



Лешек  
Рутковский

# Методы и технологии искусственного интеллекта

Горочая линия - Телеком



Лешек  
Рутковский

# Методы и технологии искусственного интеллекта

*Перевод с польского И. Д. Рудинского*

Москва  
Горячая линия — Телеком  
2010

УДК 681.322

ББК 30.17

P90

**Рутковский Лешек**

P90 **Методы и технологии искусственного интеллекта** / Пер. с польск. И.Д.Рудинского. – М.: Горячая линия–Телеком, 2010. – 520 с., ил.  
**ISBN 978-5-9912-0105-6.**

В книге представлен современный подход к интеллектуальным вычислениям. Рассмотрены история развития и перспективы искусственного интеллекта, его приложения в повседневной жизни человека. Обсуждаются методы представления знаний с использованием приближенных множеств и нечетких множеств типа 1 и типа 2, основные структуры и методы обучения нейронных сетей, эволюционные алгоритмы, методы группирования данных, а также различные нейро-нечеткие структуры. Особым достоинством книги является наличие в ней ряда примеров и иллюстраций описываемых методов, полезных для практического использования представленных алгоритмов. Среди прочего, книга представляет собой обобщение содержания лекций, читавшихся автором магистрантам Ченстоховского политехнического университета и Высшей гуманитарно-экономической школы в Лодзи, а также докторантам Института системных исследований Польской академии наук и может быть использована в качестве учебного пособия.

Для широкого круга специалистов в области математики, физики, информатики, электроники, телекоммуникаций, экономики, управления и смежных областей знаний. Будет полезна студентам и аспирантам.

**ББК 30.17**

*Адрес издательства в Интернет [www.techbook.ru](http://www.techbook.ru)  
Научное издание*

**Рутковский Лешек**

**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Редактор: *И.Д.Рудинский*

Подготовка оригинал-макета: *Е.В.Кормакова*

Обложка художника: *В.Г.Ситникова*

Подписано в печать 07.08.09. Формат 70×100/16.

Усл. печ. л. 43,35. Тираж 1000 экз. Изд. № 9105

ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия–Телеком»

ISBN 978-5-9912-0105-6

ISBN 83-01-14529-3 (польск.)

© Издательство Wydawnictwo  
Naukowe PWN SA, 2005

© Рудинский И.Д., перевод с польск., 2008

© Оформление издательства  
«Горячая линия–Телеком», 2010

# Содержание

<i>Предисловие</i> . . . . .	5
<i>Предисловие к российскому изданию</i> . . . . .	8
<b>1. ВВЕДЕНИЕ</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2. ИЗБРАННЫЕ ЗАДАЧИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА</b> . . . . .	<b>15</b>
2.1. Введение . . . . .	15
2.2. История искусственного интеллекта . . . . .	16
2.3. Экспертные системы . . . . .	18
2.4. Роботика . . . . .	19
2.5. Преобразование речи и естественного языка . . . . .	22
2.6. Эвристики и поисковые стратегии . . . . .	24
2.7. Когнитивистика . . . . .	26
2.8. Интеллект муравьев . . . . .	27
2.9. Искусственная жизнь . . . . .	29
2.10. Боты . . . . .	31
2.11. Перспективы развития искусственного интеллекта . . . . .	32
2.12. Примечания . . . . .	34
<b>3. МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБЛИЖЕННЫХ МНОЖЕСТВ</b> . . . . .	<b>35</b>
3.1. Введение . . . . .	35
3.2. Основные понятия . . . . .	37
3.3. Аппроксимация множества . . . . .	45
3.4. Аппроксимация семейства множеств . . . . .	54
3.5. Анализ таблиц решений . . . . .	57
3.6. Использование программы LERS . . . . .	65
3.7. Примечания . . . . .	72
<b>4. МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ТИПА 1</b> . . . . .	<b>73</b>
4.1. Введение . . . . .	73
4.2. Основные понятия и определения теории нечетких множеств . . . . .	73
4.3. Операции на нечетких множествах . . . . .	87
4.4. Принцип обобщения . . . . .	95
4.5. Нечеткие числа . . . . .	99
4.6. Треугольные нормы и отрицания . . . . .	108
4.7. Нечеткие отношения и их свойства . . . . .	120
4.8. Нечеткий вывод . . . . .	126
4.9. Системы нечеткого вывода . . . . .	136

4.10. Применение нечетких множеств . . . . .	148
4.11. Примечания. . . . .	170
<b>5. МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ТИПА 2 . . . . .</b>	<b>171</b>
5.1. Введение . . . . .	171
5.2. Основные определения . . . . .	172
5.3. След неопределенности . . . . .	175
5.4. Выделенные нечеткие множества. . . . .	178
5.5. Основные операции на нечетких множествах типа 2 . . . . .	180
5.6. Нечеткие отношения типа 2. . . . .	185
5.7. Понижение типа . . . . .	188
5.8. Системы нечеткого вывода типа 2 . . . . .	193
5.9. Примечания . . . . .	201
<b>6. НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И АЛГОРИТМЫ ИХ ОБУЧЕНИЯ . . . . .</b>	<b>202</b>
6.1. Введение . . . . .	202
6.2. Нейрон и его модели . . . . .	203
6.3. Однонаправленные многослойные сети . . . . .	223
6.4. Рекуррентные сети . . . . .	247
6.5. Сети с самоорганизацией и конкуренцией . . . . .	254
6.6. Сети типа ART. . . . .	264
6.7. Радиальные сети . . . . .	269
6.8. Вероятностные нейронные сети . . . . .	275
6.9. Примечания . . . . .	278
<b>7. ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ . . . . .</b>	<b>279</b>
7.1. Введение . . . . .	279
7.2. Задачи оптимизации и эволюционные алгоритмы . . . . .	280
7.3. Виды алгоритмов, относимых к эволюционным . . . . .	281
7.4. Особые технологии в эволюционных алгоритмах . . . . .	326
7.5. Применение эволюционных алгоритмов для проектирования нейронных сетей. . . . .	339
7.6. Эволюционные алгоритмы и нечеткие системы . . . . .	348
7.7. Примечания . . . . .	359
<b>8. МЕТОДЫ ГРУППИРОВАНИЯ ДАННЫХ . . . . .</b>	<b>363</b>
8.1. Введение . . . . .	363
8.2. Четкие и нечеткие декомпозиции. . . . .	365
8.3. Меры удаленности. . . . .	368
8.4. Алгоритм HCM . . . . .	371
8.5. Алгоритм FCM . . . . .	372
8.6. Алгоритм PCM . . . . .	374
8.7. Алгоритм Густафсона-Кесселя . . . . .	375
8.8. Алгоритм FMLE. . . . .	377
8.9. Критерии качества группирования . . . . .	379
8.10. Иллюстрация функционирования алгоритмов группирования данных . . . . .	380
8.11. Примечания. . . . .	382

<b>9. НЕЙРО-НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ ТИПА МАМДАНИ, ТАКАГИ-СУГЕНО И ЛОГИЧЕСКОГО ТИПА . . . . .</b>	<b>383</b>
9.1. Введение . . . . .	383
9.2. Описание тестовых задач . . . . .	384
9.3. Нейро-нечеткие системы типа Мамдани . . . . .	387
9.4. Нейро-нечеткие системы логического типа . . . . .	404
9.5. Нейро-нечеткие системы типа Такаги-Сугено . . . . .	424
9.6. Алгоритмы обучения нейро-нечетких систем . . . . .	431
9.7. Оценивание функционирования нейро-нечетких систем . . . . .	449
9.8. Примечания . . . . .	460
<b>10. ЭЛАСТИЧНЫЕ НЕЙРО-НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ . . . . .</b>	<b>461</b>
10.1. Введение . . . . .	461
10.2. Мягкие треугольные нормы . . . . .	461
10.3. Параметризованные треугольные нормы . . . . .	464
10.4. Триггерные треугольные нормы . . . . .	469
10.5. Эластичные системы . . . . .	474
10.6. Алгоритмы обучения. . . . .	477
10.7. Решение тестовых задач . . . . .	492
10.8. Примечания. . . . .	502
<i>Литература</i> . . . . .	<b>503</b>
<i>Предметный указатель</i> . . . . .	<b>515</b>