

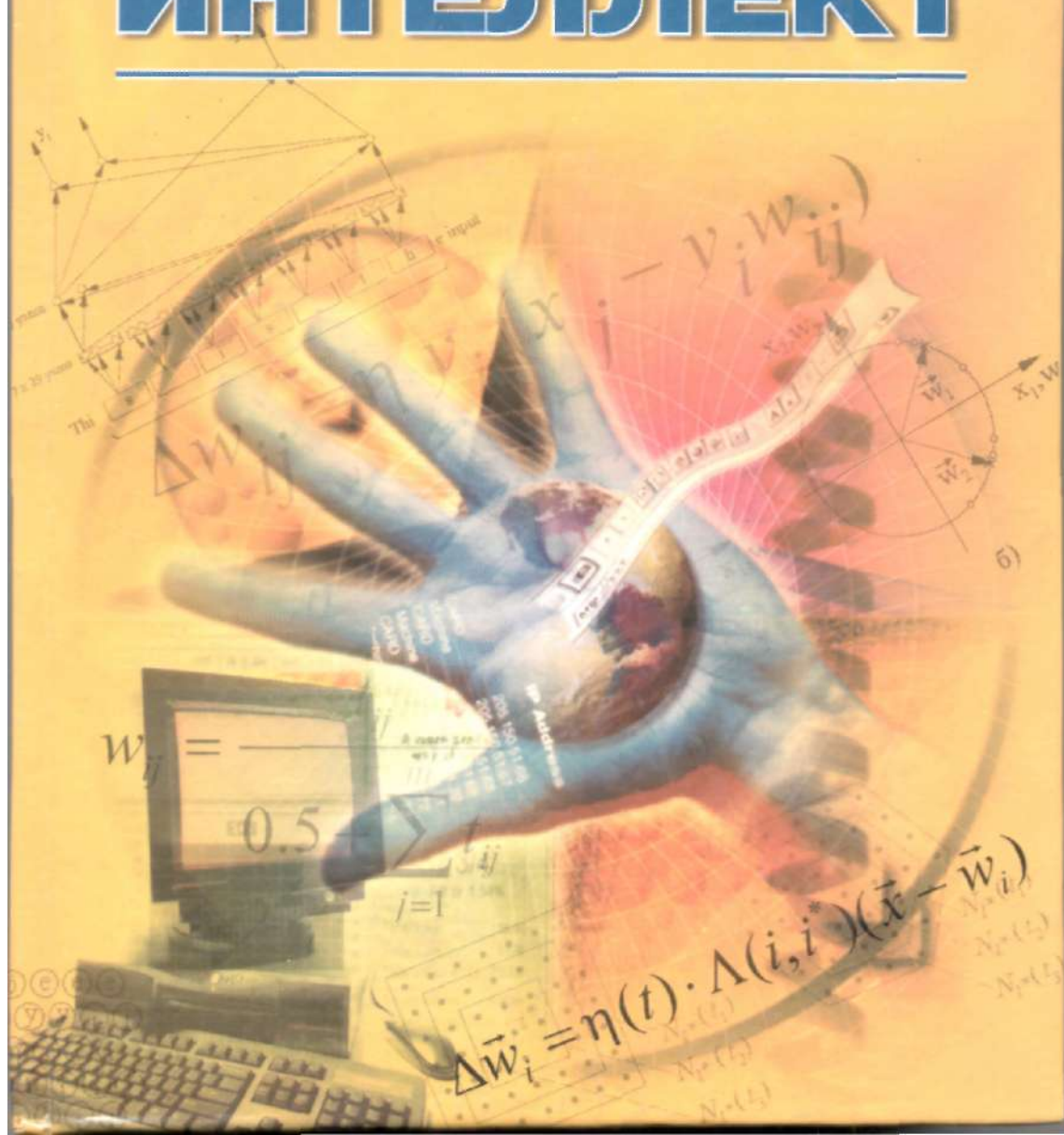
62-50

Б-81

рев



ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ



ББК 32.813
Б811
УДК 004.8(075)+004.93(075)

Рецензенты:

- Мохов В. В.**, д-р техн. наук, заведующий отделом специализированных средств моделирования Института проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины;
- Суворов А. М.**, д-р физ.-мат. наук, заведующий отделом морских информационных систем и технологий Морского гидрофизического института НАН Украины;
- Теленик С.Ф.**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации и управления в технических системах Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт"

Решение МОН Украины о присвоении грифа "Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений" № 14/18.2-1313 от 17.06.2002

Бондарев В.Н.

Б811 **Искусственный интеллект: Учеб. пособие для вузов/ В.Н. Бондарев, Ф.Г. Аде.** Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – 615с.: ил.

ISBN 966-7473-45-7

В пособии рассматриваются универсальные модели и методы, применяемые при создании компьютерных систем, способных выполнять функции, традиционно считающиеся интеллектуальными: понимание естественного языка и изображений, приобретение знаний и обучение, логический вывод, планирование действий. Приводятся многочисленные примеры и программы, поясняющие и детализирующие общие принципы. Подробно рассматриваются языки Коммон Лисп и Пролог, широко используемые при создании интеллектуальных систем. Большое внимание уделяется основным направлениям искусственного интеллекта – экспертным системам, нейронным сетям, обработке естественного языка, машинному зрению. Пособие написано в соответствии с международной программой подготовки специалистов в области информационных систем.

Книга предназначена для студентов вузов, обучающихся по направлению "Компьютерные науки". Она будет полезна студентам, обучающимся по направлениям "Компьютерная инженерия", "Компьютеризированные системы автоматизации и управления" и др., а также широкому кругу специалистов, интересующихся вопросами построения интеллектуальных систем.

ISBN 966-7473-45-7

© Бондарев В.Н., Аде Ф.Г., 2002

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	12
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	13
1.1. Понятие “искусственный интеллект”.....	13
1.2. Этапы развития искусственного интеллекта.....	15
1.3. Основные направления исследований.....	22
1.3.1. Представление задач и поиск решений.....	22
1.3.2. Доказательство теорем.....	23
1.3.3. Представление знаний.....	23
1.3.4. Экспертные системы.....	24
1.3.5. Обучение и выявление закономерностей.....	25
1.3.6. Общение на естественном языке.....	26
1.3.7. Распознавание образов.....	27
1.3.8. Компьютерное зрение.....	27
1.3.9. Языки программирования.....	28
1.4. Структура систем с искусственным интеллектом.....	28
Вопросы для самопроверки.....	33
Глава 2. СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗАДАЧ И ПОИСК РЕШЕНИЙ	34
2.1. Общая характеристика способов представления задач.....	35
2.1.1. Представление задач в пространстве состояний.....	35
2.1.2. Сведение задач к подзадачам.....	39
2.1.3. Представление задач в виде теорем.....	44
2.2. Поиск решений задач в пространстве состояний.....	45
2.2.1. Методы “слепого” поиска.....	46
2.2.1.1. Случайный поиск.....	46
2.2.1.2. Поиск “в глубину и ширину”.....	46
2.2.1.3. Алгоритм равных цен.....	47
2.2.2. Эвристический поиск.....	49
2.2.2.1. Алгоритм “подъема на гору”.....	49
2.2.2.2. Глобальный учет соответствия цели.....	50
2.2.2.3. A-алгоритм.....	52

2.2.3. Поиск с распространением ограничений.....	58
2.3. Поиск решений при сведении задач к подзадам.....	60
2.3.1. Алгоритм поиска в глубину.....	61
2.3.2. Алгоритм эвристического поиска в И-ИЛИ графе.....	64
2.3.3. Поиск решений в игровых программах.....	68
2.3.3.1. Минимаксный метод.....	69
2.3.3.2. Альфа-бета поиск.....	70
Вопросы для самопроверки.....	72
Глава 3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ.....	73
3.1. Знания и их представление в СИИ.....	74
3.2. Логические модели.....	77
3.2.1. Формальные системы.....	77
3.2.2. Исчисление высказываний.....	79
3.2.3. Исчисление предикатов.....	85
3.2.4. Логики высокого порядка и псевдофизические логики.....	91
3.3. Продукционные модели.....	93
3.3.1. Продукционные системы.....	93
3.3.2. Управление выводом в продукционных системах.....	98
3.4. Семантические сети.....	104
3.4.1. Общее понятие о семантических сетях.....	104
3.4.2. Способы описания семантических сетей и логический вывод.....	110
3.5. Фреймы.....	117
3.5.1. Структура фрейма.....	117
3.5.2. Управление выводом.....	120
Вопросы для самопроверки.....	128
Глава 4. ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ ВЫВОДА.....	130
4.1. Дедуктивный вывод в исчислении предикатов.....	131
4.1.1. Формулировка задачи дедуктивного вывода.....	131
4.1.2. Стандартизация предикатных формул.....	132
4.1.3. Метод Эрбрана.....	134
4.1.4. Принцип резолюции.....	136
4.1.5. Стратегии поиска.....	141
4.1.6. Применения принципа резолюции.....	143
4.1.6.1. Информационный поиск.....	143
4.1.6.2. Планирование перемещений робота.....	146
4.1.6.3. Автоматическое написание программ.....	148
4.1.7. Принцип резолюции и система STRIPS.....	152
4.1.8. Принцип резолюции и язык Пролог.....	158

4.2. Выводы в условиях ненадежных или неполных знаний.....	163
4.2.1. Виды неопределенности.....	163
4.2.2. Ненадежные знания и выводы.....	164
4.2.2.1. Байесовский метод.....	164
4.2.2.2. Метод коэффициентов уверенности.....	170
4.2.2.3. Теория свидетельств Демпстера-Шефера.....	172
4.2.2.4. Нечеткие множества и нечеткая логика.....	175
4.2.3. Неполнота знаний и немонотонный вывод.....	185
4.3. Индуктивный вывод.....	192
4.3.1. Основные понятия индуктивного обобщения.....	193
4.3.2. Алгоритм Уинстона.....	195
4.3.3. Алгоритм Митчелла.....	199
4.3.4. Алгоритм обобщения ID3.....	204
Вопросы для самопроверки.....	208
Глава 5. ЯЗЫК ЛИСП.....	210
5.1. Общая характеристика языка.....	210
5.2. Основные понятия языка.....	212
5.3. Интерпретация Лисп-программ.....	216
5.4. Арифметические функции.....	218
5.5. Основные функции обработки списков.....	220
5.6. Присваивание значений.....	223
5.7. Предикаты.....	224
5.8. Определение функций.....	226
5.9. Связывание и область действия переменных.....	230
5.10. Последовательные и условные вычисления.....	234
5.11. Итерационные циклические вычисления.....	237
5.12. Рекурсивные функции.....	240
5.13. Структурно-разрушающие функции.....	244
5.14. Ассоциативные списки и списки свойств.....	247
5.15. Типы данных.....	249
5.16. Ввод-вывод.....	257
5.17. Функционалы.....	260
5.18. Макролитеры.....	265
5.19. Замыкания.....	267
5.20. Структуры.....	268
5.21. Объектно-ориентированное программирование.....	271
5.22. Макросы.....	279
5.23. Пакеты.....	282
5.24. Множественные значения.....	285
5.25. Программирование задач ИИ на языке ЛИСП.....	286
5.25.1. Случайный поиск.....	286

5.25.2. Поиск в глубину и ширину.....	288
5.25.3. Эвристический поиск на основе А-алгоритма.....	290
5.25.4. Сопоставление с образцом.....	294
5.25.5. Поиск в семантических сетях.....	305
Вопросы для самопроверки	307
Глава 6. ЯЗЫК ПРОЛОГ	309
6.1. Общая характеристика языка.....	309
6.2. Основные понятия языка.....	310
6.3. Операторы.....	318
6.4. Арифметические выражения.....	320
6.5. Списки и рекурсия.....	322
6.6. Управление возвратом (отсечение).....	325
6.7. Отрицание в языке Пролог.....	329
6.8. Метаусловия.....	330
6.9. Организация циклов.....	331
6.10. Встроенные предикаты.....	335
6.10.1. Предикаты ввода-вывода.....	336
6.10.2. Предикаты обработки термов.....	340
6.10.3. Предикаты работы с базой данных.....	343
6.11. Решение задач ИИ на языке Пролог.....	345
6.11.1. Создание и обработка бинарных деревьев.....	345
6.11.2. Поиск решений в пространстве состояний.....	346
6.11.2.1. Поиск в глубину	348
6.11.2.2. Поиск в ширину.....	354
6.11.2.3. Эвристический поиск.....	356
6.11.3. Поиск решений в И-ИЛИ графах.....	360
6.11.4. Поиск в пространстве версий.....	362
6.11.5. Поиск в сети фреймов.....	367
Вопросы для самопроверки	369
Глава 7. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ	371
7.1. Основные функции и компоненты экспертных систем.....	372
7.2. Разработка экспертных систем.....	375
7.3. Приобретение знаний.....	379
7.4. Поиск и объяснение решений.....	382
7.5. Реализация экспертной системы на языке Лисп.....	389
7.6. Реализация экспертной системы на языке Пролог.....	396
7.6.1. Представление знаний правилами.....	396
7.6.2. Представление знаний фреймами.....	406
Вопросы для самопроверки.....	412

Глава 8. РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И ОБУЧЕНИЕ	413
8.1. Основные сведения о распознавании образов.....	414
8.2. Геометрический метод распознавания.....	415
8.3. Байесовский метод распознавания.....	421
8.4. Рекуррентные алгоритмы обучения распознаванию образов.....	426
8.5. Распознавание и обучение на основе моделей нейронных сетей.....	429
8.5.1. Модели нейронных элементов.....	429
8.5.2. Структуры нейронных сетей.....	434
8.5.3. Виды обучения ИНС.....	437
8.5.4. Обучение с учителем в ИНС с прямыми связями.....	438
8.5.4.1. Простой перцептрон.....	438
8.5.4.2. Адаптивный линейный элемент.....	441
8.5.4.3. Многослойный перцептрон.....	443
8.5.5. Обучение без учителя.....	451
8.5.5.1. ИНС, основанные на правиле обучения Хебба.....	451
8.5.5.2. Состязательные ИНС.....	453
8.5.5.3. Неокогнитрон.....	463
8.5.6. ИНС с фиксированными весами связей и ассоциативная память.....	467
8.5.6.1. Ассоциативная память и сеть Хэмминга.....	467
8.5.6.2. Сеть Хопфилда.....	471
8.5.7. Коннекционистские экспертные системы.....	477
8.6. Синтаксический метод распознавания.....	482
Вопросы для самопроверки	487
Глава 9. ОБРАБОТКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА	489
9.1. Компоненты ЕЯ-системы.....	489
9.2. Понимание ЕЯ-высказываний.....	493
9.2.1. Рациональный подход.....	494
9.2.2. Эмпирический подход.....	504
9.3. ЕЯ-интерфейс доступа к базам данных.....	508
9.4. Распознавание речи.....	517
9.4.1. Основные понятия.....	518
9.4.2. Предварительная обработка и распознавание звуков.....	521
9.4.3. Статистический подход к распознаванию речи.....	524
9.4.4. Модель языка.....	526
9.4.5. Акустическая модель.....	528
9.4.6. Композиция моделей.....	534
9.4.7. Алгоритмы поиска.....	536

9.4.8. Оценивание параметров СММ.....	540
9.4.9. СММ с непрерывными параметрами.....	541
9.5. Синтез речи по тексту.....	543
9.5.1. Основные понятия.....	543
9.5.2. Методы синтеза речевых сигналов.....	545
9.5.3. Определение управляющих параметров синтезаторов речи.....	549
Вопросы для самопроверки.....	554
Глава 10. КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ.....	557
10.1. Основные понятия.....	557
10.2. Система зрения человека.....	561
10.3. Системы компьютерного зрения.....	571
10.4. Выделение граничных элементов.....	574
10.5. От граничных элементов к граничным сегментам.....	577
10.5.1. Преобразование Хафа.....	578
10.5.2. Поиск при выделении контурных сегментов.....	581
10.5.3. Активные контурные модели.....	583
10.6. Выделение областей изображения.....	584
10.7. Интерпретация контурных рисунков.....	585
10.8. Распознавание объектов в системах зрения роботов.....	589
10.8.1. Системы зрения роботов и компьютерное зрение... ..	589
10.8.2. 2D-модели.....	590
10.8.3. 3D-методы.....	591
10.9. Примеры методов распознавания изображений.....	591
10.9.1. 2D-методы, использующие глобальные признаки... ..	591
10.9.2. 2D-методы, использующие локальные признаки.....	593
10.9.3. 2D-метод, использующий граф отношений.....	594
10.9.4. Пример 3D-метода.....	598
Вопросы для самопроверки.....	602
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	604
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	609