

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. КОНЦЕПЦИЯ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	4
1.1. Общие понятия.....	4
1.2. Нечеткие продукционные модели.....	4
1.3. Нейронные сети.....	4
1.4. Эволюционные алгоритмы.....	7
2. НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА.....	8
2.1. Принадлежность множеству.....	8
2.2. Свойства нечетких множеств.....	11
2.3. Нечеткие числа.....	13
2.3.1. Определение нечеткого числа.....	13
2.3.2. Нечеткие числа L-R-типа.....	13
2.3.3. Аналитическое описание типовых ФП НЧ.....	14
2.4. Нечеткая арифметика.....	14
2.4.1. Принцип обобщения.....	14
2.4.2. Унарные арифметические операции.....	15
2.4.3. Бинарные арифметические операции.....	16
2.4.4. Особенности нечетких чисел.....	23
2.5. Нечеткая математика.....	24
2.5.1. Логические операции над НМ.....	24
2.5.2. Свойства операций объединения и пересечения.....	25
2.5.3. Алгебраические операции над НМ.....	25
2.5.4. Норма и конорма.....	26
2.5.5. Меры сходства нечетких множеств.....	27
2.5.6. Нечеткие отношения.....	28
3. НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ.....	29
3.1. Нечеткая и лингвистическая переменные.....	29
3.2. Вывод на нечетких правилах.....	30
3.2.1. Нечеткая импликация.....	30
3.2.2. Этапы и операции вывода на множестве нечетких правил.....	30
3.2.3. Фаззификация.....	31
3.2.4. Логический вывод.....	32
3.2.5. Способы дефаззификации.....	33
3.2.6. Классические схемы нечеткого вывода.....	36
3.2.7. Табличное представление базы правил.....	37
3.3. Свойства правил.....	38
3.3.1. Локальный характер правил.....	38
3.3.2. Зависимость числа правил от числа содержащихся в модели нечетких множеств.....	39
3.3.3. Полнота базы правил.....	39
3.3.4. Непротиворечивость базы правил.....	40
3.3.5. Связность базы правил.....	40
4. СИНТЕЗ ПРАВИЛ ИЗ ДАННЫХ.....	41
4.1. Задача синтеза правил.....	41
4.2. Нечеткая кластеризация данных.....	42
4.3. Нейронечеткие сети.....	47
4.4. Обучение нейронечеткой сети методом обратного распространения ошибки.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
П р и л о ж е н и е. Примеры реализации мягких вычислений в среде Matlab.....	51
1. Реализация нечетких множеств.....	51
2. Реализация нечеткой кластеризации.....	54
3. Пример реализации нечеткого управления.....	57
Библиографический список.....	65

*Толмачев Сергей Геннадьевич*

### О с н о в ы м я г к и х в ы ч и с л е н и й

Редактор *Г.М. Звягина*

Корректор *Л.А. Петрова*

Компьютерная верстка: *С.В. Кашуба*

Подписано в печать 26.12.2018. Формат 60×84/8. Бумага документная.

Печать трафаретная. Усл. печ. л. 7,675. Тираж 100 экз. Заказ № 179.

Балтийский государственный технический университет

Типография БГТУ

190005, С.-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 1