

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по ОД  
А.А. Панфилов

« 30 » 08 2016 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА И НЕЙРОННЫЕ СЕТИ»

Направление подготовки: 38.03.05 «Бизнес-информатика»

Профиль/программа подготовки \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед., час.	Лек- ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. лабот, час.	СРС, час	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
6	5/180	36		36	72	Экзамен(36)
<b>Итого</b>	<b>5/180</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>72</b>	<b>Экзамен(36)</b>

Владимир, 2016 г.

## **1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины (модуля) «Нечеткая логика и нейронные сети» является познакомить студентов, обучающихся по направлению «Бизнес-информатика», с методами, накопленными в этой теории.

Объектами профессиональной деятельности бизнес-аналитика являются сложные математические модели, в том числе описывающие процесс принятия решений. Главная цель этого курса состоит в том, чтобы подготовить студентов к разработке компьютерно-ориентированных систем поддержки принятых решений. Мощь и интуитивная простота нечеткой логики как методологии разрешения проблем гарантирует ее успешное использование во встроенных системах контроля и анализа информации. При этом происходит подключение человеческой интуиции и опыта оператора. В отличие от традиционной математики, требующей на каждом шаге моделирования точных и однозначных формулировок закономерностей, нечеткая логика предлагает совершенно иной уровень мышления, благодаря которому творческий процесс моделирования происходит на наивысшем уровне абстракции, при котором постулируется лишь минимальный набор закономерностей.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение основных приемов и методов использования аппарата нечетких множеств в задачах управления и принятия решений;
- формирование навыков построения нечетких моделей, наиболее полно отвечающих требованиям поставленной задачи;
- изучение способов реализации нечетких моделей в виде программ для ЭВМ;
- приобретение навыков планирования экспериментов и обработки их результатов;
- изучение основ нейронных сетей;
- изучение теории гибридных, нейронечетких сетей;
- отработка практических навыков, связанных с выбором и использованием программных средств с элементами нечеткой логики и нейронных сетей.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Данная дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП. Изучение данной дисциплины проходит в 6-м семестре и базируется на знаниях, приобретенных студентами в рамках курсов: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Программирование» и др. Данный курс обеспечивает дальнейшее изучение дисциплин «Имитационное моделирование», «Системы поддержки принятия решений», «Распределенные системы» и является базовым для изучения специальных дисциплин.

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены для написания выпускной квалификационной работы.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- способность работать с компьютером как средством управления информацией, работать и с информацией из различных источников, в том числе в глобальных компьютерных сетях (ОПК-3);
- способность использовать основные методы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности для теоретического и экспериментального исследования (ПК-17);

- способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования (ПК-18).

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать освоение указанных компетенций по дескрипторам «знания, умения, владения», в соответствии с тематическими модулями дисциплины, применять полученные знания в последующем обучении и профессиональной деятельности:

- 1) Знать: сущность и значение информации в развитии современного общества (ОПК-3); владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации (ПК-17, ПК-18).
- 2) Уметь: проектировать и внедрять компоненты ИТ-инфраструктуры предприятия, обеспечивающие достижение стратегических целей и поддержку бизнес-процессов (ОПК-3, ПК-17, ПК-18); использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования (ОПК-3, ПК-17, ПК-18).
- 3) Владеть: основными методами естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности для теоретического и экспериментального исследования (ОПК-3, ПК-17, ПК-18).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Основы теории нечетких множеств.	6	1-3	6	-	6		10	6 (50%)		
2	Методы построения функций принадлежности.	6	4-5	4	-	4		10	4 (50%)	Рейтинг-контроль 1	
3	Математика нечетких чисел.	6	4-8	6	-	6		10	6 (50%)		
4	Нечеткие отношения.	6	9-10	4	-	4		10	4 (50%)	Рейтинг-контроль 2	

5	Элементы теории приближенных рассуждений.	6	11-13	6	-	6	10		6 (50%)		
6	Нейронные сети.	6	14-16	6	-	6	10		6 (50%)		
7	Гибридные сети.	6	17-18	4	-	4	12		4 (50%)	Рейтинг-контроль 3	
Всего		6	18	36	-	36	-	72	-	36 (50%)	Экзамен 36

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### ЛЕКЦИИ

1. Историческая справка. Способы описания нечеткой информации и области применения нечеткой логики. Нечеткая логика: достоинства и недостатки. Базовые понятия нечетких множеств. Понятие принадлежности. Понятие нечеткого подмножества. Определение нечеткого множества. Отношение доминирования.
2. Операции над нечеткими множествами. Графическое отображение операций над нечеткими множествами. Свойства операций над нечеткими множествами. Подмножества  $\alpha$ -уровня. Декомпозиция нечетких множеств. Синтез нечеткого подмножества посредством объединения обычных подмножеств.
3. Расстояние между нечеткими множествами. Измерение степени нечеткости множества: оценка нечеткости через энтропию, метрический подход, аксиоматический подход. Прочие подходы к определению степени нечеткости. Некоторые свойства степени нечеткости множества.
4. Методы построения функций принадлежности. Требования к функциям принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта.
5. Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для группы экспертов. Методы построения терм множеств.
6. Нечеткие отношения. Понятие отношения. Определение нечеткого отношения. Операции над нечеткими отношениями. Композиция нечетких отношений.
7. Свойства нечетких отношений. Декомпозиция нечетких отношений. Транзитивное замыкание нечеткого бинарного отношения. Классификация нечетких отношений. Некоторые специальные типы нечетких отношений. Нечеткие отношения порядка. Нечеткие отношения подобия. Приложения теории нечетких отношений к анализу систем.
8. Нечеткие числа. Математика нечетких чисел. Арифметические операции над нечеткими числами (L-R)-типа. Нечеткая арифметика. Принцип обобщения Заде.  $\alpha$ -уровневый принцип обобщения Заде.
9. Нечеткие уравнения. Дополнительное вычитание. Дополнительное деление.
10. Методы сравнения нечетких чисел. Сравнение нечетких чисел на основе обобщенной операции "больше или равно". Сравнение нечетких подмножеств единичного интервала.
11. Элементы теории приближенных рассуждений. Четкие рассуждения. Композиционное правило вывода. Приближенные рассуждения на основе *modus ponens*. Приближенные рассуждения на основе *modus tollens*.

12. Формализация логических связей. Треугольные нормы. Отрицания. Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели.
13. Приближенные рассуждения в прикладных задачах. Основные понятия теории управления. Основные идеи нечеткого управления. Ограничения на применение нечеткой логики.
14. Искусственные нейронные сети. Модель искусственного нейрона. Структуры нейронных сетей. Режимы функционирования нейронных сетей.
15. Многослойные перцептроны. Оценка состояния нейронной сети. Сведение функционирования нейронной сети к задаче минимизации целевой функции. Алгоритм обучения обратным распространением ошибки. Генетические алгоритмы обучения.
16. Алгоритмы обучения НС без учителя. Методы Хебба, метод Кахонена.
17. Нейронная сеть как ассоциативная память. Модель Хопфилда. Модель Хемминга.
18. Гибридные сети. Основные понятия и определения гибридных сетей. Алгоритмы обучения гибридных сетей. Методы реализации гибридных сетей.

#### ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

1. Знакомство с прикладными программами, использующими нечеткие множества. Пакет FuziCalc.
2. Построение функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного и группы экспертов.
3. Нечеткая арифметика. Арифметические операции над нечеткими числами L-R типа. Арифметические операции с использованием  $\alpha$ -уровневого принцип обобщения Заде.
4. Применение теории нечетких отношений к кластерному анализу («нечеткое» сравнение строк и распознавание образов).
5. Проектирование систем нечеткого вывода. Аппроксимация функций с применением нечеткого логического вывода.
6. Нейронные сети. Проектирование и обучение нейронных сетей.
7. Гибридные сети. Проектирование и обучение нейронных сетей.

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- информационно-развивающие технологии;
- развивающие проблемно-ориентированные технологии;
- лично-ориентированные технологии обучения.

Методы	Лекция	Лабораторные и практические занятия	СРС
Метод ИТ	+	+	+
Работа в команде		+	
Case-study		+	
Проблемное обучение	+	+	
Контекстное обучение		+	+
Обучение на основе опыта	+	+	+

Индивидуальное обучение		+	+
Междисциплинарное обучение	+	+	+
Опережающая самостоятельная работа			+

В рамках изучения дисциплины возможно применение широко спектра образовательных технологий: лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия); case-study; метод проектов; обучение в малых группах; мастер-классы; применение мультимедиа технологий (проведение лекционных занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ); технология развития критического мышления; информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

Текущим контролем успеваемости является действующая в университете система рейтинг-контроля.

#### Контрольные вопросы к рейтинг-контролю №1

Пусть:  $U = \{0+1+2+3+4+5+6+7+8+9+10\}$ ;

$\tilde{A} = \{0,2|0;0,4|1;0,6|2;0,8|3;1,0|4;0,8|5;0,6|6;0,4|7;0,2|8\}$ ;

$\tilde{B} = \{0,2|2;0,4|3;0,6|4;0,8|5;1,0|6;0,8|7;0,6|8;0,4|9;0,2|10\}$ ;

$\tilde{C} = \{1,0|0;0,8|1;0,6|2;0,4|3;0,2|4\}$ ;

$\tilde{D} = \{0,2|6;0,4|7;0,6|8;0,8|9;1,0|10\}$ .

Задания:

1. Вычислить:  $\tilde{A} \cap \tilde{D} \cup \tilde{C}$ ,  $\tilde{A} / \tilde{C} \cup \tilde{D}$ ,  $\tilde{A} \cap \tilde{C} \cup \tilde{B}$ ,  $(\tilde{A} / \tilde{B}) \cap \tilde{C}$ ,  $(\tilde{B} \cap \tilde{D}) \times \tilde{C}$ .

2. Дефазифицировать:

$\tilde{B}$  - по методу центра тяжести;

$\tilde{D}$  - по методу медиан.

3. Декомпонировать нечеткое множество:  $\tilde{B}$ ,  $\tilde{C}$ .

4. Вычислить расстояние между нечеткими множествами:

$\tilde{A}$  и  $\tilde{C}$  используя метрику Хемминга;

$\tilde{B}$  и  $\tilde{D}$  используя Евклидову метрику.

5. Оценить степень нечеткости множества  $\tilde{B}$  через энтропию, и через метрический подход ( $\xi(\tilde{A}) = 2\varepsilon(\tilde{A}, \tilde{A}_{0,5})$ ).

6. Описать лингвистическую переменную «Размер» пятью термами, отобразить ее графически.

Пусть:  $U = \{0+1+2+3+4+5+6+7+8+9+10\}$ ;

$\bar{A} = \{0,2|0;0,4|1;0,6|2;0,8|3;1,0|4;0,8|5;0,6|6;0,4|7;0,2|8\}$ ;

$\bar{B} = \{0,2|2;0,4|3;0,6|4;0,8|5;1,0|6;0,8|7;0,6|8;0,4|9;0,2|10\}$ ;

$\bar{C} = \{1,0|0;0,8|1;0,6|2;0,4|3;0,2|4\}$ ;

$\bar{D} = \{0,2|6;0,4|7;0,6|8;0,8|9;1,0|10\}$ .

Задания:

1. Вычислить:  $\bar{A} \cup \bar{B} \cap \bar{C}$ ,  $\bar{A} / \bar{B} \cup \bar{C}$ ,  $\bar{A} \cap \bar{B} \cup \bar{D}$ ,  $(\bar{A} \cup \bar{B}) / \bar{C}$ ,  $(\bar{A} \cap \bar{C}) \times \bar{B}$ .
  2. Дефазифицировать:
    - $\bar{A}$  - по методу центра тяжести;
    - $\bar{C}$  - по методу медиан.
  3. Декомпонировать нечеткое множество:  $\bar{A}$ ,  $\bar{D}$ .
  4. Вычислить расстояние между нечеткими множествами:  $\bar{A}$  и  $\bar{C}$ , используя Евклидову метрику;  $\bar{B}$  и  $\bar{D}$  используя метрику Хемминга.
  5. Оценить степень нечеткости множества  $\bar{A}$  через энтропию, и через метрический подход ( $\xi(\bar{A}) = 2\varepsilon(\bar{A}, \check{A})$ ).
  6. Описать лингвистическую переменную «Расстояние» пятью термами, отобразить ее графически.
1. Обосновать выбор того или иного метода построения ФП для нечетких множеств характеризующих следующие понятия, привести пример нормальной ФП, описывающий понятия:
    - 1.1. «Человек среднего роста», с учетом того, что среднестатистический рост известен;
    - 1.2. Освещенность аудитории в зависимости от количества работающих ламп дневного освещения, количество которых составляет:  $\{2, 4, 8, 12, 16\}$ ;
    - 1.3. ФП характеризующую высокий рейтинг политика (или политической партии).
  2. Оценить согласованность мнения каждого из экспертов:
    - 2.1. Эксперта 1 и Эксперта 2;
    - 2.2. Эксперта 2 и Эксперта 3;
    - 2.3. Эксперта 1 и Эксперта 3.

Получить соответствующие нормальные ФП для множества  $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$ , если их мнения задаются следующими матрицами парных сравнений (недостающие элементы матрицы, обозначенные символом «-» заполнить самостоятельно):

Эксперт 1	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_1$	-	18	4	5	15	5

x <sub>2</sub>	-	-	18	12	10	5
x <sub>3</sub>	-	-	-	19	21	1
x <sub>4</sub>	-	-	-	-	14	3
x <sub>5</sub>	-	-	-	-	-	3
x <sub>6</sub>	-	-	-	-	-	-

Эксперт 2	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>
x <sub>1</sub>	-	2	6	8	10	1
x <sub>2</sub>	-	-	7	4	1	7
x <sub>3</sub>	-	-	-	6	2	3
x <sub>4</sub>	-	-	-	-	2	3
x <sub>5</sub>	-	-	-	-	-	4
x <sub>6</sub>	-	-	-	-	-	-

Эксперт 3	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>
x <sub>1</sub>	-	2	14	2	2	5
x <sub>2</sub>	-	-	11	8	6	8
x <sub>3</sub>	-	-	-	2	7	7
x <sub>4</sub>	-	-	-	-	14	9
x <sub>5</sub>	-	-	-	-	-	11
x <sub>6</sub>	-	-	-	-	-	-

3. Вероятность суждения каждого эксперта о возрастной принадлежности человека к той или иной возрастной группе, в зависимости от возраста  $x$  ( $x \in U = [0, 100]$ ), выражается следующими законами распределения:

3.1. «Молодой»

$x$	0-25	25-35	35-50	50-65	65-100
$p$	0,25	0,4	0,2	0,1	0,05

3.2. «Среднего возраста»

$x$	0-25	25-35	35-50	50-65	65-100
$p$	0,05	0,1	0,4	0,35	0,1

3.3. «Пожилой»

$x$	0-25	25-35	35-50	50-65	65-100
$p$	0,05	0,1	0,15	0,3	0,4

Построить ФП характеризующую возрастную группу, если было опрошено 50 экспертов.

4. Построить терм-множества с указанным количеством термов  $K$  охватывающих следующие понятия:

4.1. «Температура воды»,  $K=6$ ,  $U=[0; 100 \text{ } ^\circ\text{C}]$ ;

4.2. «Уличная температура»,  $K=7$ ,  $U=[-50; 50 \text{ } ^\circ\text{C}]$ ;

4.3. «Высотность здания»,  $K=5$ ,  $U=[1; 127]$ ;

**Контрольные вопросы к рейтинг-контролю № 2**



1. Нечеткие числа  $\tilde{x}_1$  и  $\tilde{x}_2$  заданы следующими трапециевидными функциями принадлежности:

$$\mu_{\tilde{x}_1}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 2 \text{ или } x > 9 \\ \frac{x-2}{2}, & \text{если } x \in [2, 4] \\ 1, & \text{если } x \in (4, 5) \\ \frac{9-x}{4}, & \text{если } x \in [5, 9] \end{cases}, \text{ и } \mu_{\tilde{x}_2}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 3 \text{ или } x > 17 \\ \frac{x-3}{4}, & \text{если } x \in [3, 7] \\ 1, & \text{если } x \in (7, 9) \\ \frac{17-x}{8}, & \text{если } x \in [9, 17] \end{cases}$$

Необходимо найти нечеткое число  $\tilde{y} = \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2$  с использованием принципа обобщения из определения принципа обобщения.

2. Нечеткие числа  $\tilde{x}_1$  и  $\tilde{x}_2$  заданы следующими трапециевидными функциями принадлежности:

$$\mu_{\tilde{x}_1}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 2 \text{ или } x > 9 \\ \frac{x-2}{2}, & \text{если } x \in [2, 4] \\ 1, & \text{если } x \in (4, 5) \\ \frac{9-x}{4}, & \text{если } x \in [5, 9] \end{cases}, \text{ и } \mu_{\tilde{x}_2}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 3 \text{ или } x > 17 \\ \frac{x-3}{4}, & \text{если } x \in [3, 7] \\ 1, & \text{если } x \in (7, 9) \\ \frac{17-x}{8}, & \text{если } x \in [9, 17] \end{cases}$$

Необходимо найти нечеткое число  $\tilde{y} = \tilde{x}_2 - \tilde{x}_1$  с использованием принципа обобщения из определения принципа обобщения.

3. Нечеткие числа  $\tilde{x}_1$  и  $\tilde{x}_2$  заданы следующими трапециевидными функциями принадлежности:

$$\mu_{\tilde{x}_1}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 2 \text{ или } x > 9 \\ \frac{x-2}{2}, & \text{если } x \in [2, 4] \\ 1, & \text{если } x \in (4, 5) \\ \frac{9-x}{4}, & \text{если } x \in [5, 9] \end{cases}, \text{ и } \mu_{\tilde{x}_2}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 3 \text{ или } x > 17 \\ \frac{x-3}{4}, & \text{если } x \in [3, 7] \\ 1, & \text{если } x \in (7, 9) \\ \frac{17-x}{8}, & \text{если } x \in [9, 17] \end{cases}$$

Необходимо найти нечеткое число  $\tilde{y} = \tilde{x}_1 \times \tilde{x}_2$  с использованием принципа обобщения из определения принципа обобщения.

4. Нечеткие числа  $\tilde{x}_1$  и  $\tilde{x}_2$  заданы следующими трапециевидными функциями принадлежности:

$$\mu_{\tilde{x}_1}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 2 \text{ или } x > 9 \\ \frac{x-2}{2}, & \text{если } x \in [2, 4] \\ 1, & \text{если } x \in (4, 5) \\ \frac{9-x}{4}, & \text{если } x \in [5, 9] \end{cases}, \text{ и } \mu_{\tilde{x}_2}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < 3 \text{ или } x > 17 \\ \frac{x-3}{4}, & \text{если } x \in [3, 7] \\ 1, & \text{если } x \in (7, 9) \\ \frac{17-x}{8}, & \text{если } x \in [9, 17] \end{cases}$$

Необходимо найти нечеткое число  $\hat{y} = \hat{x}_2 / \hat{x}_1$  с использованием принципа обобщения из определения принципа обобщения.

5. Решить уравнение:  $Ax + B = D$ . Где

$$A = \{0/4; 0,5/4,5; 1/5; 0,5/5,5; 0/6\};$$

$$B = \{0/8; 0,5/10; 1/12; 0,5/14; 0/16\};$$

$$D = \{0/12; 0,5/15; 1/18; 0,5/21; 0/24\}.$$

6. Решить уравнение:  $A(x + B) = D$ . Где

$$A = \{0/2; 0,5/3; 1/4; 0,5/5; 0/6\}$$

$$B = \{0/3; 0,5/3,5; 1/4; 0,5/4,5; 0/5\}$$

$$D = \{0/8; 0,5/18; 1/28; 0,5/38; 0/48\}.$$

7. Дать ответ на вопрос: «Может ли А быть больше В?», если:  $A = \{3; 4; 6\}_{LR}$ ,  $B = \{1; 7; 8\}_{LR}$ .

8. Сравнить А ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО 0,5 и В ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО 0,6

$$A = \text{ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО } 0,5 =$$

$$= \{0/0,2; 0,25/0,275; 0,5/0,35; 0,75/0,425; 1/0,5; 0,75/0,55; 0,5/0,6; 0,25/0,65;$$

$$0/0,7\};$$

$$B = \text{ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО } 0,6 =$$

$$= \{0/0,4; 0,25/0,45; 0,5/0,5; 0,75/0,55; 1/0,6; 0,75/0,65; 0,5/0,7; 0,25/0,75;$$

$$0/0,8\};$$

1. Найти нечеткое отношение  $R' = R \circ \bar{R}$ , где:

- 1.1. «\*» – max-min композиция;
- 1.2. «\*» – min-max композиция;
- 1.3. «\*» – max- $\pi$  композиция.

Если нечеткое отношение R задано матрицей:

R	A	B	C	D	E
A	0,7	0	0	0	0
B	0,8	1	0,6	0,6	1
C	0	0	0,5	0,5	0
D	0	0	0,2	0,4	0
E	0,8	1	0,6	0,6	1

2. Проверить является ли отношение R транзитивным:

R	A	B	C	D	E
A	0,5	0,9	0	0	0,5
B	0	0,7	0	0	0
C	0	1	0,1	0,1	0
D	0	1	0,4	1	0
E	0,7	0,9	0	0	0,5

3. Найти транзитивное замыкание  $\hat{R}$  нечеткого отношения R:

R	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
x <sub>1</sub>	0,3	0,6	0,2
x <sub>2</sub>	1	0,2	0,7
x <sub>3</sub>	0	0,8	0,1

4. Декомпозировать нечетное отношение R<sub>1</sub>:

R <sub>1</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>
x <sub>1</sub>	0,2	0,5	0,7	0,3	0,7
x <sub>2</sub>	1	0,4	0,3	0,4	0,6
x <sub>3</sub>	0	0,6	0,5	0,2	0,6
x <sub>4</sub>	0,3	0,5	0,7	1	0,5
x <sub>5</sub>	1	0,3	0,4	0,2	0,3

5. Найти первую и вторую проекции нечеткого отношения R (записать соответствующие функции принадлежности):

R	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>
x <sub>1</sub>	0,2	0,5	0,7	0,3	0,7
x <sub>2</sub>	1	0,4	0,3	0,4	0,6
x <sub>3</sub>	0	0,6	0,5	0,2	0,6
x <sub>4</sub>	0,3	0,5	0,7	1	0,5
x <sub>5</sub>	1	0,3	0,4	0,2	0,3

### Контрольные вопросы к рейтинг-контролю №3

Оценка по рейтинг-контролю №3 формируется по итогам выполнения и защит лабораторных работ при ответе на дополнительные вопросы. Темы лабораторных работ:

- Знакомство с прикладными программами, использующими нечеткие множества.
- Построение функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного и группы экспертов.
- Нечеткая арифметика. Арифметические операции над нечеткими числами L-R типа. Арифметические операции с использованием  $\alpha$ -уровневого принцип обобщения Заде.
- Применение теории нечетких отношений к кластерному анализу («нечеткое» сравнение строк и распознавание образов).
- Проектирования систем нечеткого вывода. Аппроксимация функций с применением нечеткого логического вывода.
- Нейронные сети. Проектирование и обучение нейронных сетей.
- Гибридные сети. Проектирование и обучение нейронных сетей.

### Вопросы к экзамену

Способы описания нечеткой информации и области применения нечеткой логики.

Базовые понятия нечетких множеств.

Операции над нечеткими множествами

Свойства операций над нечеткими множествами.

Подмножества  $\alpha$  - уровня. Декомпозиция нечетких множеств.

Расстояние между нечеткими множествами.

Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта.

Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для группы экспертов.

Нечеткие отношения. Понятие отношения.

Операции над нечеткими отношениями. Композиция нечетких отношений.

Свойства нечетких отношений.

Классификация нечетких отношений.

Нечеткие числа. Математика нечетких чисел. Нечеткая арифметика.

Принцип обобщения Заде.  $\alpha$ -уровневый принцип обобщения Заде.

Нечеткие уравнения. Дополнительное вычитание. Дополнительное деление.

Методы сравнения нечетких чисел.

Композиционное правило вывода.

Приближенные рассуждения на основе *modus ponens*.

Приближенные рассуждения на основе *modus tollens*.

Формализация логических связей. Треугольные нормы. Отрицания.

Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели.

Основные понятия теории нечетких множеств. Теория приближенных рассуждений. Нечеткие логические выводы. Основные этапы.

Основные понятия теории нечетких множеств. Теория приближенных рассуждений. Алгоритмы нечетких логических выводов. Алгоритм Mamdani и Larsen.

Основные понятия теории нечетких множеств. Теория приближенных рассуждений. Алгоритмы нечетких логических выводов. Алгоритм Sugeno, Tsukamoto и упрощенный алгоритм нечеткого вывода.

Нейронные сети. Основные положения. Модель нейрона.

Нейронные сети. Классификация НС. Выбор структуры НС.

Нейронные сети. Классификация НС. Функционирование НС.

Нейронные сети. Алгоритмы обучения НС. Обучение однослойной сети.

Нейронные сети. Алгоритмы обучения НС. Алгоритм обратного распространения ошибки.

Нейронные сети. Алгоритмы обучения НС. Обучение без учителя. Методы Хебба.

Нейронные сети. Алгоритмы обучения НС. Обучение без учителя. Алгоритм Кохонена.

Нейронные сети. НС Хопфилда.

Нейронные сети. НС Хемминга.

Нейронные сети. НС двунаправленной ассоциативной памяти (ДАП).

Гибридные сети. Основные понятия. Общий алгоритм обучения.

Гибридные сети. Структура ANFIS.

Гибридные сети. Сеть Такаги-Сугено-Канга. Сеть Ванга-Менделя.

Гибридные сети. Гибридный алгоритм обучения

Гибридные сети. Нечеткие сети с самоорганизацией. Алгоритм нечеткой самоорганизации C-means.

### **Вопросы для контроля самостоятельной работы**

1. Нечеткая логика: достоинства и недостатки.
2. Понятие принадлежности. Понятие нечеткого подмножества. Определение нечеткого множества.
3. Графическое отображение операций над нечеткими множествами.
4. Измерение степени нечеткости множества: оценка нечеткости через энтропию, метрический подход, аксиоматический подход. Прочие подходы к определению степени нечеткости.

5. Требования к функциям принадлежности.
6. Методы построения терм множеств.
7. Определение нечеткого отношения.
8. Специальные типы нечетких отношений. Нечеткие отношения порядка. Нечеткие отношения подобия.
9. Арифметические операции над нечеткими числами (L-R)-типа.
10. Приближенные рассуждения в прикладных задачах.

#### ОБЪЕМ СРС И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ РАБОТ В ЧАСАХ

Вид СРС	Количество часов
Работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.	20
Подготовка к проверочным работам	32
Выполнение домашних заданий, подготовка к лабораторным занятиям	20
Итого	72

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### а) основная литература:

1. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы/ Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.– Электрон. текстовые данные.– М.: Горячая линия - Телеком, 2013.– 384 с.
2. Интеллектуальные системы: учебное пособие/ А.М. Семенов [и др].– Электрон. текстовые данные.– Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013.– 236 с.
3. Интеллектуальные системы: методические указания к лабораторным работам для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика»/ – Электрон. текстовые данные.– М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.– 57 с.
4. Сысоев Д.В. Введение в теорию искусственного интеллекта: учебное пособие/ Сысоев Д.В., Курипта О.В., Проскурин Д.К.– Электрон. текстовые данные.– Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.– 171 с.

#### б) дополнительная литература:

1. Рутковская, Данута. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с пол. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский .– Москва : Горячая линия-Телеком, 2007. – 383 с. : ил. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 381-383 .– ISBN 5-93517-103-1.
2. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети: монография/ Борисов В.В., Круглов В.В., Федурлов А.С.– Электрон. текстовые данные.– М.: Горячая линия - Телеком, 2012.– 284 с.

3. Галушкин А.И. Нейронные сети. Основы теории [Электронный ресурс]: монография/ Галушкин А.И.– Электрон. текстовые данные.– М.: Горячая линия - Телеком, 2012.– 496 с.
4. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Яхьяева Г.Э.– Электрон. текстовые данные.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2008.– 316 с.

**в) периодические издания:**

1. «Информационные технологии» Ежемесячный теоретический и прикладной научно-технический журнал ISSN 1684-6400 Подписной индекс 72656
2. Журнал «Бизнес-информатика» – рецензируемый междисциплинарный научный журнал, выпускаемый с 2007 года Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Администрирование журнала осуществляется Школой бизнес-информатики НИУ ВШЭ.
3. Журнал «Вестник Института экономики РАН» –
4. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий»
5. Журнал «Вестник МГУ: экономика»
6. Журнал «Вестник Российского экономического университета им. Плеханова»
7. Журнал «Вестник финансового университета»
8. Журнал «Вопросы экономики»
9. Журнал «Вычислительные технологии»

**г) интернет-ресурсы:**

Ресурсы для дистанционного освоения курса, размещенные на сайте [www.cs.vlsu.ru](http://www.cs.vlsu.ru).

Современные информационные системы для создания и реализации математических методов в экономике и финансах:

1. Mathcad – программное средство, среда для выполнения на компьютере разнообразных математических и технических расчетов, снабженная простым в освоении и в работе графическим интерфейсом, которая предоставляет пользователю инструменты для работы с формулами, числами, графиками и текстами. В среде Mathcad доступны более сотни операторов и логических функций, предназначенных для численного и символьного решения математических задач различной сложности (<http://www.ptc.com>).
2. MatLab – высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов. С помощью MATLAB можно анализировать данные, разрабатывать алгоритмы, создавать модели и приложения (<http://matlab.ru>).
3. Maple – одна из наиболее популярных систем символьных вычислений, обладающая превосходной научной графикой (<http://www.maplesoft.com>).
4. Power Sim Constructor, Power Sim Studio – программное обеспечение Powersim включает в себя различные типы инструментов имитационного моделирования (<http://powersim.ru>)
5. Anylogic AnyLogic – инструмент имитационного моделирования (<http://www.anylogic.ru>)
6. BPWin – мощный инструмент моделирования, разработанный фирмой Computer Associates Technologies который используется для анализа, документирования и реорганизации сложных бизнес-процессов. Модель, созданная средствами BPwin, позволяет четко документировать различные аспекты деятельности - действия, которые необ-

ходимо предпринять, способы их осуществления, требующиеся для этого ресурсы и др. (<http://www.ca.com>).

Интернет-ресурсы, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы по тематике дисциплины:

1. <http://www.exponenta.ru> – Образовательный математический портал.
2. <http://www.kxlab.com> - сайт \_kx Лаборатории. Отправная точка поиска информации о новейших научных разработках в области вычислительной математики, автоматизации моделирования и программных продуктах \_kx Лаборатории.
3. [www.mathhelpplanet.com](http://www.mathhelpplanet.com) - некоммерческий математический форум, на котором можно получить консультацию и реальную помощь в решении по практически любому вопросу, связанному с математикой и многочисленными её приложениями.
4. [www.csin.ru](http://www.csin.ru) - Образовательный интернет-проект, посвященный computer science и смежным дисциплинам. Мы формируем комьюнити людей, профессионально занимающихся или даже просто интересующихся данной тематикой. Также мы собираем информацию, например, русскоязычные курсы по информатике.
5. [www.teorver.ru](http://www.teorver.ru) - Портал, посвященный таким разделам математики, как теория вероятностей, математическая статистика, теория массового обслуживания, математическая теория телеграфика и другим приложениям теории вероятностей.
6. <http://edu.ru> - Федеральный портал "Российское образование", поддерживаемый ФГУ ГНИИ ИТТ "Информика". Каталог интернет-ресурсов по предметам.
7. <http://www.mathtree.ru> - Древоидный каталог математических ресурсов содержит информацию о кафедрах, персонах, публикациях, библиотеках, журналах и т.п.
8. <http://www.mathnet.ru/> - Общероссийский математический портал, предоставляющий российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России.
9. <http://algotlist.manual.ru> - Сайт, посвященный алгоритмам и методам программирования.
10. <http://www.ecsocman.edu.ru/> - Образовательный портал - экономика, социология, менеджмент.
11. <http://www.fea.ru/> - Портал лаборатории "Вычислительная механика" физикомеханического факультета СПбГПУ.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком (420-3, 430-3, 318-3).

Аудитории для проведения лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением (511-3, 100-3, 405-3, 100-3, 1226-3), аудитории вычислительного центра.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 38.03.05 «Бизнес-информатика».

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ \_\_\_\_\_ Абрахин С.И.

Рецензент

(представитель работодателя)

И.В. Квасов Д.С. Генеральный директор

(место работы, должность, ФИО, подпись)

ООО "ФРС Сервис"

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 30.08.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 38.03.05 «Бизнес-информатика».

Протокол № 1 от 30.08.16 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

Ирина Ч.Б. Гусева

(ФИО, подпись)



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2017-18 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 28.08.2017 года.

Заведующий кафедрой Суев

Рабочая программа одобрена на 2018-19 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2018 года.

Заведующий кафедрой Суев

Рабочая программа одобрена на 2019-20 учебный год.

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2019 года.

Заведующий кафедрой Суев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_