

УДК 303.732.4(076)  
ББК з817 я73-5  
Я 47

Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
Северо-Кавказского  
федерального университета

*Рецензенты:*

д-р техн. наук, доц., зав. каф. инфокоммуникаций СКФУ **Г. И. Линец**,  
д-р техн. наук, проф., проф. каф. АСУ **И. А. Калмыков**  
(филиал МГУПИ в г. Ставрополе)

**Яковлев С. В.**

**Я 47 Теория систем и системный анализ:** учебное пособие (лабораторный практикум). – 2-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь: СКФУ, 2014. – 354 с.

ISBN 978-509296-0720-2

Пособие представляет лабораторный практикум, составленный в соответствии с ФГОС ВПО по направлениям подготовки 11.03.02 (210700) – Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 09.03.02 (230400.62) – Информационные системы и технологии, 09.03.03 (230700.62) – Прикладная информатика, 09.03.01 (230100.62) – Информатика и вычислительная техника.

В пособии рассматриваются практические вопросы применения методов системного анализа для решения хорошо структурированных количественно выражаемых проблем. При этом используется методология исследования операций, которая состоит в построении адекватной математической модели (например, задачи линейного, динамического, нелинейного программирования, задачи теории массового обслуживания, теории игр и др.) и отыскании оптимальной стратегии управления целенаправленными действиями.

Предназначено для студентов, бакалавров, магистров и аспирантов соответствующих специальностей, а также может быть полезно инженерам и другим научно-техническим работникам.

УДК 303.732.4(076)  
ББК з817 я73-5

ISBN 978-509296-0720-2

© Яковлев С.В., 2014  
© ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский  
федеральный университет», 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>10</b>
<b>ГЛАВА 1. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Формулировка задачи линейного программирования....	15
1.2. Математическая модель задачи линейного программирования .....	16
1.3. Геометрический метод решения задачи линейного программирования .....	17
1.4. Симплексный метод решения задачи линейного программирования .....	20
1.5. Использование среды MS Excel для нахождения оптимального допустимого решения задачи линейного программирования .....	29
1.6. Использование среды Mathcad для решения задачи линейного программирования .....	42
1.7. Лабораторная работа 1. Решение задач линейного программирования геометрическим методом.....	42
1.8. Лабораторная работа 2. Решение задач линейного программирования симплексным методом.....	47
1.9. Список литературы к главе 1.....	51
<b>ГЛАВА 2. ДВОЙСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ .....</b>	<b>52</b>
2.1. Структура и свойства двойственной задачи линейного программирования .....	52
2.2. Нахождение двойственной задачи линейного программирования .....	55
2.3. Графический способ решения двойственных задач линейного программирования .....	56
2.4. Лабораторная работа 3. Исследование двойственных задач линейного программирования.....	58
2.5. Список литературы к главе 2.....	61

<b>ГЛАВА 3. ТРАНСПОРТНЫЕ ЗАДАЧИ</b>	
<b>ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ</b>	62
3.1. Формулировка классической транспортной задачи	62
3.2. Математическая модель транспортной задачи	65
3.3. Решение транспортной задачи	66
3.4. Использование среды MS Excel для решения транспортной задачи	71
3.5. Формулировка задачи о назначениях	75
3.6. Математическая модель задачи о назначениях	76
3.7. Венгерский метод решения задачи о назначениях	76
3.8. Использование среды MS Excel для решения задачи о назначениях	81
3.9. Использование среды Mathcad для решения задачи о назначениях	82
3.10. Лабораторная работа 4. Определение оптимального распределения поставок и минимальных затрат при решении транспортных задач	84
3.11. Лабораторная работа 5. Решение задачи о назначениях венгерским методом	90
3.12. Список литературы к главе 3	104
<b>ГЛАВА 4. МОДЕЛИ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО</b>	
<b>ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ</b>	105
4.1. Формулировка задачи коммивояжера	105
4.2. Математическая модель задачи коммивояжера	106
4.3. Решение задачи коммивояжера	106
4.4. Использование среды MS Excel для решения задачи коммивояжера	115
4.5. Лабораторная работа 6. Решение задачи коммивояжера методом ветвей и границ	119
4.6. Список литературы к главе 4	122
<b>ГЛАВА 5. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ</b>	
<b>В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ</b>	123
5.1. Формулировка оптимизационной задачи в условиях неопределенности	125
5.2. Критерии принятия решений в условиях неопределенности	125

5.3. Принятие решений в условиях неопределенности.....	127
5.4. Использование среды MS Excel для нахождения оптимальной стратегии .....	130
5.5. Лабораторная работа 7. Решение оптимизационных задач в условиях неопределенности .....	132
5.6. Список литературы к главе 5.....	136

<b>ГЛАВА 6. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ В УСЛОВИЯХ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ .....</b>	<b>137</b>
6.1. Формулировка игровой задачи.....	138
6.2. Математическая модель игровой задачи .....	138
6.3. Итерационный метод решения игровой задачи.....	139
6.4. Использование среды MS Excel для решения игровых задач методом линейного программирования....	144
6.5. Лабораторная работа 8. Решение игровых задач.....	148
6.6. Список литературы к главе 6.....	151

<b>ГЛАВА 7. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ.....</b>	<b>152</b>
7.1. Формулировка задачи с несколькими целевыми функциями.....	153
7.2. Математическая модель многокритериальной задачи... 154	
7.3. Методы решения задач с несколькими целевыми функциями.....	154
7.4. Использование среды Mathcad для решения задач с несколькими целевыми функциями .....	156
7.5. Лабораторная работа 9. Решение многокритериальных задач .....	162
7.6. Список литературы к главе 7.....	165

<b>ГЛАВА 8. ЗАДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ....</b>	<b>166</b>
8.1. Постановка задачи динамического программирования ...	166
8.2. Формулировка задачи об оптимальной загрузке .....	168
8.3. Математическая модель задачи об оптимальной загрузке..	169
8.4. Решение задачи об оптимальной загрузке .....	170

8.5. Использование среды MS Excel для решения задачи об оптимальной загрузке.....	172
8.6. Лабораторная работа 10. Решение задач динамического программирования.....	179
8.7. Список литературы к главе 8.....	182

## **ГЛАВА 9. МОДЕЛИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ .... 183**

9.1. Общие сведения о сетевом планировании и управлении .....	183
9.2. Формулировка задачи расчета и оптимизации сетевого графика .....	186
9.3. Решение задачи расчета и оптимизации сетевого графика.....	189
9.4. Лабораторная работа 11. Расчет и оптимизация сетевого графика.....	193
9.5. Список литературы к главе 9.....	196

## **ГЛАВА 10. СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ..... 197**

10.1. Общие сведения о сетевых моделях.....	197
10.2. Формулировка алгоритма нахождения минимального остовного дерева .....	199
10.3. Решение задачи поиска минимального остовного дерева.....	199
10.4. Использование среды MS Excel для решения задачи поиска минимального остовного дерева.....	202
10.5. Формулировка задачи поиска кратчайшего пути .....	204
10.6. Решение задачи поиска кратчайшего пути .....	206
10.7. Использование среды MS Excel для решения задачи поиска кратчайшего пути.....	211
10.8. Лабораторная работа 12. Исследование алгоритма нахождения минимального остовного дерева .....	214
10.9. Лабораторная работа 13. Решение задачи определения кратчайшего пути .....	223
10.10. Список литературы к главе 10.....	233

<b>ГЛАВА 11. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА В СЕТЕВЫХ МОДЕЛЯХ .....</b>	<b>234</b>
11.1. Формулировка задачи поиска максимального потока и минимального разреза в сети .....	234
11.2. Решение задачи поиска максимального потока и минимального разреза.....	237
11.3. Использование среды MS Excel для решения задачи поиска максимального потока .....	243
11.4. Лабораторная работа 14. Решение задачи о максимальном потоке и минимальном разрезе в сети.....	245
11.5. Список литературы к главе 11.....	255
<b>ГЛАВА 12. МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....</b>	<b>256</b>
12.1. Понятие марковского случайного процесса.....	257
12.2. Составление модели технической системы .....	260
12.3. Моделирование технической системы.....	262
12.4. Моделирование технических систем в среде Mathcad с использованием аппарата марковских случайных процессов.....	264
12.5. Лабораторная работа 15. Исследование марковских моделей принятия решений.....	268
12.6. Список литературы к главе 12.....	273
<b>ГЛАВА 13. МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ .....</b>	<b>274</b>
13.1. Классификация систем массового обслуживания и их основные характеристики .....	274
13.2. Формулировка задачи моделирования системы массового обслуживания с отказами .....	278
13.3. Решение задач моделирования системы массового обслуживания с отказами .....	279
13.4. Использование среды Mathcad для исследования задач принятия решений при анализе системы массового обслуживания с отказами .....	280

13.5. Формулировка задачи моделирования системы массового обслуживания с очередью.....	284
13.6. Решение задачи моделирования системы массового обслуживания с очередью.....	284
13.7. Использование среды Mathcad для исследования задач принятия решений при анализе многоканальной системы массового обслуживания с очередью .....	285
13.8. Лабораторная работа 16. Исследование задач принятия решений при анализе систем массового обслуживания с отказами .....	289
13.9. Лабораторная работа 17. Исследование задач принятия решений при анализе систем массового обслуживания с очередью.....	296
13.10. Список литературы к главе 13.....	303
<b>ГЛАВА 14. МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.....</b>	<b>304</b>
14.1. Основные понятия модели управления запасами .....	304
14.2. Формулировка задачи управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.....	307
14.3. Решение задачи управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.....	308
14.4. Использование среды MS Excel для решения задачи управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами .....	310
14.5. Многопродуктовая статическая модель с ограниченной вместимостью склада .....	313
14.6. Использование среды MS Excel для решения многопродуктовой статической задачи управления запасами с ограниченной вместимостью склада.....	315
14.7. Формулировка стохастической задачи управления запасами.....	318
14.8. Использование среды MS Excel для моделирования системы «Магазин-Склад» со случайным спросом и случайным временем задержки поставки .....	319

14.9. Лабораторная работа 18. Исследование детерминированной модели управления запасами .....	324
14.10.Лабораторная работа 19. Исследование стохастической задачи управления запасами .....	335
14.11. Список литературы к главе 14.....	339
<b>ГЛАВА 15. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....</b>	<b>340</b>
15.1. Формулировка задачи нелинейного программирования .....	340
15.2. Математическая модель задачи нелинейного программирования .....	341
15.3. Использование среды MS Excel для решения задачи нелинейного программирования .....	343
15.4. Использование среды Mathcad для решения задачи нелинейного программирования .....	345
15.5. Лабораторная работа 20. Решение задач нелинейного программирования .....	345
15.6. Список литературы к главе 15.....	349
<b>РЕКОМЕНДУЕМАЯЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ.....</b>	<b>350</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. ФОРМА ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА.....</b>	<b>353</b>