

А. И. Галушкин

НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ

Рекомендовано в качестве учебного пособия для студентов по направлению подготовки бакалавров и магистров «Прикладные математика и физика» учебно-методическим советом по указанному направлению

Стереотипное издание

Москва
Альянс
2014

УДК 621
Г 15
ББК 32.818

Рецензенты:
акад. РАН А. В. Каляев
докт. техн. наук, проф. Ц. Г. Литовченко

Галушкин А. И.

Г 15 Нейрокомпьютеры: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А. И. Галушкина. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 2000 г. – М.: Альянс, 2014. – 528 с.: ил.

ISBN 978-5-91872-060-8

Рассмотрены основные отечественные и зарубежные нейрокомпьютеры 50–70-х годов, а также нейрокомпьютеры 80–90-х годов, разработанные на базе универсальных микропроцессоров и в виде программных пакетов на суперЭВМ. Приведены разработки цифровых и аналоговых нейрочипов, а также вычислительных систем на их основе. Описаны перспективные технологии нейрокомпьютеров-оптических, нейрокомпьютеров на пластине, манипулярных и квантовых.

Для студентов по направлению подготовки бакалавров и магистров «Прикладная математика и физика», а также для научных работников, аспирантов и студентов, занимающихся разработкой и применением сверхвысокопроизводительной вычислительной техники.

УДК 621
ББК 32.818

Александр Иванович Галушкин

НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ

Подписано в печать 19.06.2014. Формат 60x84/16. Гарнитура «Таймс».
Печать офсетная. Печ. л. 35,36. Тираж 200 экз. Заказ № К-1115.

ООО «Издательство Альянс».
125319, Москва, ул. Черняховского, д. 16.
Тел./факс (495) 221-21-95
izdat@aliansbooks.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных лиопозитивов
в ОАО «ИПК «Чувашия».
428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 13.

ISBN 978-5-91872-060-8



9 785918 720608

ISBN 978-5-91872-060-8

© А. И. Галушкин, 2000
© Оформление. ООО «Издательство
Альянс», 2014

Оглавление

Предисловие.....	3
Глава 1. Введение	4
Литература.....	10
Глава 2. Теория нейронных сетей.....	11
Литература.....	17
Глава 3. Архитектура нейрокомпьютеров	24
Литература.....	31
Глава 4. Нейроматематика.....	32
4.1. Нейронные сети как наилучший аппроксиматор функций	35
4.2. Единая методика решения задач в нейросетевом логическом базисе	36
4.3. Структура задач, предполагаемых для решения в нейросетевом логическом базисе.....	39
4.4. Структура интерфейса пользователя с пакетом программ решения задач в нейросетевом логическом базисе.....	41
4.5. Перспективы нейроматематики.....	43
Литература.....	47
Глава 5. Нейропакеты: современное состояние и сравнительные характеристики.....	50
5.1. Классификация нейропакетов	50
5.2. Универсальные нейропакеты: номенклатура и критерии сравнения	55
5.3. Универсальные нейропакеты: все познается в сравнении	57
5.3.1. Нейропакет NeuroSolutions фирмы NeuroDimension, Inc.....	57
5.3.2. Оценка нейропакета NeuroSolutions.....	60
5.3.3. Нейропакет NeuralWorks Professional II/Plus фирмы NeuralWare, Inc	61
5.3.4. Оценка нейропакета NeuralWorks Professional II/Plus.....	63
5.3.5. Нейропакет Process Advisor фирмы AI Ware, Inc.....	65

5.3.6.	Оценка нейропакета Process Advisor	65
5.3.7.	Нейропакет NeuroShell 2 фирмы Ward Systems Group	67
5.3.8.	Оценка нейропакета NeuroShell 2.....	68
5.3.9.	Нейропакет BrainMaker Pro фирмы California Scientific SoftWare.....	70
5.3.10.	Оценка нейропакета BrainMaker Pro	71
5.3.11.	Multineuron 2.0 - программный инструментарий для создания нейросетевых экспертных систем	72
	Литература.....	81
Глава 6. Первые нейрокомпьютеры.....		82
6.1.	Зарубежные нейрокомпьютеры 50–70-х годов.....	82
6.1.1.	Перцептрон Марк-1.....	83
6.1.2.	Адалин и Мадалин Б. Уидроу.....	94
6.1.3.	Перцептрон Тобермори.....	103
6.1.4.	Вычислительные системы на адаптивных элементах с аналоговой памятью	109
6.1.5.	Логические схемы на пороговых элементах	116
6.1.6.	Вычислительная машина DONUT.....	124
6.1.7.	Специализированная вычислительная система ГИПЕРКОМП-80	132
6.2.	Отечественные нейрокомпьютеры 60–70-х годов.....	137
6.2.1.	Вычислительные системы на цифровых элементах нейронной и пороговой логики	137
6.2.2.	Аналого-цифровые нейрокомпьютеры.....	146
6.2.3.	Параллельный цифровой нейрокомпьютер с перестраиваемой архитектурой на базе элементов цифровых интегрирующих структур.....	152
	Литература.....	156
Глава 7. Моделирование нейронных сетей на суперЭВМ.....		158
7.1.	Нейрокомпьютеры на базе ЭВМ ICL DAP и Computing Surface	158
7.2.	Нейрокомпьютер на базе ЭВМ Connection Machine	163
7.3.	Нейрокомпьютер на базе ЭВМ AAP-2.....	165
7.3.1.	Прямое распространение	168
7.3.2.	Обратное распространение	169
7.4.	Нейрокомпьютеры на базе ЭВМ Warp.....	170

7.5. Реализация пакета программ Neural Works Professional II на суперкомпьютере NCube	174
Литература	174
Глава 8. Нейрокомпьютеры на универсальных микропроцессорах	176
8.1. Разработка нейрокомпьютера фирмы IBM	178
8.2. Нейрокомпьютеры ANZA фирмы HNC	179
8.3. Нейрокомпьютер DELTA фирмы SAIC	181
8.4. Нейрокомпьютеры фирмы TRW	184
8.5. Нейрокомпьютер Odyssey	185
8.6. Нейрокомпьютер GRIFFIN	187
8.7. Нейрокомпьютер Neuro Engine фирмы NEC	189
8.8. Нейрокомпьютер WISARD	190
8.9. Нейрокомпьютер Neuro Turbo фирмы Fujitsu	193
8.10. Нейрокомпьютер "Геркулес"	195
8.10.1. Модели нейропроцессоров	196
8.10.2. Нейропроцессор TNM 001	198
8.10.3. Нейропроцессоры TNM 002 и 004	198
8.10.4. Нейроплаты TNP 001 и TNPR 002	199
8.10.5. Программное обеспечение нейропроцессоров "Геркулес"	199
8.11. Нейрокомпьютеры на сигнальных процессорах IMS A 100 фирмы Impos	202
8.11.1. Общее описание и структура СБИС IMS A100	202
8.11.2. Формальное описание функционирования сети СБИС IMS A100	204
8.11.3. Формальное описание функционирования СБИС IMS A100 для инверсного размещения коэффициентов в регистрах	206
8.11.4. Z-передаточные функции различных структур, основанных на СБИС IMS A100	207
8.11.5. Системы на базе СБИС IMS A100 с обратными связями	208
8.11.6. Архитектура нейрокомпьютера на базе транспьютеров и сигнальных процессоров IMS A100	210
8.11.7. Описание нейроплаты	211
8.12. Нейрокомпьютеры SYNAPSE фирмы Semens	216

8.12.1. Состав аппаратных средств и технические характеристики	217
8.12.2. Программное обеспечение	219
8.12.3. Применение нейрокомпьютера SYNAPSE I	219
8.13. Аналого-цифровой нейрокомпьютер для распознавания сигналов по форме	220
Литература	222
Глава 9. СБИС-нейрочипы – перспективное направление разработок нейрокомпьютеров	225
9.1. Тенденции разработок СБИС-нейрочипов	225
9.2. Цифровые нейрочипы	229
9.2.1. Интеллектуальная память	229
9.2.2. Моделирующая БИС GF 30111	230
9.2.3. Сверхбольшие интегральные схемы для клеточной модели нейронной сети	231
9.2.4. Сверхбольшая интегральная схема Σ	233
9.2.5. Логарифмический векторный процессор для эмуляции нейронных сетей	236
9.2.6. Специализированный цифровой нейрочип Bell Laboratories	236
9.2.7. Нейрочип университета штата Северная Каролина	239
9.2.8. Нейрочип фирмы Hitachi	242
9.2.9. Нейрочип фирмы Maxys Ltd	247
9.2.10. Нейрочип фирмы Phillips	251
9.2.11. Нейрочипы на базе приборов с зарядовой связью	256
9.2.12. Нейрочип НИИ многопроцессорных вычислительных систем Таганрогского государственного радиотехнического университета	264
9.3. Полупроводниковые аналоговые нейрочипы	271
9.3.1. Разработки аналоговых нейрочипов фирмы AT&T Bell Laboratories	272
9.3.2. Нейрочип фирмы Bell Communication Research	288
9.3.3. Аналоговый нейрочип Калифорнийского технологического института	291
9.3.4. Нейрочип ETANN фирмы Intel	295
9.3.5. Аналоговый нейрочип, разработанный Лабораторией реактивного движения	299
9.3.6. Нейрочип, разработанный Массачусетским технологическим институтом	302

9.3.7. Программируемый аналоговый нейрокompьютер, разработанный в Пенсильванском университете	309
9.3.8. Нейрочип, разработанный Аризонским университетом	314
9.3.9. Нейрочип, разработанный Колумбийским университетом	317
9.3.10. Нейрочипы, разработанные университетами Великобритании	321
9.3.11. Нейрочипы, разработанные Naval Ocean System Center	336
Литература	338
Глава 10. Нейрокompьютеры на базе СБИС-нейрочипов	342
10.1. Нейрокompьютер на базе СБИС "Нейрочип-1"	342
10.1.1. Характеристики архитектуры нейрокompьютера на базе цифрового нейрочипа "Нейрочип-1"	342
10.1.2. Требования, предъявляемые к нейрочипу	343
10.1.3. Принципы каскадирования нейрочипов в одном слое нейронов с полными связями	344
10.1.4. Каскадирование с увеличением числа нейронов в слое	346
10.1.5. Структура цифрового нейрочипа "Нейрочип-1"	346
10.1.6. Управляемые характеристики нейрочипа	347
10.1.7. Характеристики базовых матричных кристаллов "Исполин-60Т"	348
10.1.8. Проектирование СБИС "Нейрочип-1" на базовых матричных кристаллах "Исполин-60Т"	350
10.1.9. Характеристики корпуса нейрочипа и нейроплаты	354
10.2. Нейрокompьютер, разработанный фирмой Nestor	356
10.3. Нейрокompьютер на базе СБИС L-Neuro	361
10.4. Нейрокompьютер CNAPS	369
10.5. Нейрокompьютеры фирмы Sundance	371
10.5.1. Идеология TIM-модулей	371
10.5.2. Изделия, выпускаемые фирмой Sundance	372
10.5.3. Вычислительные TIM-модули на базе сигнальных процессоров серии TMS320C40 и C44	375

10.5.4. TIM-модули на базе сигнальных процессоров серии TMS320C6201	377
10.5.5. Нейрочип NiSP и TIM-модуль на его основе	379
10.5.6. Периферийные TIM-модули, разработанные фирмой Sundance	380
10.5.7. Специализированные средства ввода-вывода и обработки видео- и графической информации	381
10.6. Нейрокомпьютеры на базе СБИС NeuroMatrix NM6403	382
10.6.1. Структура нейропроцессора	383
10.6.1.1. RISC-ядро нейропроцессора	386
10.6.1.2. Векторный сопроцессор (VCP)	392
10.6.1.3. Программируемые интерфейсы с внешними шинами	396
10.6.1.4. Коммуникационные порты ввода-вывода	398
10.6.2. Краткое описание системы команд	399
10.7. Перспективы разработок нейрокомпьютеров на ПЛИС XILINX и Altera	401
10.7.1. Основные принципы проектирования	401
10.7.2. Средства проектирования	402
10.7.3. Проектирование нейрона	403
10.7.4. Проектирование нейронной сети	407
10.7.5. Структура системы Xneuro-10	413
10.8. Нейрокомпьютеры на СБИС ETANN	415
10.8.1. Архитектура аналогового нейрочипа 80170NX	415
10.8.2. Реализация базовых вычислительных операций в аналоговом кристалле	417
10.8.3. Каскадирование нейрочипа 80170NX	418
10.8.4. Входы и синаптические ячейки нейронной сети нейрочипа	419
10.8.5. Обучение нейронной сети	421
10.8.6. Применение нейрочипа 80170NX	421
Литература	422
Глава 11. Перспективные технологии нейрокомпьютеров	428
11.1. Оптические нейрокомпьютеры	428
11.2. Нейрокомпьютеры на пластине	449
11.2.1. Первые попытки реализации нейрокомпьютеров на пластине	449

11.2.2. Реконфигурация вычислительных систем на пластине	456
11.2.3. Основные преимущества технологии кремниевой пластины для реализации нейрокомпьютеров	459
11.2.4. Нейрокомпьютер на пластине фирмы Хитачи	460
11.2.5. Нейрокомпьютер на пластине фирмы Hughes	463
11.3. Молекулярные нейрокомпьютеры	464
11.4. Нанонейрокомпьютеры	470
Литература	476
Глава 12. Оценка производительности нейрокомпьютеров	493
12.1. Общая методика выбора типа нейрокомпьютера	493
12.2. Характеристики производительности нейрокомпьютера	495
12.3. Характеристики быстродействия нейрокомпьютеров в виде ПЭВМ и нейропакетов. Пакет программ Neural Works фирмы "Neural Ware"	496
12.4. Оценка производительности нейрокомпьютеров на базе суперЭВМ	497
12.4.1. Системная ЭВМ WARP	497
12.4.2. СуперЭВМ ААР-2	498
12.5. Оценка производительности нейрокомпьютеров на стандартных микропроцессорах	499
12.5.1. Нейроплата ANZA фирмы HNC	499
12.5.2. Нейрокомпьютер Mark-III	499
12.5.3. Нейрокомпьютер "Одиссей"	500
12.5.4. Нейрокомпьютер GRIFFIN	503
12.5.5. Нейрокомпьютер НК-100 на базе транспьютеров и сигнальных процессоров IMS A100	503
12.6. Анализ и сравнение производительности известных нейрокомпьютеров	506
12.7. Методика оценки производительности нейрокомпьютеров	510
12.7.1. Обработка сигналов	511
12.7.2. Управление роботами	512
12.7.3. Обработка речевой информации	512
12.7.4. Обработка изображений	513
Литература	515
Заключение	517