

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

Институт прикладной математики, физики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

_____ К.С. Хорьков

_____ 08 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

направление подготовки / специальность

_____ 02.03.01 Математика и компьютерные науки
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

_____ Математические методы в экономике и финансах
(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Нечеткие множества в управлении и принятии решений» является познакомить студентов, обучающихся по направлению «Математика и компьютерные науки», 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 принятий 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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Нечёткие множества в управлении и принятии решений» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 Дисциплины (модули) учебного плана.

Изучение данной дисциплины проходит в восьмом семестре и опирается на результатах изучения дисциплин «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Основы программирования», «Дискретная математика и математическая логика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Численные методы», «Теория риска и моделирование рискованных ситуаций» и др.

Для успешного освоения курса студенты должны: знать основы теории множеств, математической логики, иметь представление о формальных языках, уметь применять языки программирования и прикладные математические пакеты в решении профессиональных задач.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-4. Способен находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением	ОПК-4.1. Знает базовые основы современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности.	Знать: – базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук. Уметь: – использовать базовые знания из области математических и (или) естественных наук в профессиональной деятельности.	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам.

современных вычислительных систем	ОПК-4.2. Умеет использовать этот математический аппарат в профессиональной деятельности. ОПК-4.3. Владеет практическим опытом применения современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности.	Владеть: – навыками выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.
ОПК-5. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-5.1. Знает принципы работы современных информационных технологий ОПК-5.2. Умеет использовать современные информационные технологии в профессиональной деятельности. ОПК-5.3. Владеет практическими навыками разработки ПО.	Знать: – расширенные знания в области математики; – математические основы, основные положения и концепции в области программирования; – архитектура языков программирования; – основная терминология в области программного обеспечения. Уметь: – осуществлять обоснованный выбор математических и компьютерных методов, а также необходимого программного обеспечения при решении задач профессиональной деятельности. Владеть: навыками применения данных методов и программного обеспечения при решении конкретных задач.	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.
ПК-3. Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов экономико-математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	ПК-3.1. Знает возможности современных и перспективных средств разработки программных продуктов и технических средств, типовые решения, используемые при разработке и реализации алгоритмов экономико-математических моделей в конкретной области экономической деятельности. ПК-3.2. Умеет использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения. ПК-3.3. Владеет навыками проведения маркетинговых исследований научно-технической информации и реализации алгоритмов экономико-математических моделей на базе современных языков программирования.	Знать: – принципы математического моделирования; – типовые (универсальные) математические модели, формулы, теоремы и методы, используемые в широком наборе областей применения прикладной математики. Уметь: – осуществлять обоснованный выбор адекватных поставленной задаче базовых математических моделей; – модифицировать базовые и (или) разрабатывать оригинальные математические модели в соответствии со спецификой поставленной задачи моделирования. Владеть: – навыками выполнения математического моделирования от анализа постановки задачи до анализа результатов.	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам. Контрольные вопросы к рейтинг-контролю и промежуточной аттестации.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 ч.

Тематический план, форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Основы теории нечетких множеств.	8	1-3	10	–	2	6	9	
2	Методы построения функций принадлежности.	8	3-4	6	–	4	6	12	рейтинг-контроль №1
3	Математика нечетких чисел.	8	5-6	6	–	4	6	12	
4	Нечеткие отношения.	8	6-7	4	–	4	4	9	рейтинг-контроль №2
5	Элементы теории приближенных рассуждений.	8	8-9	10	–	4	8	12	рейтинг-контроль №3
Всего за 8 семестр:		8	9	36	–	18	–	54	Экзамен (36)
Итого по дисциплине		8	9	36	–	18	–	54	Экзамен (36)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Основы теории нечетких множеств.

- 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. (2 часа).
- Определение нечеткого множества. Отношение доминирования. Операции над нечеткими множествами. Графическое отображение операций над нечеткими множествами. Свойства операций над нечеткими множествами. (2 часа).
- Дополнительные операции с нечеткими множествами. Дефаззификация нечетких множеств. (2 часа).
- Подмножества α - уровня. Декомпозиция нечетких множеств. Синтез нечеткого подмножества посредством объединения обычных подмножеств (2 часа).
- Расстояние между нечеткими множествами. Измерение степени нечеткости множества: оценка нечеткости через энтропию, метрический подход, аксиоматический подход. Прочие подходы к определению степени нечеткости. (2 часа).

Раздел 2. Методы построения функций принадлежности.

- Методы построения функций принадлежности. Требования к функциям принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта. (2 часа).
- Прямые и косвенные методы для группы экспертов. (2 часа)
- Понятие лингвистической переменной. Методы построения терм множеств. (2 часа).

Раздел 3. Математика нечетких чисел.

- Нечеткие числа. Математика нечетких чисел. Арифметические операции над нечеткими числами (L-R)-типа. Нечеткая арифметика. Принцип обобщения Заде. α -уровневый принцип обобщения Заде. (2 часа).
- Нечеткие уравнения. Дополнительное вычитание. Дополнительное деление (2 часа).
- Методы сравнения нечетких чисел. Сравнение нечетких чисел на основе обобщенной операции “больше или равно“. Сравнение нечетких подмножеств единичного интервала. (2 часа).

Раздел 4. Нечеткие отношения.

- Нечеткие отношения. Понятие отношения. Определение нечеткого отношения. Операции над нечеткими отношениями. Композиция нечетких отношений Свойства нечетких отношений. Декомпозиция нечетких отношений. (2 часа).
- 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. (2 часа).

Раздел 5. Элементы теории приближенных рассуждений.

- Элементы теории приближенных рассуждений. Четкие рассуждения. Композиционное правило вывода (2 часа).
- Приближенные рассуждения на основе modus ponens. Приближенные рассуждения на основе modus tollens (2 часа).
- Формализация логических связей. Треугольные нормы. Отрицания. Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели (2 часа).
- Алгоритмы нечеткого логического вывода (2 часа).
- Приближенные рассуждения в прикладных задачах. Основные понятия теории управления. Основные идеи нечеткого управления. Ограничения на применение нечеткой логики (2 часа).

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. Основы теории нечетких множеств.

- Содержание лабораторных занятий:
 - Знакомство с прикладными программами, использующими нечеткие множества. Пакет FuziCalc (2 часа).

Раздел 2. Методы настройки функций принадлежности.

- Содержание лабораторных занятий:
 - Построение функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного и группы экспертов. (4 часов).

Раздел 3. Математика нечетких чисел.

- Содержание лабораторных занятий:
 - Нечеткая арифметика. Арифметические операции над нечеткими числами L-R типа. Арифметические операции с использованием α -уровневого принцип обобщения Заде. (4 часов).

Раздел 4. Нечеткие отношения.

- Содержание лабораторных занятий:
 - Применение теории нечетких отношений к кластерному анализу («нечеткое» сравнение строк и распознавание образов). (4 часов).

Раздел 5. Элементы теории приближенных рассуждений.

- Содержание лабораторных занятий:
 - Проектирования систем нечеткого вывода. Аппроксимация функций с применением нечеткого логического вывода (4 часов).

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

5.1. Текущий контроль успеваемости

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:

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

– Дефаззифицировать:

\tilde{B} - по методу центра тяжести;

\tilde{D} - по методу медиан.

– Декомпозировать нечеткое множество: \tilde{B} , \tilde{C} .

– Вычислить расстояние между нечеткими множествами:

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

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

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

– 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:

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

– Дефаззифицировать:

\tilde{A} - по методу центра тяжести;

\tilde{C} - по методу медиан.

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

– Вычислить расстояние между нечеткими множествами:

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

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

– Оценить степень нечеткости множества \tilde{A} через энтропию, и через метрический подход ($\xi(\tilde{A}) = 2\varepsilon(\tilde{A}, \tilde{A}^{\vee})$).

– 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_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 нечетное 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 ₁	x ₂	x ₃
x ₁	0,3	0,6	0,2
x ₂	1	0,2	0,7
x ₃	0	0,8	0,1

4. Декомпонировать нечетное отношение R₁:

R ₁	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
x ₁	0,2	0,5	0,7	0,3	0,7
x ₂	1	0,4	0,3	0,4	0,6
x ₃	0	0,6	0,5	0,2	0,6
x ₄	0,3	0,5	0,7	1	0,5
x ₅	1	0,3	0,4	0,2	0,3

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

R	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
x ₁	0,2	0,5	0,7	0,3	0,7
x ₂	1	0,4	0,3	0,4	0,6
x ₃	0	0,6	0,5	0,2	0,6
x ₄	0,3	0,5	0,7	1	0,5
x ₅	1	0,3	0,4	0,2	0,3

Контрольные вопросы к рейтинг-контролю №3

1. Описать нечеткую экспертную систему, включая лингвистические переменные описывающие входы и выходы системы, нечеткую базу знаний, как логико-лингвистическое описание системы. Привести графический пример реализации нечеткого вывода для определенного набора входных значений.
Предметная область: управление мобильным роботом.

Цель: Как можно быстрее прибыть в место назначения. При движении обходить препятствия.

При составлении БЗ использовать понятия: дистанция до препятствия, положение препятствия, направление движения, скорость движения, дистанция до места назначения.

2. Описать нечеткую экспертную систему, включая лингвистические переменные описывающие входы и выходы системы, нечеткую базу знаний, как логико-лингвистическое описание системы. Привести графический пример реализации нечеткого вывода для определенного набора входных значений.

Предметная область: регулирование дорожного движения на перекрестке улиц СЮ-ЗВ.

Задача: избежать заторов (количество машин не прошедших перекресток по обоим улицам должно быть минимальным).

При составлении БЗ использовать понятия: количество машин на улице СЮ, количество машин на улице ЗВ, время движения улицы СЮ, время движения улицы ЗВ.

3. Описать нечеткую экспертную систему, включая лингвистические переменные описывающие входы и выходы системы, нечеткую базу знаний, как логико-лингвистическое описание системы. Привести графический пример реализации нечеткого вывода для определенного набора входных значений.

Предметная область: управление микроклиматом в помещении.

Задача: Поддерживать комфортные параметры температуры и влажности в помещении.

При составлении БЗ использовать понятия: подача теплого воздуха, подача холодного воздуха, подача сухого воздуха, подача влажного воздуха.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие нечеткого множества. Основные определения.
2. Операции над нечеткими множествами. Свойства операций над нечеткими множествами.
3. Подмножества α - уровня. Декомпозиция нечетких множеств. Синтез нечетких множеств из семейства обычных множеств.
4. Методы дефазификации нечетких множеств.
5. Расстояние между нечеткими множествами.
6. Измерение степени нечеткости нечетких множеств.
7. Понятие лингвистической переменной.
8. Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта.
9. Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы для группы экспертов.
10. Понятие Лингвистической переменной.
11. Нечеткие числа. Математика нечетких чисел. Нечеткие числа L-R типа. Арифметические операции с нечеткими числами L-R типа.
12. Математика нечетких чисел. Принцип обобщения Заде.
13. Математика нечетких чисел. α -уровневый принцип обобщения Заде.
14. Математика нечетких чисел. Дополнительное вычитание. Дополнительное деление. Нечеткие уравнения.
15. Математика нечетких чисел. Методы сравнения нечетких чисел.
16. Нечеткие отношения. Понятие нечеткого отношения. Основные определения. Операции над нечеткими отношениями. Композиция нечетких отношений.
17. Нечеткие отношения. Свойства нечетких отношений. Классификация нечетких отношений. Классы эквивалентности.
18. Элементы теории приближенных рассуждений. Композиционное правило вывода.
19. Элементы теории приближенных рассуждений. Приближенные рассуждения на основе modus ponens. Приближенные рассуждения на основе modus tollens.
20. Элементы теории приближенных рассуждений. Формализация логических связей. Треугольные нормы. Отрицания. Логико-лингвистическое описание систем, нечеткие модели.
21. Элементы теории приближенных рассуждений. Нечеткие логические выводы. Основные этапы.
22. Элементы теории приближенных рассуждений. Алгоритмы нечетких логических выводов. Алгоритмы Mamdani и Larsen, Sugeno, Tsukamoto и упрощенный алгоритм нечеткого вывода.
23. Элементы теории приближенных рассуждений. Нисходящие нечеткие выводы. Условия применения систем, основанных на нечеткой логике.
24. Элементы теории приближенных рассуждений. Основные идеи нечеткого управления.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) проработку учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе;
- 2) подготовку к практическим и лабораторным занятиям;
- 3) подготовку по всем видам контрольных мероприятий, в том числе к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

Темы для самостоятельной работы студентов

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 рассуждение. Нечеткий логический вывод.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
Седова, Н. А. Теория нечетких множеств : учебное пособие / Н. А. Седова, В. А. Седов. – Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. – 421 с. – ISBN 978-5-4497-0196-1.	2019	http://www.iprbookshop.ru/86526.html
Седова, Н. А. Нечеткие отношения : учебное пособие / Н. А. Седова. – Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 60 с. – ISBN 978-5-4486-0068-5.	2018	http://www.iprbookshop.ru/69296.html
Яхьяева, Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети : учебное пособие / Г. Э. Яхьяева. – Москва, Саратов : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Вузовское образование, 2017. – 320 с. – ISBN 978-5-4487-0079-8.	2017	http://www.iprbookshop.ru/67390.html
Интеллектуальные системы и нечеткая логика : учебник / В.П. Корячко, М.А. Бакулева, В.И. Орешков. - М.: КУРС, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-906923-39-4.	2017	http://znanium.com/catalog/product/882796
Дополнительная литература		
Соловьев, В. В. Основы нечеткого моделирования в среде Matlab : учебное пособие / В. В. Соловьев, В. В. Шадрина, Е. А. Шестова. – Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2015. – 99 с. – ISBN 2227-8397.	2015	http://www.iprbookshop.ru/78689.html
Нечеткие задачи в математическом моделировании : методические указания к самостоятельной работе / составители И. А. Седых, В. А. Скопин. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. – 22 с. – ISBN 2227-8397.	2013	http://www.iprbookshop.ru/22896.html
Теория и методы разработки управленческих решений. Поддержка принятия решений с элементами нечеткой логики : учебное пособие / О. Н. Лучко, В. А. Маренко, Р. Р. Гирфанов, С. В. Мальцев. – Омск : Омский государственный институт сервиса, Омский государственный технический университет, 2012. – 110 с. – ISBN 978-5-93252-252-3.	2012	http://www.iprbookshop.ru/12704.html

6.2. Периодические издания

1. Журнал «Вестник Российской академии наук», ISSN 0869-5873
2. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий», ISSN 1810-7206.
3. «Информационные технологии» Ежемесячный теоретический и прикладной научно-технический журнал ISSN 1684-6400 Подписной индекс 72656
4. 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.
5. Журнал «Вестник Института экономики РАН»
6. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий»
7. Журнал «Вестник МГУ: экономика»
8. Журнал «Вестник Российского экономического университета им. Плеханова»
9. Журнал «Вестник финансового университета»
10. Журнал «Вопросы экономики»
11. Журнал «Вычислительные технологии»

6.3. Интернет-ресурсы

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 - 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 - 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 - 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://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.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе (100-3, 122б-3, 511б-3 или аналогичной аудитории в зависимости от сетки расписания).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

1. Прикладное программное обеспечение: Браузер; Adobe Reader; MS Word; MS Excel; MS PowerPoint и др.
2. Среда разработки MS Visual Studio или аналоги.
3. Прикладные математические пакеты: Maple; MathCad; MatLab и др.

Рабочую программу составил
Доцент каф. ФиПМ, к.т.н. Абрахин С.И. _____

Рецензент (представитель работодателя)
Зам. директора по развитию ООО «Баланс» Кожин А.В. _____

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и прикладной математики
Протокол № 1 от 30.08.2021 года
Заведующий кафедрой ФиПМ _____ Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 02.03.01 Математика и компьютерные науки
Протокол № 1 от 30.08.2021 года
Председатель комиссии _____ Бурков В.Д.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____