

С.А. ПИЯВСКИЙ
В.В. МАЛЫШЕВ

НОВЫЕ МЕТОДЫ
ПРИНЯТИЯ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ
РЕШЕНИЙ
В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

НАУКА

С.А. ПИЯВСКИЙ
В.В. МАЛЫШЕВ

НОВЫЕ МЕТОДЫ
ПРИНЯТИЯ
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ
РЕШЕНИЙ
В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

МОСКВА НАУКА 2022

УДК 65.011.56

ББК 60

П32



*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 21-18-00009, не подлежит продаже*

Пиявский С.А., Малышев В.В.

Новые методы принятия многокритериальных решений в цифровой среде. — М. : Наука, 2022. — 370 с. — ISBN 978-5-02-040885-2

Современная цифровая среда при использовании изложенных в монографии методов позволяет лицу, принимающему решение в условиях многокритериальности, неопределенности и риска, представить свое стратегическое видение ситуации в естественной для себя, полноценной и в то же время нетрудоемкой форме и получить математически строго обоснованную объективную количественную оценку комплексной эффективности рассматриваемых вариантов решений, визуализировать и более глубоко осмыслить свои предпочтения. С помощью приведенных в монографии универсальных таблиц это можно сделать (конечно, с меньшим комфортом), применяя обычные электронные таблицы типа Excel. При написании монографии были использованы результаты проектов, выполненных авторами при поддержке РФФИ в 2015–2020 гг.: № 15-08-07422 «Разработка комплексной методики и автоматизированной системы (программного комплекса) поддержки принятия решений при проведении анализа эффективности и многокритериальной оптимизации оперативного планирования целевого функционирования орбитальных группировок космических систем наблюдения и связи различного назначения»; № 18-08-00858 «Разработка теоретических основ (моделей, методов и алгоритмов) формирования виртуальной среды поддержки принятия многокритериальных решений (в аэрокосмической отрасли)».

Для руководителей и специалистов различных отраслей науки, техники и экономики, занятых подготовкой и принятием сложных управленческих, инженерных и экономических решений в условиях неопределенности и риска, а также научных работников, преподавателей и студентов вузов, использующих методы системного анализа и исследования операций.

ISBN 978-5-02-040885-2

© Пиявский С.А., Малышев В.В., 2022

© ФГУП Издательство «Наука»,
редакционно-издательское оформление, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Многокритериальность как неопределенность	4
1.1. Изменение роли ЛПР в доцифровой и цифровой период....	4
1.2. Неустраняемая неопределенность в методах многокритериальной оптимизации. Пример использования метода аналитической иерархии.....	7
1.3. Предлагаемая концепция учета неопределенности в задачах принятия многокритериальных решений.....	17
1.3.1. Парето-оптимальность и прогрессивность решений...	17
1.3.2. Способ учета неопределенности и порождающая функция.....	18
1.3.3. Аналогия со средней Колмогорова.....	22
1.3.4. Общий вид комплексного критерия в задачах многокритериальной оптимизации	23
2. Метод уверенных суждений.....	33
2.1. Уверенные суждений ЛПР.....	33
2.2. Пример. Сравнение ракет-носителей.....	34
2.3. Пример. Оптимизации стратегий функционирования ресурсных систем	44
3. Метод уверенных суждений и многоцелевой подход.....	52
3.1. Понятие многоцелевой системы.....	52
3.2. Принятие решения как оптимизация многоцелевой системы.....	54
3.3. Математическая модель оптимизации многоцелевой системы для множества политик выбора	57
3.4. Математическая модель систематизации расположения политик выбора в области Дирихле.....	59
3.5. Пример. Анализ концепций высотного беспилотного летательного аппарата.....	61
4. Универсальные коэффициенты важности критериев	75
4.1. Комбинации распределения критериев по группам важности	75
4.2. Основные формулы расчета универсальных коэффициентов важности в линейной свертке критериев (свертке Лапласа)	79
4.3. Аналитический расчет универсальных коэффициентов важности в свертке Лапласа для двух, трех и четырех критериев	80
4.4. Численный расчет универсальных коэффициентов важности в свертке Лапласа для пяти и шести критериев.....	91

4.5. Метод масок для расчета универсальных таблиц важности критериев при любом числе критериев.....	94
4.5.1. Краевой эффект таблицы универсальных коэффициентов важности	94
4.5.2. Маска таблицы универсальных коэффициентов важности.....	95
4.5.3. Система линейных уравнений для построения универсальной таблицы	97
4.6. «Нумерологический» подход.....	102
4.6.1. Расчет задающих коэффициентов при нумерологическом подходе	102
4.6.2. Расчет задающих коэффициентов методом аналитической иерархии.....	108
4.7. Расчет универсальных коэффициентов важности при гарантирующей свертке (свертке Гермейера)	109
4.7.1. Постановка задачи.....	109
4.7.2. Метод вычисления коэффициентов важности критериев в гарантирующей свертке	111
4.7.3. Универсальные таблицы коэффициентов важности критериев в обоих видах сверток критериев	115
4.7.4. Примеры использования таблиц универсальных коэффициентов важности критериев в задачах принятия решения	120
4.7.4.1. Расчет рейтинга университетов	120
4.7.4.2. Сравнительный многокритериальный анализ концепций высотных беспилотных летательных аппаратов.....	128
4.7.5. Обсуждение.....	135
4.7.5.1. Насколько «важнее» означает «больше»?	137
4.7.5.2. Как соотносится предлагаемый подход с методом анализа иерархий Т. Саати?	137
4.7.5.3. Корректно ли осреднять после нормирования значения критериев, эквивалентных по важности?	141
4.7.5.4. Как «нумеризовать» качественную шкалу?	141
4.8. Расчет таблиц универсальных коэффициентов важности критериев для фиксированного количества групп важности.....	143
5. Обобщенный метод уверенных суждений.....	156
6. Возможности ЛПР при использовании обобщенного метода уверенных суждений на примере сравнительной оценки различных концепций беспилотных высотных летательных аппаратов	159
6.1. Постановка задачи	159
6.2. Предварительный анализ	162

6.3. Учет многообразия ситуаций, реализации общей цели решения.....	164
6.4. Учет многообразия способов учета неопределенности критериев и готовности ЛПР к риску.....	172
6.5. Последовательность снятия неопределенностей, сомнений и неудовлетворенности в решении.....	178
6.6. Решение задачи при грубых оценках исходных данных	185
7. Возможности сравнительного анализа и вариантного формирования целевых программ создания сложных организационно-технических (аэрокосмических) систем	190
7.1. Требования к информационной методике.....	190
7.2. Разработка модели информационной методике принятия решений.....	191
7.3. Требования к программному комплексу поддержки принятия решений на основе обобщенного метода уверенных суждений.....	196
7.4. Архитектура программного комплекса.....	198
8. Возможности согласования решений при использовании обобщенного метода уверенных суждений на примере обсуждения проблем развития «умного города».....	200
8.1. Постановка задачи	200
8.2. Математическая модель принятия решений в управлении развитием «умного города»	203
8.3. Механизм принятия оптимальных решений в управлении развитием «умного города»	206
8.4. Пример согласованного выбора оптимального решения	208
8.5. Организационно-методические основы реализации технологии принятия «умных решений» в развитии города.....	212
9. Виртуальная среда поддержки деятельности ЛПР в условиях использования обобщенного метода уверенных суждений	216
9.1. Структура	216
9.2. Модельное программное обеспечение	218
9.3. Кадровое обеспечение.....	223
Литература.....	230
ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА СЕРГЕЕВИЧА БРУСОВА	233
ПРИЛОЖЕНИЯ. Рассчитанные таблицы универсальных коэффициентов важности критериев	237
П1. Число критериев от 2 до 6.....	237
П2. 7 критериев	240
П3. 8 критериев	244
П4. 9 критериев	252
П5. 10 критериев (только по свертке Лапласа)	266