

# Оглавление

Введение . . . . .	3
<b>1. Функциональные компоненты . . . . .</b>	<b>7</b>
1.1. Краткий обзор нейронных сетей . . . . .	—
1.2. Выделение компонентов . . . . .	8
1.3. Запросы компонентов нейрокомпьютера . . . . .	11
1.3.1. Запросы к задачнику . . . . .	12
1.3.2. Запрос к предобработчику . . . . .	—
1.3.3. Запрос к исполнителю . . . . .	—
1.3.4. Запросы к учителю . . . . .	—
1.3.5. Запрос к контрастеру . . . . .	13
1.3.6. Запрос к оценке . . . . .	—
1.3.7. Запрос к интерпретатору ответа . . . . .	—
1.3.8. Запросы к сети . . . . .	—
<b>2. Общий стандарт . . . . .</b>	<b>15</b>
2.1. Стандарт типов данных . . . . .	—
2.2. Переменные типа цвет и операции с цветами . . . . .	18
2.2.1. Значение переменной типа цвет (Color) . . . . .	—
2.2.2. Операции с переменными типа цвет (Color) . . . . .	19
2.3. Приведение и преобразование типов . . . . .	20
2.4. Операции . . . . .	24
2.5. Предопределенные константы . . . . .	26
2.6. Интерфейсные функции . . . . .	29
2.6.1. Структура данных интерфейсных функций . . . . .	—
2.6.2. Соглашение о передаче значений отображаемым элементам . . . . .	30
2.6.3. Перечень отображаемых элементов . . . . .	—
2.6.4. Перечень интерфейсных функций . . . . .	35
2.7. Строковые функции . . . . .	41
2.8. Описание языка описания компонентов . . . . .	42
2.8.1. Передача аргументов функциям . . . . .	43
2.8.2. Имена структурных единиц компонентов . . . . .	44
2.8.3. Описание синтаксических конструкций . . . . .	—
2.8.4. Комментарии . . . . .	50
2.8.5. Область действия переменных . . . . .	51
2.8.6. Основные операторы . . . . .	—
2.8.7. Описание распределения сигналов . . . . .	52

2.8.8. Функции управления памятью . . . . .	54
2.9. Использование памяти . . . . .	55
2.10. Обработка ошибок . . . . .	56
2.10.1. Процедура обработки ошибок . . . . .	—
2.10.2. Установить обработчик ошибок (OnError) . . . . .	57
2.10.3. Дать номер ошибки (GetError) . . . . .	—
2.11. Запросы, однотипные для всех компонентов . . . . .	58
2.11.1. Запрос на установление текущего компонента . . . . .	59
2.11.1.1. Сделать текущим (xxSetCurrent) . . . . .	—
2.11.2. Запросы, работающие со структурой компонента . . . . .	60
2.11.2.1. Добавление нового экземпляра (xxAdd) . . . . .	—
2.11.2.2. Удаление экземпляра компонента (xxDelete) . . . . .	—
2.11.2.3. Запись компонента (xxWrite) . . . . .	61
2.11.2.4. Вернуть имена структурных единиц (xxGet- StructNames) . . . . .	62
2.11.2.5. Вернуть тип структурной единицы (xxGetType) . . . . .	63
2.11.3. Запросы на изменение параметров . . . . .	—
2.11.3.1. Получить параметры (xxGetData) . . . . .	64
2.11.3.2. Получить имена параметров (xxGetName) . . . . .	—
2.11.3.3. Установить параметры (xxSetData) . . . . .	65
2.11.4. Инициация редактора компонента . . . . .	—
2.11.4.1. Редактировать компонент (xxEdit) . . . . .	66
2.12. Задача, используемая в примерах . . . . .	—
3. Задачник и обучающее множество . . . . .	67
3.1. Обсуждение задачника . . . . .	—
3.1.1. Структуры данных задачника . . . . .	—
3.1.2. Поля задачника . . . . .	68
3.1.3. Состав данных задачника . . . . .	69
3.1.3.1. Цвет примера и обучающая выборка . . . . .	—
3.1.3.2. Входные данные . . . . .	70
3.1.3.3. Комментарии . . . . .	—
3.1.3.4. Предобработанные данные . . . . .	—
3.1.3.5. Правильные ответы . . . . .	—
3.1.3.6. Полученные ответы . . . . .	71
3.1.3.7. Оценки . . . . .	—
3.1.3.8. Вес примера . . . . .	—
3.1.3.9. Достоверность ответа . . . . .	—
3.1.3.10. Уверенность в ответе . . . . .	—
3.1.4. Рекомендуемое управление памятью . . . . .	73
3.2. Стандарт первого уровня компонента задачник . . . . .	—
3.2.1. Язык описания задачника . . . . .	—
3.2.1.1. БНФ языка описания задачника . . . . .	74
3.2.1.2. Описание языка описания задачника . . . . .	75
3.2.1.3. Неопределенные значения . . . . .	77
3.2.1.4. Пример описания задачника . . . . .	—
3.3. Стандарт второго уровня компонента задачник . . . . .	78
3.3.1. Чтение и запись задачника . . . . .	—
3.3.1.1. Прочитать задачник (tbAdd) . . . . .	79
3.3.1.2. Записать задачник (tbWrite) . . . . .	—
3.3.1.3. Закрыть задачник (tbDelete) . . . . .	80
3.3.2. Начало и конец сеанса . . . . .	—
3.3.2.1. Начало сеанса (InitSession) . . . . .	—

3.3.2.2. Конец сеанса (EndSession)	81
3.3.3. Перемещение по примерам	—
3.3.3.1. В начало (Home)	82
3.3.3.2. В конец (End)	—
3.3.3.3. Следующий (Next)	83
3.3.3.4. Предыдущий (Prev)	84
3.3.3.5. Конец (Last)	85
3.3.3.6. Начало (First)	—
3.3.3.7. Пример номер (Example)	86
3.3.4. Определение, получение и изменение данных	—
3.3.4.1. Дать пример (Get)	—
3.3.4.2. Обновить данные (Put)	87
3.3.4.3. Сбросить предобработку (RemovePrepare)	88
3.3.5. Окраска примеров	—
3.3.5.1. Дать цвет примера (GetColor)	89
3.3.5.2. Покрасить пример (PaintCurrent)	—
3.3.6. Ошибки компонента задачника	90
<b>4. Предобработчик</b>	<b>91</b>
4.1. Описание предобработчика	—
4.1.1. Нейрон	—
4.1.2. Различимость входных данных	92
4.1.3. Классификация компонентов входных данных	94
4.1.4. Кодирование бинарных признаков	95
4.1.5. Кодирование неупорядоченных качественных признаков	96
4.1.6. Кодирование упорядоченных качественных признаков	—
4.1.7. Числовые признаки	—
4.1.8. Простейшая предобработка числовых признаков	97
4.1.9. Оценка способности сети решить задачу	98
4.1.9.1. Оценка константы Липшица сети	99
4.1.9.2. Способ вычисления константы Липшица	—
4.1.9.3. Синапс	100
4.1.9.4. Умножитель	—
4.1.9.5. Точка ветвления	—
4.1.9.6. Сумматор	—
4.1.9.7. Нелинейный Паде-преобразователь	101
4.1.9.8. Нелинейный сигмоидный преобразователь	—
4.1.9.9. Адаптивный сумматор	—
4.1.9.10. Константа Липшица сигмоидной сети	102
4.1.10. Предобработка, облегчающая обучение	103
4.1.11. Другие способы предобработки числовых признаков	104
4.1.11.1. Модулярная предобработка	—
4.1.11.2. Функциональная предобработка	105
4.1.11.3. Позиционная предобработка	106
4.1.12. Составной предобработчик	107
4.2. Стандарт первого уровня компонента предобработчик	108
4.2.1. Неопределенные значения	—
4.2.2. Стандартные предобработчики	109
4.2.3. Язык описания предобработчика	112
4.2.3.1. БНФ языка описания предобработчика	113
4.2.3.2. Описание языка описания предобработчика	114
4.2.3.3. Пример описания предобработчика	115
4.3. Стандарт второго уровня компонента предобработчик	120

4.3.1. Запрос на предобработку	121
4.3.1.1. Предобработать вектор сигналов (Prepare)	—
4.3.2. Остальные запросы	122
4.3.3. Ошибки компонента предобработчик	123
<b>5. Описание нейронных сетей</b>	<b>124</b>
5.1. Конструирование нейронных сетей	—
5.1.1. Элементы нейронной сети	125
5.1.2. Составные элементы	127
5.1.3. Функционирование сети	128
5.1.3.1. Синапс	129
5.1.3.2. Умножитель	130
5.1.3.3. Точка ветвления	—
5.1.3.4. Сумматор	131
5.1.3.5. Нелинейный Паде-преобразователь	132
5.1.3.6. Нелинейный сигмоидный преобразователь	—
5.1.3.7. Произвольный непрерывный нелинейный преобразователь	133
5.1.3.8. Пороговый преобразователь	—
5.1.4. Правила остановки работы сети	134
5.1.5. Архитектуры сетей	135
5.1.6. Модификация синаптической карты (обучение)	138
5.1.7. Контрастирование и нормализация сети	—
5.2. Примеры сетей и алгоритмов их обучения	139
5.2.1. Сети Хопфилда	—
5.2.2. Сеть Кохонена	141
5.2.3. Персептрон Розенблатта	144
5.3. Стандарт первого уровня компонента сеть	146
5.3.1. Структура компонента	147
5.3.2. Сигналы и параметры	—
5.3.3. Обучаемые и необучаемые параметры и сигналы	148
5.3.4. Дополнительные переменные	—
5.3.5. Стандарт языка описания сетей	149
5.3.5.1. Ключевые слова языка	—
5.3.5.2. БНФ языка описания сетей	150
5.3.5.3. Описание языка описания сетей	153
5.3.5.4. Сокращение описания сети	171
5.4. Стандарт второго уровня компонента сеть	178
5.4.1. Запросы к компоненту сеть	—
5.4.2. Запросы на функционирование	179
5.4.2.1. Выполнить прямое функционирование (Forw)	—
5.4.2.2. Выполнить обратное функционирование (Back)	180
5.4.3. Запросы на изменение параметров	181
5.4.3.1. Провести обучение (Modify)	—
5.4.3.2. Изменить маску обучаемости (ModifyMask)	182
5.4.3.3. Обнулить градиент (NullGradient)	—
5.4.3.4. Случайное направление спуска (RandomDirection)	183
5.4.4. Запросы, работающие со структурой сети	184
5.4.4.1. Вернуть параметры сети (nwGetData)	—
5.4.4.2. Установить параметры сети (nwSetData)	185
5.4.4.3. Нормализовать сеть (NormalizeNet)	—
5.4.5. Остальные запросы	186
5.4.6. Ошибки компонента сеть	187

<b>6. Оценка и интерпретатор ответа</b>	188
6.1. Интерпретатор ответа	—
6.2. Уровень уверенности	190
6.3. Построение оценки по интерпретатору	191
6.4. Оценка обучающего множества. Вес примера	196
6.5. Глобальные и локальные оценки	198
6.6. Составные интерпретатор ответа и оценка	203
6.7. Стандарт первого уровня компонента интерпретатор ответа	—
6.7.1. БНФ языка описания интерпретатора	205
6.7.2. Описание языка описания интерпретаторов	206
6.7.3. Пример описания интерпретатора	207
6.8. Стандарт второго уровня компонента интерпретатор ответа	210
6.8.1. Запрос на интерпретацию	211
6.8.1.1. Интерпретировать массив сигналов (Interpret)	—
6.8.2. Остальные запросы	212
6.8.3. Ошибки компонента интерпретатор ответа	213
6.9. Стандарт первого уровня компонента оценка	—
6.9.1. БНФ языка описания оценок	214
6.9.2. Описание языка описания оценок	216
6.9.3. Пример описания оценки	218
6.10. Стандарт второго уровня компонента оценка	222
6.10.1. Запрос на оценивание	223
6.10.1.1. Оценить массив сигналов (Estimate)	—
6.10.2. Остальные запросы	224
6.10.2.1. Установить параметры (SetEstIntParameters)	—
6.10.3. Ошибки компонента оценка	225
<b>7. Исполнитель</b>	226
7.1. Описание запросов исполнителя	—
7.2. Стандарт компонента исполнитель второго уровня	228
7.2.1. Позиционная обработка (TaskWork)	—
7.2.2. Обработка обучающего множества (TaskSetWork)	231
7.2.3. Ошибки компонента исполнитель	234
<b>8. Учитель</b>	235
8.1. Что можно обучать методом двойственности	—
8.2. Описание алгоритмов обучения	237
8.2.1. Краткий обзор макрокоманд учителя	—
8.2.2. Неградиентные методы обучения	239
8.2.2.1. Метод случайной стрельбы	—
8.2.2.2. Метод покоординатного спуска	240
8.2.2.3. Подбор оптимального шага	241
8.2.2.4. Метод случайного поиска	—
8.2.2.5. Метод Нелдера—Мида	243
8.2.3. Градиентные методы обучения	244
8.2.3.1. Метод наискорейшего спуска	—
8.2.3.2. kPaгTan	245
8.2.3.3. Квазиньютоновские методы	246
8.3. Стандарт первого уровня компонента учитель	247
8.3.1. Способ опознания сети для методов, привязанных к архитектуре сети	—
8.3.2. Список стандартных функций	—

8.3.2.1. Установить объект обучения (SetInstructionObject)	247
8.3.2.2. Создание массива (CreateArray)	248
8.3.2.3. Освободить массив (EraseArray)	—
8.3.2.4. Случайный массив (RandomArray)	—
8.3.2.5. Модификация массива (Modify)	249
8.3.2.6. Оптимизация шага (Optimize)	250
8.3.2.7. Сохранить массив (SaveArray)	—
8.3.2.8. Установить параметры (SetArray)	—
8.3.2.9. Вычислить оценку (Estimate)	251
8.3.2.10. Вычислить градиент (CalcGradient)	—
8.3.2.11. Запустить запрос (GenerateQuest)	—
8.3.3. Язык описания учителя	252
8.3.3.1. Библиотеки функций учителя	—
8.3.3.2. БНФ языка описания учителя	253
8.3.3.3. Описание языка описания учителя	—
8.3.3.4. Пример описания учителя	254
8.4. Стандарт второго уровня компонента учитель	260
8.4.1. Обучение сети	—
8.4.1.1. Обучить сеть (InstructNet)	—
8.4.1.2. Провести N шагов обучения (NInstructSteps)	261
8.4.1.3. Прервать обучение (CloseInstruction)	—
8.4.2. Чтение/запись учителя	262
8.4.2.1. Прочитать учителя (inAdd)	—
8.4.2.2. Удаление учителя (inDelete)	263
8.4.2.3. Запись компонента (inWrite)	—
8.4.3. Инициация редактора учителя	264
8.4.3.1. Редактировать компонент (inEdit)	—
8.4.4. Работа с параметрами учителя	—
8.4.4.1. Получить параметры (inGetData)	265
8.4.4.2. Получить имена параметров (inGetName)	—
8.4.4.3. Установить параметры (inSetData)	—
8.4.5. Обработка ошибок	266
9. Контрастер	267
9.1. Задачи для контрастера	—
9.1.1. Упрощение архитектуры нейронной сети	268
9.1.2. Уменьшение числа входных сигналов	269
9.1.3. Сведение параметров нейронной сети к выделенным значениям	270
9.1.4. Снижение требований к точности входных сигналов	—
9.1.5. Получение явных знаний из данных	—
9.1.5.1. Построение логически прозрачных сетей	271
9.1.5.2. Получение явных знаний	—
9.2. Процедура контрастирования	275
9.2.1. Контрастирование на основе показателей значимости	—
9.2.2. Контрастирование без ухудшения	276
9.2.3. Гибридная процедура контрастирования	278
9.2.4. Контрастирование при обучении	—
9.3. Определение показателей значимости	279
9.3.1. Определение показателей значимости через градиент	—
9.3.2. Усреднение по обучающему множеству	280
9.3.3. Накопление показателей значимости	281
9.4. Стандарт первого уровня компонента контрастер	—
9.4.1. Язык описания контрастера	—

9.4.1.1. Библиотеки функций контрастера . . . . .	282
9.4.1.2. БНФ языка описания контрастера . . . . .	—
9.4.1.3. Описание языка описания контрастера . . . . .	283
9.5. Стандарт второго уровня компонента контрастер . . . . .	—
9.5.1. Контрастирование сети . . . . .	284
9.5.1.1. Контрастировать сеть (ContrastNet) . . . . .	—
9.5.1.2. Прервать контрастирование (CloseContrast) . . . . .	—
9.5.1.3. Контрастировать пример (ContrastExample) . . . . .	285
9.5.2. Чтение/запись контрастера . . . . .	286
9.5.2.1. Прочитать контрастер (cnAdd) . . . . .	—
9.5.2.2. Удаление контрастера (cnDelete) . . . . .	—
9.5.2.3. Запись контрастера (cnWrite) . . . . .	287
9.5.3. Инициация редактора контрастера . . . . .	288
9.5.3.1. Редактировать контрастер (cnEdit) . . . . .	—
9.5.4. Работа с параметрами контрастера . . . . .	—
9.5.4.1. Получить параметры (cnGetData) . . . . .	—
9.5.4.2. Получить имена параметров (cnGetName) . . . . .	289
9.5.4.3. Установить параметры (cnSetData) . . . . .	—
9.5.5. Обработка ошибок . . . . .	290
Приложение 1. Возможности нейронных сетей . . . . .	291
Приложение 2. Бекусова нормальная форма . . . . .	301
Список литературы . . . . .	305

Научное издание

Миркес Евгений Моисеевич

НЕЙРОКОМПЬЮТЕР

Проект стандарта



Редактор *Л.В. Филиппова*  
Художественный редактор *Л.В. Магвеева*  
Художник *В.И. Шумаков*  
Технический редактор *Н.М. Остроумова*  
Корректоры *Л.А. Щербакова, С.М. Позудина*  
Оператор электронной верстки *В.Е. Селянина*

Издлиц. № 040864 от 16.12.97. Сдано в набор 04.09.98. Подписано в печать 26.02.99. Бумага офсетная. Формат 60 × 90 1/16 Офсетная печать. Гарнитура Таймс. Усл.печ.л. 21,0. Уч.-изд.л. 16,2. Тираж 447 экз. Заказ № 439.

Сибирское издательско-полиграфическое и книготорговое предприятие "Наука" РАН.  
630077, Новосибирск, ул. Станиславского, 25.  
Редакционная подготовка и изготовление оригинал-макета:  
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18.