в процессе принятия решений в организационных и технических системах управления. Работа может оказаться полезной для студентов, аспирантов, научных сотрудников и лиц, принимающих решения, проводящих исследования процессов управления в организационных и технических системах управления с целью выбора оптимальных (рациональных) способов управления.

Предложенные алгоритмы и методы адаптированы для использования их в автоматизированных системах принятия решений, функционирующих в реальном режиме времени.

Монография предназначена для широкого круга научных работников и специалистов в области управления организационными и техническими системами.

УДК 681.5(075.8)

ББК 32.81я73

**Рецензенты:**

*А. И. ПРИМАКИН* — доктор технических наук, профессор, полковник полиции, начальник кафедры специальных информационных технологий Санкт-Петербургского университета МВД России;

*В. В. ФОМИН* — доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена.

**Обложка**

*П. И. ПОЛЯКОВА*

© Издательство «Лань», 2020

© Коллектив авторов, 2020

© Издательство «Лань»,

художественное оформление, 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ .....   | 3  |
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 4  |
| Глава 1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ<br>И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ .....   | 7  |
| 1.1. Историческая справка.....  | 7  |
| 1.2. Нечеткие множества и действия с ними.....  | 9  |
| 1.3. Фаззификация и дефаззификация нечеткого множества.....   | 18 |
| 1.4. Элементы нечеткой логики.....  | 21 |
| 1.5. Нечеткая задача математического программирования.....  | 22 |
| 1.6. Нечеткая задача векторной оптимизации.....   | 24 |
| 1.7. Нечеткий логический вывод.....   | 24 |
| ГЛАВА 2. НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ.....  | 34 |
| 2.1. Вводные замечания.....   | 34 |
| 2.2. Задача линейного программирования.....   | 35 |
| 2.3. Транспортная задача линейного программирования.....  | 40 |
| 2.4. Задача о ранце.....  | 42 |
| 2.5. Элементы теории управления запасами.....   | 44 |
| 2.6. Задача векторной оптимизации.....  | 51 |
| 2.7. Постановка транспортной задачи линейного программирования<br>с нечетко заданными потребностями в материальных средствах..... | 54 |
| 2.8. Математическая модель транспортной задачи<br>с нечеткими потребностями.....  | 56 |
| 2.9. Алгоритм отыскания оптимального плана.....   | 60 |
| 2.10. Пример решения транспортной задачи<br>с нечеткими потребностями.....  | 60 |
| 2.11. Задача о доставке труб для газопровода «Сила Сибири».....   | 65 |
| 2.12. Случай дефицита запасов.....  | 71 |
| 2.13. Задача о загрузке транспортного средства штучными грузами.....  | 76 |
| 2.14. Об одном свойстве оптимального плана задачи (2.44).....   | 79 |
| 2.15. Алгоритм решения задачи.....  | 83 |

|  |            |
|--|------------|
| 2.16. Пример загрузки самолета .....   | 84         |
| 2.17. Нечеткие множества в теории управления запасами .....  | 86         |
| 2.18. Об одном свойстве оптимального плана задачи.....   | 90         |
| 2.19. Алгоритм и пример решения задачи.....  | 91         |
| 2.20. Задача по определению необходимого числа запасных деталей.....   | 95         |
| 2.21. Задачи векторной оптимизации с нечеткими<br>исходными данными.....                                       | 97         |
| <b>ГЛАВА 3. ЗАДАЧИ НА ГРАФАХ С НЕЧЕТКИМИ ВЕСАМИ .....</b>  | <b>110</b> |
| 3.1. Вводные замечания.....  | 110        |
| 3.2. Теория сетевого планирования и управления, ее применение.....   | 111        |
| 3.3. Задача о кратчайшем расстоянии на ориентированной сети<br>без циклов .....                                | 115        |
| 3.4. Задача о кратчайшем маршруте на смешанном графе.....  | 117        |
| 3.5. Задача о кратчайшем соединении .....  | 123        |
| 3.6. Задача о максимальном потоке.....   | 126        |
| 3.7. Паросочетания в графах .....  | 135        |
| 3.8. Сетевой график с нечеткими продолжительностями работ .....  | 152        |
| 3.9. Задача о кратчайшем маршруте с нечетко заданным временем<br>движения по коммуникациям .....               | 164        |
| 3.10. Задача о кратчайшем соединении с нечетко определенной<br>экономической эффективностью коммуникаций ..... | 175        |
| 3.11. Задача о максимальном потоке с нечетко заданными<br>пропускными способностями коммуникаций.....          | 186        |
| 3.12. Задача о назначении с нечетко заданными затратами .....  | 192        |
| 3.13. К вопросу об определении надежности коммуникации .....   | 196        |
| 3.14. Задача о наиболее надежном маршруте .....  | 204        |
| 3.15. Задача о наиболее надежном покрытии .....  | 212        |
| 3.16. Задача о наиболее надежном потоке заданной величины<br>и о максимальном потоке заданной надежности.....  | 217        |
| 3.17. Задача о наиболее надежном назначении<br>на произвольном графе.....                                      | 219        |
| 3.18. Трехдольные графы с нечеткими вершинами.....   | 224        |

|   |     |
|---|-----|
| ГЛАВА 4. ИГРЫ С НЕЧЕТКИМИ ВЫИГРЫШАМИ .....  | 242 |
| 4.1. Предмет и область применения теории игр .....  | 242 |
| 4.2. Матричные игры и понятие оптимальных стратегий для них .....                               | 244 |
| 4.3. Бескоалиционные игры .....   | 245 |
| 4.4. Игры с «природой» .....  | 248 |
| 4.5. Кооперативные игры .....   | 253 |
| 4.6. Биматричные игры с нечеткими множествами стратегий .....                                   | 255 |
| 4.7. Игры с «природой», когда множество ее стратегий нечеткое .....                             | 257 |
| 4.8. Кооперативные игры с нечеткими множествами стратегий игроков .....                         | 260 |
| 4.9. Матричные игры с нечеткими выигрышами .....  | 263 |
| 4.10. Бескоалиционные игры с нечеткими выигрышами .....   | 273 |
| ГЛАВА 5. НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ .....  | 281 |
| 5.1. Историческая справка .....   | 281 |
| 5.2. Управление смесителем воды .....   | 285 |
| 5.3. Управление мобильным роботом .....   | 288 |
| 5.4. Парковка автомобиля .....  | 294 |
| 5.5. Организационное управление .....   | 302 |
| 5.5.1. Оценка качества решения по его экономической и оперативной характеристикам .....         | 302 |
| 5.5.2. Выбор оптимального маршрута доставки грузов при нечетко заданных условиях движения ..... | 307 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 314 |
| ЛИТЕРАТУРА .....  | 316 |