

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЧАСТЬ I. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ И НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ	6
Глава 1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ.....	6
1.1. Понятие и определения системы.....	6
1.2. Классификация систем.....	7
Глава 2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ.....	10
Глава 3. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ.....	16
3.1. Области применения нечеткого моделирования.....	16
3.2. Классификация нечетких моделей.....	20
3.3. Интеграция нечетких и нейронных сетей.....	21
ВЫВОДЫ.....	22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	23
ЧАСТЬ II. НЕЧЕТКИЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ И РЕЛЯЦИОННЫЕ МОДЕЛИ.....	25
Глава 4. НЕЧЕТКИЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ.....	25
4.1. Компоненты нечетких продукционных моделей.....	25
4.2. Способы нечеткого вывода.....	26
4.3. Создание базы нечетких продукционных правил.....	32
4.4. Введение нечеткости.....	49
4.5. Агрегирование степени истинности предпосылок правил.....	50
4.6. Активизация заключений правил.....	52
4.7. Аккумуляция активизированных заключений правил.....	54
4.8. Приведение к четкости.....	54
4.9. Параметрическая оптимизация конечной базы нечетких правил.....	60
Глава 5. АЛГОРИТМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА.....	62
5.1. Алгоритм нечеткого вывода Мамдани.....	62
5.2. Алгоритм нечеткого вывода Ларсена.....	65
5.3. Алгоритм нечеткого вывода Цукамото.....	66
5.4. Упрощенный алгоритм нечеткого вывода.....	68

5.5. Алгоритм нечеткого вывода Такаги–Сугэно.....	69
5.6. Алгоритм нечеткого вывода на основе нечеткой продукционной модели с адаптацией операций над нечеткими множествами	71
5.7. Аппроксимационные свойства нечетких продукционных моделей	75
Глава 6. НЕЧЕТКИЕ РЕЛЯЦИОННЫЕ МОДЕЛИ И РЕЛЯЦИОННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ	83
6.1. Нечеткие реляционные модели	83
6.2. Реляционное представление нечеткого вывода с использованием отдельных правил	84
6.3. Реляционное представление нечеткого вывода с использованием базы правил	87
6.4. Подобие нечетких реляционных и продукционных моделей.....	88
ВЫВОДЫ.....	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	91
ЧАСТЬ III. НЕЧЕТКИЕ НЕЙРОННЫЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ СЕТИ.....	95
Глава 7. НЕЧЕТКИЕ НЕЙРОННЫЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ СЕТИ С ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ ПРАВИЛ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ	97
7.1. Нечеткие нейронные продукционные сети типа ANFIS	97
7.2. Нечеткая нейронная продукционная сеть Ванга–Менделя.....	105
7.3. Нечеткая нейронная продукционная сеть Такаги–Сугэно–Канга	113
Глава 8. НЕЧЕТКИЕ НЕЙРОННЫЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ СЕТИ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ КОМПОНЕНТОВ НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ	119
8.1. Построение функций принадлежности предпосылок и заключений нечетких продукционных правил	119
8.2. Формирование предпосылок нечетких продукционных правил	120
8.3. Формирование заключений нечетких продукционных правил	123
8.4. Разбиение пространств входных переменных и формирование многомерных функций принадлежности предпосылок.....	126

8.5. Нечеткие продукционные сети с представлением структуры в виде нейронных сетей	129
ВЫВОДЫ	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	133
ЧАСТЬ IV. НЕЙРОННЫЕ НЕЧЕТКИЕ СЕТИ	134
Глава 9. НЕЙРОННЫЕ НЕЧЕТКИЕ СЕТИ С ВВЕДЕНИЕМ НЕЧЕТКОСТИ В СТРУКТУРУ	135
Глава 10. НЕЙРОННЫЕ НЕЧЕТКИЕ СЕТИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ НЕЙРОНОВ	141
Глава 11. ГИБРИДНЫЕ НЕЙРОННЫЕ НЕЧЕТКИЕ СЕТИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОНОВ, РЕАЛИЗУЮЩИХ НЕЧЕТКИЕ ОПЕРАЦИИ	145
11.1. Нейроны, реализующие нечеткие операции	146
11.2. Примеры построения и использования гибридных нейронных нечетких сетей	148
Глава 12. ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННЫХ НЕЧЕТКИХ СЕТЕЙ	173
12.1. Использование нейронных сетей с обучением с обратным распространением ошибки для реализации нечетких моделей	175
12.2. Обучение нейронных нечетких сетей типа 2 с нечеткими входами и выходами и четкими весами	178
12.3. Обучение нейронных нечетких сетей типа 3 с нечеткими входами, выходами и весами	181
Глава 13. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИОННЫХ СЕТЕЙ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ	185
ВЫВОДЫ	190
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	191
ЧАСТЬ V. НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ С ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ГРАФОВ	195
Глава 14. НЕЧЕТКИЕ АВТОМАТЫ	195
14.1. Основные понятия, классификация нечетких автоматов	195
14.2. Обучение нечетких автоматов	201
Глава 15. НЕЧЕТКИЕ СЕТИ ПЕТРИ	202
15.1. Основные понятия, классификация нечетких сетей Петри	203
15.2. Нечеткие сети Петри с нечеткостью задания начальной маркировки	205

15.3. Нечеткие сети Петри с нечеткостью задания начальной маркировки и срабатывания переходов.....	209
15.4. Нечеткие сети Петри с нечеткостью задания начальной маркировки, времен задержки маркеров в позициях и времен срабатывания активных переходов.....	212
15.5. Задачи анализа свойств нечетких сетей Петри	216
Глава 16. НЕЧЕТКИЕ СИТУАЦИОННЫЕ СЕТИ	218
16.1. Формирование нечеткой ситуационной сети	219
16.2. Задачи моделирования процессов управления на основе нечетких ситуационных сетей	226
Глава 17. НЕЧЕТКИЕ КОГНИТИВНЫЕ КАРТЫ.....	230
17.1. Задачи построения и анализа когнитивных карт	231
17.2. Обзор способов построения и анализа когнитивных карт.....	232
17.3. Обучение нечетких когнитивных карт	249
17.4. Динамическое моделирование с помощью когнитивных карт	250
17.5. Требования к обобщенному представлению и анализу нечетких когнитивных карт.....	252
17.6. Обобщенные нечеткие продукционные когнитивные карты ..	253
17.7. Нечеткие реляционные когнитивные карты.....	261
ВЫВОДЫ.....	275
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	275