

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР  
А.А.Панфилов

« 17 » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА В УПРАВЛЕНИИ И**  
**ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного кон- троля (экз./зачет)
8	6/216	36	9	27	117	Экзамен 27
Итого	6/216	36	9	27	117	Экзамен 27

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «Нечеткие множества в управлении и принятии решений» является познакомить студентов, обучающихся по направлению «Прикладная математика и информатика», с методами, накопленными в этой теории.

Объектами профессиональной деятельности математика являются сложные математические модели, в том числе описывающие процесс принятия решений. Главная цель этого курса состоит в том, чтобы подготовить студентов к разработке компьютерноориентированных систем поддержки принятия решений. Мощь и интуитивная простота нечеткой логики как методологии разрешения проблем гарантирует ее успешное использование во встроженных 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.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Данная дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП. Изучение данной дисциплины проходит в 8-м семестре и базируется на знаниях, приобретённых студентами в рамках курсов «Дискретная математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математическое моделирование», «Интеллектуальный анализ данных» и др.

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 овладеть следующими компетенциями:

- способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям (ОПК-3).
- способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат (ПК-2).

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: современный математический аппарат.
- 2) Уметь: приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии; разрабатывать математические модели для требуемых в имитационных моделях расчётов; в составе научно-исследовательского и производственного коллектива решать задачи профессиональной деятельности.
- 3) Владеть: способностью к интеллектуальному, культурному, нравственному, физическому и профессиональному саморазвитию, стремление к повышению своей квалификации и мастерства; способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 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.	8	1-3	8	2	4		17	-	7 (50%)	
2	Методы построения функций принадлежности.	8	4	4	2	6		20	-	6 (50%)	Рейтинг-контроль 1
3	Математика нечетких чисел.	8	5-6	7	2	6		25	-	8 (53%)	Рейтинг-контроль 2
4	Нечеткие отношения.	8	7-8	7	2	6		25		8 (53%)	
5	Элементы теории приближенных рассуждений.	8	8-11	10	1	5		30		8 (50%)	Рейтинг-контроль 3
Всего		8	11	36	9	27	-	117		37 (51%)	Экзамен 27

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### ЛЕКЦИИ

1. Историческая справка. Способы описания нечеткой информации и области применения нечеткой логики. Нечеткая логика: достоинства и недостатки. Основные понятия нечетких множеств. Понятие принадлежности. Понятие нечеткого подмножества. Определение нечеткого множества. Отношение доминирования (2 часа).
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 часа).
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 (3 часа).
4. Методы построения функций принадлежности. Требования к функциям принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта. Прямые и косвенные методы для группы экспертов. Методы построения терм множеств (2 часа).
5. Нечеткие числа. Математика нечетких чисел. Арифметические операции над нечеткими числами (L-R)-типа. Нечеткая арифметика. Принцип обобщения Заде.  $\alpha$ -уровневый принцип обобщения Заде (2 часа).
6. Нечеткие уравнения. Дополнительное вычитание. Дополнительное деление (3 часа).
7. Методы сравнения нечетких чисел. Сравнение нечетких чисел на основе обобщенной операции "больше или равно". Сравнение нечетких подмножеств единичного интервала (2 часа).
8. Нечеткие отношения. Понятие отношения. Определение нечеткого отношения. Операции над нечеткими отношениями. Композиция нечетких отношений (2 часа).
9. Свойства нечетких отношений. Декомпозиция нечетких отношений. Транзитивное замыкание нечеткого бинарного отношения (2 часа).
10. Классификация нечетких отношений. Некоторые специальные типы нечетких отношений. Нечеткие отношения порядка. Нечеткие отношения подобия. Приложения теории нечетких отношений к анализу систем (3 часа).
11. Элементы теории приближенных рассуждений. Четкие рассуждения. Композиционное правило вывода (2 часа).
12. Приближенные рассуждения на основе modus ponens. Приближенные рассуждения на основе modus tollens (2 часа).
13. Формализация логических связей. Треугольные нормы. Отрицания. Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели (2 часа).
14. Алгоритмы нечеткого логического вывода (2 часа).
15. Приближенные рассуждения в прикладных задачах. Основные понятия теории управления. Основные идеи нечеткого управления. Ограничения на применение нечеткой логики (2 часа).

### ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

1. Знакомство с прикладными программами, использующими нечеткие множества. Пакет FuziCalc (2 часа).
2. Построение функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного и группы экспертов (6 часов).

3. Нечеткая арифметика. Арифметические операции над нечеткими числами L-R типа. Арифметические операции с использованием  $\alpha$ -уровневого принцип обобщения Заде (6 часов).
4. Применение теории нечетких отношений к кластерному анализу («нечеткое» сравнение строк и распознавание образов) (6 часов).
5. Проектирования систем нечеткого вывода. Аппроксимация функций с применением нечеткого логического вывода (5 часов).

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

- Практическая работа №1.** Основы теории нечетких множеств (2 часа).  
**Практическая работа №2.** Методы настройки функций принадлежности (2 часа).  
**Практическая работа №3.** Математика нечетких чисел (2 часа).  
**Практическая работа №4.** Нечеткие отношения (2 часа).  
**Практическая работа №5.** Элементы теории приближенных рассуждений (1 час).

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- информационно-развивающие технологии;
- развивающие проблемно-ориентированные технологии;
- личноно 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:  $\tilde{A} \cap \tilde{D} \cup \tilde{C}$ ,  $\tilde{A} / \tilde{C} \cup \tilde{D}$ ,  $\bar{\tilde{A}} \cap \tilde{C} \cup \tilde{B}$ ,  $(\tilde{A} / \bar{\tilde{B}}) \cap \tilde{C}$ ,  $(\tilde{B} \cap \tilde{D}) \times \tilde{C}$ .

2. Дефаззифицировать:

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

$\tilde{D}$  - по методу медиан.

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

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

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

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

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

Задания:

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

2. Дефаззифицировать:

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

$\tilde{C}$  - по методу медиан.

3. Декомпозировать нечеткое множество:  $\tilde{A}$ ,  $\tilde{D}$ .

4. Вычислить расстояние между нечеткими множествами:

$\tilde{A}$  и  $\tilde{C}$ , используя Евклидову метрику;

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

5. Оценить степень нечеткости множества  $\tilde{A}$  через энтропию, и через метрический подход ( $\xi(\tilde{A}) = 2\varepsilon(\tilde{A}, \check{\tilde{A}})$ ).
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, описывающей 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
$x_2$	-	-	18	12	10	5
$x_3$	-	-	-	19	21	1
$x_4$	-	-	-	-	14	3
$x_5$	-	-	-	-	-	3
$x_6$	-	-	-	-	-	-

Эксперт 2	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_1$	-	2	6	8	10	1
$x_2$	-	-	7	4	1	7
$x_3$	-	-	-	6	2	3
$x_4$	-	-	-	-	2	3
$x_5$	-	-	-	-	-	4
$x_6$	-	-	-	-	-	-

Эксперт 3	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_1$	-	2	14	2	2	5
$x_2$	-	-	11	8	6	8
$x_3$	-	-	-	2	7	7
$x_4$	-	-	-	-	14	9
$x_5$	-	-	-	-	-	11
$x_6$	-	-	-	-	-	-

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  $\tilde{y} = \tilde{x}_2 / \tilde{x}_1$  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. « $\circ$ » – max-min композиция;

1.2. « $\circ$ » – min-max композиция;

1.3. « $\circ$ » – max- $\times$  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. Декомпонировать 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.

### Вопросы к экзамену

- Понятие нечеткого множества. Основные определения.
- Операции над нечеткими множествами. Свойства операций над нечеткими множествами.
- Подмножества  $\alpha$  - уровня. Декомпозиция нечетких множеств. Синтез нечетких множеств из семейства обычных множеств.
- Методы дефаззификации нечетких множеств.
- Расстояние между нечеткими множествами.
- Измерение степени нечеткости нечетких множеств.
- Понятие лингвистической переменной.
- Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта.
- Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для группы экспертов.
- Нечеткие числа. Математика нечетких чисел. Нечеткие числа L-R типа. Арифметические операции с нечеткими числами L-R типа.
- Математика нечетких чисел. Принцип обобщения Заде.
- Математика нечетких чисел.  $\alpha$ -уровневый принцип обобщения Заде.
- Математика нечетких чисел. Дополнительное вычитание. Дополнительное деление.
- Нечеткие уравнения.
- Математика нечетких чисел. Методы сравнения нечетких чисел.
- Нечеткие отношения. Понятие нечеткого отношения. Основные определения. Операции над нечеткими отношениями. Композиция нечетких отношений.
- Нечеткие отношения. Свойства нечетких отношений. Классификация нечетких отношений. Классы эквивалентности.
- Элементы теории приближенных рассуждений. Композиционное правило вывода.
- Элементы теории приближенных рассуждений. Приближенные рассуждения на основе modus ponens. Приближенные рассуждения на основе modus tollens.
- Элементы теории приближенных рассуждений. Формализация логических связей.
- Треугольные нормы. Отрицания. Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели.
- Элементы теории приближенных рассуждений. Нечеткие логические выводы. Основные этапы.
- Элементы теории приближенных рассуждений. Алгоритмы нечетких логических выводов. Алгоритмы Mamdani и Larsen, Sugeno, Tsukamoto и упрощенный алгоритм нечеткого вывода.
- Элементы теории приближенных рассуждений. Нисходящие нечеткие выводы. Условия применения систем, основанных на нечеткой логике.
- Элементы теории приближенных рассуждений. Основные идеи нечеткого управления.

### 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. Приближенное рассуждение. Нечеткий логический вывод.

#### 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.	47
Подготовка к проверочным работам	30
Выполнение домашних заданий, подготовка к лабораторным занятиям	40
Итого	117

#### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Теория и методы разработки управленческих решений. Поддержка принятия решений с элементами нечеткой логики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ О.Н. Лучко [и др.]– Электрон. текстовые данные.– Омск: Омский государственный институт сервиса, 2012.– 110 с.
2. Нечеткие задачи в математическом моделировании [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе/ – Электрон. текстовые данные.– Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.– 22 с.
3. Анджей Пегат Нечеткое моделирование и управление [Электронный ресурс]/ Анджей Пегат– Электрон. текстовые данные.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.– 798 с.

б) дополнительная литература:

1. Гетманова А.Д. Классическая и неклассические логики – необходимый компонент науки и современного образования [Электронный ресурс]: научно-методическое пособие для аспирантов всех специальностей/ Гетманова А.Д.– Электрон. текстовые данные.– М.: Московский городской педагогический университет, 2010.– 96 с.
2. Рутковская, Данута. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : [научное издание] : 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.

3. 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»

в) 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 необходимо 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 телетрафика 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> - Древоподобный 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://algolist.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 (МОДУЛЯ)**

Лекционные аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением, аудитории вычислительного центра.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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

Рецензент

(представитель работодателя) \_\_\_\_\_

(место работы, должность, ФИО, подпись)

директор ООО "Экс Сервис"

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11А от 17.04.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Протокол № 11А от 17.04.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 19-20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 02.09.19 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2020-2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.2020 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_