

НАУЧНАЯ *ЖК* КНИГА

В.В. Девятков

**МЕТОДОЛОГИЯ
И ТЕХНОЛОГИЯ
ИМИТАЦИОННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
СЛОЖНЫХ
СИСТЕМ**



НАУЧНАЯ *ЖК* КНИГА

В.В. ДЕВЯТКОВ

**МЕТОДОЛОГИЯ
И ТЕХНОЛОГИЯ
ИМИТАЦИОННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
СЛОЖНЫХ
СИСТЕМ**

Монография



Москва
ВУЗОВСКИЙ УЧЕБНИК
ИНФРА-М
2019

УДК 004.94(075.4)

ББК 30в6я73.422

Д25

ФЗ
№ 436-ФЗ

Издание не подлежит маркировке
в соответствии с п. 1 ч. 2 ст. 1

Д25 **Девятков В.В.**
Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития : монография / В.В. Девятков. — М. : Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2019. — 445 с. — (Научная книга).

ISBN 978-5-9558-0338-8 (Вузовский учебник)

ISBN 978-5-16-009215-7 (ИНФРА-М)

В книге описывается современное состояние дел в области имитационных исследований сложных систем (ИИСС). Дается обзор существующих методов и средств их проведения. Анализируются основные тенденции в развитии методов и технологии проведения ИИСС. Описывается разработанная автором методология проведения ИИСС, основанная на теории системного анализа, общей теории имитационного моделирования, комплексной программной автоматизации и интеграции данных всех этапов исследований. Формулируются концепции создания систем автоматизации имитационных исследований (САИИ). Описываются архитектура, функциональные возможности, подсистемы и компоненты САИИ. Приводятся практические примеры реализации САИИ различных типов и методология их использования. Книга ориентирована на специалистов и системных аналитиков предприятий, преподавателей, аспирантов и студентов университетов, занимающихся системным анализом или изучающих его.

УДК 004.94(075.4)

ББК 30в6я73.422

ISBN 978-5-9558-0338-8 (Вузовский учебник)
ISBN 978-5-16-009215-7 (ИНФРА-М)

© Вузовский учебник, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. Обзор и анализ методов и средств имитационных исследований	14
1.1. Сложные системы и системный анализ	14
1.1.1. Цели и функции	20
1.1.2. Состав системы, связи и ее структура	23
1.1.3. Управляющие воздействия наблюдателя	30
1.1.4. Способы описания функционирования систем	31
1.1.5. Показатели функционирования систем	41
1.2. Модели систем и их классификация	46
1.2.1. Аналитические модели.....	48
1.2.2. Имитационные модели	53
1.2.3. От учебных моделей до имитационной экспертизы	56
1.3. История развития и современное состояние имитационного моделирования в мире.....	64
1.3.1. Семейство языков СИМУЛА.....	66
1.3.2. Семейство языков GPSS	68
1.3.3. Семейство языков SIMSCRIPT	73
1.4. Взаимодействие специалистов по ИМ в мире	75
1.5. История развития имитационного моделирования в СССР	91
1.6. История GPSS в СССР, России и странах бывшего СССР	95

1.7. Современное состояние ИМ в России и странах СНГ	103
1.7.1. Возрастание научной активности в области ИМ.....	105
1.7.2. Разработка отечественных языков и средств ИМ	108
1.7.3. Использование, дистрибуция и поддержка известных средств ИМ	115
1.7.4. Организация взаимодействия специалистов ИМ в России	119
ГЛАВА 2. Традиционный подход к имитационным исследованиям	121
2.1. Общее описание процесса ИИСС	125
2.2. Традиционный подход к ИИСС.....	128
2.2.1. Этап 1 «Процесс формулировки проблемы»	131
2.2.2. Этап 2 «Определения границ системы»	135
2.2.3. Этап 3 «Формулирование модели»	137
2.2.4. Этап 4 «Подготовки данных»	138
2.2.5. Этап 5 «Трансляция модели»	143
2.2.6. Этап 6 «Оценка адекватности»	144
2.2.7. Этапы 7 и 8 «Стратегическое и тактическое планирования»	152
2.2.8. Этап 9 «Экспериментирование».....	158
2.2.9. Этап 10 «Интерпретация результатов»	158
2.2.10. Этап 11 «Реализация результатов ИИСС»	161
2.3. Модель процесса ИИСС	162
2.4. Основные показатели процесса ИИСС.....	170
2.4.1. Анализ длительности проведения ИИСС при традиционном подходе	174

2.4.2. Уровень полезности применения результатов ИИСС	179
2.4.3. Анализ индекса потенциального использования метода ИИСС	181
2.4.4. Стоимость проведения ИИСС	187
ГЛАВА 3. Эволюция процесса проведения ИИСС	192
3.1. Автоматизация ручных операций исследователя и совершенствование программ на всех этапах ИИСС	193
3.1.1. Программные средства для этапа — «Процесс формулировки проблемы»	197
3.1.2. Программные средства для этапа — «Определение границ системы»	204
3.1.3. Программные средства для этапа — «Формулирование модели»	206
3.1.4. Программные средства для этапа — «Подготовка данных»	207
3.1.5. Программные средства для этапа — «Трансляция модели»	212
3.1.6. Программные средства для этапа — «Оценка адекватности»	213
3.1.7. Программные средства для этапов — «Тактическое планирование» и «Стратегическое планирование»	215
3.1.8. Программные средства для этапа — «Экспериментирование»	217
3.1.9. Программные средства для этапа — «Интерпретация результатов»	219
3.1.11. Программные средства для этапа — «Реализация результатов ИИСС»	221
3.2. Изменение содержания и структуры ИИСС	223
3.2.1. Изменение содержательной сути действий исследователя	224

3.2.2. Укрупнение этапов	226
3.2.3. Появление принципиально новых этапов.....	227
3.2.4. Централизация накопления, хранения исходных данных и результатов моделирования на всех этапах исследования	231
3.2.5. Повышение оперативности и интерактивности процессов управления исследованием	232
3.2.6. Распределение вычислений в процессе ИИСС.....	234
3.2.7. Введение методов и технологии коллективной работы	235
ГЛАВА 4. Методология проектирования и разработки систем автоматизации имитационных исследований.....	238
4.1. Неизбежность изменения методологии и технологии традиционного подхода при проведении ИИСС.....	238
4.2. Общее описание новой методологии	241
4.2.1. Определения и аксиомы	243
4.2.2. Концептуальные основы программной технологии <i>Tech_{им}</i>	246
4.2.3. Обобщенные показатели качества технологии	249
4.3. Системы автоматизации имитационных исследований.....	252
4.4. Классификация САИИ	257
4.5. Идеи и предпосылки создания технологии массовой разработки САИИ	261
4.5.1. Требования к интегрированной моделирующей среде для профессионалов ИМ	266
4.5.2. Требования к универсальной моделирующей среде.....	269
4.5.3. Требования к имитационным приложениям....	272

4.6. Состав программных компонент САИИ	276
4.6.1. Состав и структура программных модулей моделирующей среды	278
4.6.2. Включение программных модулей в состав технологии создания интегрированных моделирующих сред	281
4.7. Концептуальные принципы организации исследования в САИИ	283
4.7.1. Централизация управления исследованием	284
4.7.2. Интеграция данных, моделей и результатов	286
4.7.3. Предметная направленность языка взаимодействия исследователя с САИИ	291
4.7.4. Автоматическая генерация имитационных моделей	295
4.7.5. Коллективные исследования	297
4.7.6. Унификация сопряжения программ и данных	299
4.7.7. Современная архитектура вычислений	300
4.8. Облачное моделирование	303
4.8.1. Облачные вычисления: история, состояние и перспективы	303
4.8.2. Технологии облачных вычислений	309
4.8.3. Анализ уровня зрелости облачных технологий	318
4.8.4. Облачные САИИ	321
ГЛАВА 5. Расширенный редактор GPSSWorld	325
5.1. Общие сведения	325
5.2. Состав подсистем и структура расширенного редактора	330

5.3. Библиотека моделей	333
5.4. Графический редактор структурной схемы модели	336
5.5. Редактор текста модели на GPSSWorld	341
5.6. Отладчик GPSS моделей	344
5.7. Универсальный редактор форм.....	347
5.7.1. Конструирование и использование форм ввода данных в модель	348
5.7.2. Конструирование и использование форм вывода динамических результатов моделирования	351
5.7.3. Построение анимационных форм.....	353
5.8. Подсистема планирования и проведения экспериментов	356
5.9. Моделирующее ядро и сервер GPSS.....	357
5.10. Подсистема анализа результатов моделирования	359
5.11. Генератор отчетов.....	363
5.12. Выводы и перспективы развития	365
ГЛАВА 6. Универсальная моделирующая среда.....	366
6.1. Общие принципы создания универсальной моделирующей среды	366
6.2. Пример создания САИИ для массового использования.....	372
6.2.1. Описание предметной области и системные условия	372
6.2.2. Формирование библиотеки ТЭБ.....	376
6.2.3. Построение моделей.....	380