

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Системотехника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«М 1.3.1.1 Нечеткое математическое программирование»

направления подготовки

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Магистерская программа «Автоматизированные системы

обработки информации и управления»

квалификация (степень) выпускника: магистр

форма обучения – очная

курс – 1

семестр – 1

зачетных единиц – 7

часов в неделю – 2

всего часов – 252,

в том числе:

лекции – 14

коллоквиумы – 4

практические занятия – 18

лабораторные занятия – не предусмотрены

самостоятельная работа – 216

зачет – не предусмотрен

экзамен – 1 семестр

РГР – не предусмотрена

курсовая работа – 1 семестр

курсовой проект – не предусмотрен

1. Цели и задачи дисциплины

Учебная дисциплина «Нечеткое математическое программирование» реализует требования федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Основной целью дисциплины является формирование у студентов знаний в области решения задач управления и планирования при нечетко заданной информации или в условиях неопределенности, приобретение навыков постановки и решения конкретных задач, встречающихся на практике принятия решений.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к блоку М.1.3 Дисциплины по выбору.

Знания, приобретенные в курсе «Нечеткое математическое программирование» могут быть использованы в дисциплине М.1.3.3.2 «Модели представления знаний в интеллектуальных системах», в дальнейшем при выполнении программы магистерской подготовки, при научно-исследовательской работе, а также в профессиональной деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

1. знание методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности (ПК-3);
2. способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации (ПК-12).

Магистрант должен знать:

- методы оптимизации, включая основные понятия и модели теории нечетких множеств и нечеткой логики (ПК-3);
- методику синтеза и принципы построения систем с нечетко заданными параметрами различной структуры при решении задач профессиональной деятельности (ПК-12).

Магистрант должен уметь:

- осуществлять постановку задачи с нечеткими параметрами, строить ее математическую модель, определять класс, к которому относится данная задача, и находить эффективные методы ее решения (ПК-3);

- проводить анализ предметной области и определять задачи, для решения которых целесообразно использование нечеткой логики и нечеткого управления (ПК-12).

Магистрант должен владеть:

- методами оптимизации, включая понятия и модели теории нечетких множеств и нечеткой логики (ПК-3);
- навыками решения задач с нечеткими параметрами на ЯВУ или с помощью ППП Matlab (ПК-12).

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

| № модуля | № недели | № темы | Наименование темы | Часы | | | | |
|----------|----------|--------|--|-------|----------------|--------------|--------------|-----|
| | | | | Всего | Лекции и колл. | Лабораторные | Практические | СРС |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1-2 | 1 | Нечеткие множества как способы формализации нечеткости | 64 | 2 | - | 2 | 60 |
| 1 | 3-6 | 2 | Нечеткие отношения | 68 | 4 | - | 4 | 60 |
| 1 | 7-10 | 3 | Нечеткие числа | 36 | 4 | - | 2 | 30 |
| 2 | 11-12 | 4 | Нечеткая логика и нечеткий вывод | 42 | 2 | - | 10 | 30 |
| 2 | 13-18 | 5 | Нечеткие алгоритмы | 42 | 6 | - | - | 36 |
| Всего | | | | 252 | 18 | - | 18 | 216 |

5. Содержание лекционного курса

| № темы | Всего часов | № лекции | Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции | Учебно-методическое обеспечение |
|--------|-------------|----------|---|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 2 | 1 | Нечеткие множества. Основные определения. Принцип обобщения. Виды области значений функции принадлежности. Гетерогенные нечеткие множества. Нечеткие операторы. Аксиоматический подход к определению показателя размытости нечеткого множества. Метрический подход к определению показателя размытости нечетких множеств. Связь показателя размытости с алгебраическими свойствами решетки нечетких множеств. Нечеткие меры. Супераддитивные меры. Субаддитивные меры. Нечеткие интегралы. Применение нечетких мер и интегралов для | 1, 3, 4, 14 «1.1. Лекции» |

| | | | | |
|---|---|-----|--|------------------------------|
| | | | решения слабо структурированных задач. | |
| 2 | 2 | 2 | Нечеткие отношения. Основные определения. Операции над нечеткими отношениями. Свойства нечетких отношений. Декомпозиция нечетких отношений. Транзитивное замыкание нечетких отношений. Проекция нечетких отношений. Классы нечетких отношений. Отношения сходства и различия. Задачи нечеткой классификации. Порядки и слабые порядки. Задачи нечеткого упорядочения. | 1, 3, 4, 14 «1.1. Лекции» |
| 2 | 2 | 3 | Типы шкал. Методы измерений. Методы проведения групповой экспертизы. Классификация методов построения функции принадлежности. Прямые методы для одного эксперта. Косвенные методы для одного эксперта. Прямые методы для группы экспертов. Косвенные методы для группы экспертов. Методы построения терм-множеств. | 1, 3, 4, 14 «1.1. Лекции» |
| 3 | 2 | 4 | Нечеткие числа и операции над ними. Основные определения. Нечеткие треугольные числа. Четкие арифметики нечетких треугольных чисел. Размытые арифметики нечетких треугольных чисел. | 1, 3, 4, 14 «1.1. Лекции» |
| 4 | 2 | 5 | Нечеткая логика. Операции отрицания. Операции конъюнкции и дизъюнкции. Лингвистическая нечеткая логика. Понятие лингвистической переменной. Лингвистические переменные истинности. Логические связки в нечеткой лингвистической логике. Значения истинности НЕИЗВЕСТНО и НЕ ОПРЕДЕЛЕНО. Теория приближенных рассуждений. Композиционное правило вывода. Правило modus ponens как частный случай композиционного правила вывода. Нечеткие экспертные системы. | 1-4, 14 «1.1. Лекции» |
| 5 | 4 | 6-7 | Определение нечеткого алгоритма. Способы выполнения нечетких алгоритмов. Представление нечеткого алгоритма в виде графа. Алгоритмы обучения. Модели нечеткого математического программирования. Модели нечеткой ожидаемой полезности. Нечеткие модели коллективных решений. Нечеткие модели многокритериальных задач. Динамические модели принятия решения. Лингвистические модели принятия решений. | 1, 3, 4, 14 «1.1. Лекции» |

6. Содержание коллоквиумов

В рамках проведения коллоквиумов предлагается подготовить устный доклад по предложенной теме.

| № темы | Всего часов | № коллоквиума | Тема коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на коллоквиуме | Учебно-методическое обеспечение |
|--------|-------------|---------------|--|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 2 | 1 | Области применения нечеткой арифметики. | 3, 13 |
| 5 | 2 | 2 | Области применения нечетких алгоритмов. | 3 |

7. Перечень практических занятий

| № темы | Всего часов | Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии | Учебно-методическое обеспечение |
|--------|-------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 2 | Нечеткие множества и операции над ними | 6, 14 «2.1. МУ по проведению практических занятий» |
| 2 | 4 | Нечеткие отношения | 6, 14 «2.1. МУ по проведению практических занятий» |
| 3 | 2 | Нечеткие числа и операции над ними | 6, 14 «2.1. МУ по проведению практических занятий» |
| 4 | 4 | Нечеткая кластеризация | 6, 14 «2.1. МУ по проведению практических занятий» |
| 4 | 6 | Моделирование нечеткого управления | 6, 14 «2.1. МУ по проведению практических занятий» |

Отчет по практической работе должен содержать тему, краткую теоретическую и развернутую практическую части, с подробными комментариями ко всем этапам моделирования, объем не менее 4 страниц.

8. Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

9. Задания для самостоятельной работы студентов

Текущая самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине «Нечеткое математическое программирование», направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие практических умений, включает в себя следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам, вынесенным на самостоятельную проработку;

- подготовка к коллоквиумам, практическим занятиям, курсовой работе и экзамену.

| № темы | Всего Часов | Вопросы для самостоятельного изучения (задания) | Учебно-методическое обеспечение |
|--------|-------------|--|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 28 | Два основных подхода к формализации нечеткости. Виды областей значений функций принадлежности. Гетерогенные нечеткие множества. Виды областей определения функций принадлежности. | 1, 3, 6 |
| 1 | 32 | Основные виды показателей размытости. Аксиоматический подход к определению показателей размытости нечетких множеств (НМ). Метрический подход к определению показателей размытости НМ. Связь показателя размытости с алгебраическими свойствами решетки НМ. Другие подходы к определению показателей размытости. | 1, 3, 6 |
| 2 | 32 | Нечеткие операторы. Определение нечетких отношений. Операции над нечеткими отношениями. Свойства нечетких отношений. Декомпозиция нечетких отношений. Транзитивное замыкание нечетких отношений. Классификация нечетких отношений. Отношения сходства и различия. Порядки и слабые порядки. Приложения теории нечетких отношений к анализу систем. | 1, 3, 4, 6 |
| 2 | 28 | Нечеткие меры. Особенности аппроксимации нечетких мер. Нечеткие интегралы. Применение нечетких мер и интегралов. | 1, 3, 4, 6 |
| 3 | 30 | Свойства нечетких чисел. Нечеткие числа ($L-R$)-типа. Решение уравнений с нечеткими числами. Некоторые области применения нечеткой арифметики. Логико-лингвистическое описание сложных систем и ($L-R$)-аппроксимация. Методы точной интерпретации. Особенности лингвистической аппроксимации. | 1, 3, 4, 6 |
| 4 | 30 | Обратная задача для нечетких отношений. Специальная нечеткая логика. Многозначные и нечеткозначная логики. Теория приближенных рассуждений. Анализ методов приближенных рассуждений. | 1, 3, 6 |
| 5 | 36 | Определение нечеткого алгоритма. Способы выполнения нечетких алгоритмов. Представление нечеткого алгоритма в виде графа. Алгоритмы обучения. Модели нечеткого математического программирования. Модели нечеткой ожидаемой полезности. Нечеткие модели коллективных решений. Нечеткие модели многокритериальных | 1, 3, 6 |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | задач. Динамические модели принятия решения. Лингвистические модели принятия решений. | |
|--|--|--|--|

10. Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом.

11. Курсовая работа

Темы курсовых работ назначаются с учетом задания на научно-исследовательскую работу магистранта. Таким образом, чтобы ее содержание было составной частью выпускной работы магистранта.

Иначе в рамках курсовой работы предлагается реализовать стратегию нечеткого управления, построив базу нечетких правил для системы с несколькими входами и одним выходом.

Целью выполнения курсовой работы является практическое использование систем нечеткого вывода для решения задач управления различными объектами или процессами [14].

Варианты заданий:

1. Разработать систему нечеткого вывода для управления кондиционером воздуха в помещении.

2. Разработать нечеткую модель управления контейнерным краном, который предназначен для транспортировки моноблочных контейнеров при выполнении разгрузочных работ морских судов.

3. Объект регулирования представляет собой бак, в который одновременно втекает и вытекает вода. Задача регулирования состоит в выборе таких положений вентиля, которые обеспечили бы поддержание заданного уровня воды в баке. Объект является нелинейным, так как расход воды пропорционален квадрату высоты столба жидкости в баке. Разработать нечеткую модель управления с двумя входами: разница между требуемым и текущим уровнями воды и скорость изменения этой разницы.

4. Разработать нечеткую модель управления для управления теннисной ракеткой при жонглировании шариком.

5. Задача оценивания финансовой состоятельности клиентов при предоставлении банковских кредитов на строительство недвижимости под залог.

6. Разработать нечеткую модель управления электроприводом постоянного тока подчиненного регулирования на базе управляемого выпрямителя.

7. Разработать нечеткую модель управления артиллерийским огнем. Входные переменные: расстояние до цели, скорость ветра, угол наклона позиции, скорость цели.

Курсовая работа должна содержать обзорную часть проблемы, иметь четкую постановку задачи, содержать теоретические исследования проблемы и материалы моделирования.

Требования к оформлению работы: полуторный интервал, 14 кегль, цитирование и сноски в соответствии с принятыми стандартами, правильность грамматики, орфографии, синтаксиса.

12. Курсовой проект

Курсовой проект не предусмотрен учебным планом.

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Нечеткое математическое программирование» должны быть сформированы профессиональные компетенции ПК-3, ПК-12.

Уровни освоения компетенции

| | |
|----------------|---|
| Индекс ПК-3 | Формулировка: Знание методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности |
|----------------|---|

| Ступени уровней освоения компетенции | Отличительные признаки | Технологии формирования | Средства и технологии оценки |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Пороговый (удовлетворительный) | <p>Знает: в неполном объеме методы оптимизации, включая основные понятия и модели нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Умеет: в неполной мере применять методы оптимизации при решении задач профессиональной деятельности, в том числе на основе нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Владеет: в неполном объеме методами оптимизации, включая нечеткое математическое</p> | Лекции, коллоквиумы, лабораторные занятия, КР | Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись затруднения при ответе на дополнительные вопросы; не менее 60% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; не вполне законченные выводы в ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене |

| | | | |
|----------------------|--|--|--|
| | программирование и теорию нейронных сетей | | |
| Продвинутый (хорошо) | <p>Знает: с отдельными пробелами методы оптимизации, включая основные понятия и модели нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Умеет с незначительными пробелами применять методы оптимизации при решении задач профессиональной деятельности, в том числе на основе нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Владеет: с отдельными пробелами методами оптимизации, включая нечеткое математическое программирование и теорию нейронных сетей</p> | | <p>Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись небольшие неточности при ответе на дополнительные вопросы; не менее 75% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; имеются негрубые ошибки или неточности при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене</p> |
| Высокий (отлично) | <p>Знает: в полном объеме методы оптимизации, включая основные понятия и модели нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Умеет: в полной мере применять методы оптимизации при решении задач профессиональной деятельности, в том числе на основе нечеткого математического программирования и</p> | | <p>Лабораторные работы и КР выполнены без замечаний, студент свободно отвечает на дополнительные вопросы; не менее 90% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; студент умеет оперировать специальными терминами, использует в ответе дополнительный материал, иллюстрирует</p> |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | теории нейронных сетей Владеет: системными знаниями методов оптимизации, включая нечеткое математическое программирование и теорию нейронных сетей | | теоретические положения практическими примерами при ответе на экзаменационные вопросы |
|--|---|--|---|

Уровни освоения компетенции

| | |
|--------------|---|
| Индекс ПК-12 | Формулировка: Способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации |
|--------------|---|

| Ступени уровней освоения компетенции | Отличительные признаки | Технологии формирования | Средства и технологии оценки |
|--------------------------------------|--|---|--|
| Пороговый (удовлетворительный) | Знает: в неполном объеме методы и алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации Умеет: в неполной мере применять методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации Владеет: в неполном объеме методами и алгоритмами решения задач управления и проектирования объектов автоматизации | Лекции, коллоквиумы, лабораторные занятия, КР | Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись затруднения при ответе на дополнительные вопросы; не менее 60% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; не вполне законченные выводы в ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене |
| Продвинутый (хорошо) | Знает: с отдельными пробелами методы и алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации | | Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись небольшие неточности при ответе на дополнительные |

| | | | |
|-------------------|---|--|--|
| | <p>Умеет: с незначительными пробелами применять методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> <p>Владеет: с отдельными пробелами методами и алгоритмами решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> | | <p>вопросы; не менее 75% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; имеются негрубые ошибки или неточности при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене</p> |
| Высокий (отлично) | <p>Знает: в полном объеме методы и алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> <p>Умеет: в полной мере применять методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> <p>Владеет: системными знаниями методов и алгоритмов решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> | | <p>Лабораторные работы и КР выполнены без замечаний, студент свободно отвечает на дополнительные вопросы; не менее 90% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; студент умеет оперировать специальными терминами, использует в ответе дополнительный материал, иллюстрирует теоретические положения практическими примерами при ответе на экзаменационные вопросы</p> |

Практические работы считаются успешно выполненными в случае предоставления в конце занятий, отведенных на выполнение этой работы, отчета, включающего тему, ход работы, соответствующие рисунки и подписи (при наличии), и ответе на вопросы (защите) по теме работы. Шкала оценивания – «зачтено» / «не зачтено». «Зачтено» за практическую работу ставится в случае, если она полностью и правильно выполнена, и при этом

обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Не зачтено» ставится в случае, если практическая работа выполнена неверно и/или не полностью, и она возвращается студенту на доработку, а затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

Курсовая работа считается успешно выполненной в случае предоставления отчета. Задание и требования к отчету соответствуют пункту 11 рабочей программы. Оценивание отчетов проводится по принципу «отлично» / «хорошо» / «удовлетворительно» / «неудовлетворительно». Положительная оценка выставляется по содержанию и уровню выполнения работы и только в случае, если отчет оформлен в соответствии с критериями:

- правильность оформления отчета;
- раскрытие/проработанность темы курсовой работы;
- количество использованных литературных источников.

В случае если какой-либо из критериев не выполнен, выставляется оценка «неудовлетворительно», и отчет возвращается на доработку, а затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

В конце семестра обучающийся письменно отвечает на тестовые задания, содержащие вопросы по изученному материалу. Оценивание тестовых заданий проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». В качестве критериев оценивания используется количество правильных ответов. При ответе более чем, на 60 % вопросов выставляется «зачтено», в случае меньшего количества правильных ответов ставится «не зачтено».

К экзамену по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- предоставлении и защите отчетов по всем практическим занятиям;
- предоставлении и защите отчета по курсовой работе;
- успешном написании тестовых заданий.

Экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 вопроса из перечня «Вопросы для экзамена». Оценивание проводится по принципу «отлично» / «хорошо» / «удовлетворительно» / «неудовлетворительно».

«Отлично» ставится при правильном, полном и логично построенном ответе, умении оперировать специальными терминами, использовании в ответе дополнительного материала, иллюстрировании теоретического положения практическим материалом. «Хорошо» ставится, если при ответе имеются негрубые ошибки или неточности. В случае затруднения в использовании практического материала и не вполне законченных выводов или обобщений в ответе, ставится оценка «удовлетворительно».

«Неудовлетворительно» ставится при схематичном неполном ответе и неумении оперировать специальными терминами или их незнании.

Вопросы для зачета

Зачет учебным планом не предусмотрен.

Вопросы для экзамена

1. Нечеткие множества. Основные определения.
2. Принцип обобщения.
3. Виды области значений функции принадлежности.
4. Гетерогенные нечеткие множества.
5. Нечеткие операторы.
6. Аксиоматический подход к определению показателя размытости нечеткого множества. Метрический подход к определению показателя размытости нечетких множеств.
7. Нечеткие меры. Супераддитивные меры. Субаддитивные меры.
8. Нечеткие интегралы. Применение нечетких мер и интегралов для решения слабо структурированных задач.
9. Нечеткие отношения. Основные определения.
10. Операции над нечеткими отношениями.
11. Свойства нечетких отношений.
12. Декомпозиция нечетких отношений.
13. Транзитивное замыкание нечетких отношений.
14. Проекция нечетких отношений.
15. Классы нечетких отношений.
16. Отношения сходства и различия. Задачи нечеткой классификации.
17. Порядки и слабые порядки. Задачи нечеткого упорядочения.
18. Типы шкал. Методы измерений. Методы проведения групповой экспертизы.
19. Классификация методов построения функции принадлежности.
20. Прямые методы для одного эксперта. Косвенные методы для одного эксперта.
21. Прямые методы для группы экспертов. Косвенные методы для группы экспертов.
22. Методы построения терм-множеств.
23. Нечеткие числа и операции над ними. Основные определения.
24. Нечеткие треугольные числа.
25. Четкие арифметики нечетких треугольных чисел. Размытые арифметики нечетких треугольных чисел.
26. Нечеткая логика. Операции отрицания. Операции конъюнкции и дизъюнкции.
27. Лингвистическая нечеткая логика. Понятие лингвистической переменной. Теория приближенных рассуждений.
28. Композиционное правило вывода. Правило *modus ponens* как частный случай композиционного правила вывода.
29. Нечеткие экспертные системы.
30. Определение нечеткого алгоритма. Способы выполнения нечетких алгоритмов.
31. Представление нечеткого алгоритма в виде графа.
32. Алгоритмы обучения.

33. Модели нечеткого математического программирования.
34. Модели нечеткой ожидаемой полезности.
35. Нечеткие модели коллективных решений.
36. Нечеткие модели многокритериальных задач.
37. Динамические модели принятия решения.
38. Лингвистические модели принятия решений.

Тестовые задания по дисциплине

1. Любая **нечеткая переменная** характеризуется тройкой $\langle x, U, X \rangle$, где x — название переменной, U — универсальное множество, X - представляет собой?
 - a) четкое подмножество множества U , представляющее собой нечеткое ограничение на значение переменной $u \in U$, обусловленное x
 - b) нечеткое подмножество множества U , представляющее собой четкое ограничение на значение переменной $u \in U$, обусловленное x
 - c) нечеткое подмножество множества U , представляющее собой нечеткое ограничение на значение переменной $u \in U$, обусловленное x
 - d) четкое подмножество множества U , представляющее собой четкое ограничение на значение переменной $u \in U$, обусловленное x
2. Дополнительные условия операции инволюции:
 - a) $n(n(x)) \neq x$
 - b) $n(n(x)) = x$
 - c) $n(n(x)) = y$
 - d) $y \& n(x) = n(y)$
3. Элемент $s \in L$, удовлетворяющий условию $n(s) = s$, называется фиксированной точкой. Сколько фиксированных точек может быть на L ?
 - a) 2
 - b) 0
 - c) 1
 - d) 3
4. Отрицание называется разжимающим на L , если оно
 - a) разжимающее не более чем в одной точке множества L
 - b) является разжимающим хотя бы в одной точке множества L
 - c) является разжимающим в каждой точке множества L
 - d) сжимающее не более чем в одной точке множества L
5. Какое из условий является наиболее жестким ограничением на возможную форму операций Заде $\wedge = \min$ и $\vee = \max$
 - a) Монотонность: $x \leq z, y \leq u \Rightarrow x \wedge y \leq z \wedge u, x \vee y \leq z \vee u.$
 - b) Дистрибутивность:
 $x \wedge (y \vee z) = (x \wedge y) \vee (x \wedge z), \quad x \vee (y \wedge z) = (x \vee y) \wedge (x \vee z).$
 - c) Граничные условия: $x \wedge 1 = 1 \wedge x = x, \quad x \vee 0 = 0 \vee x = x.$

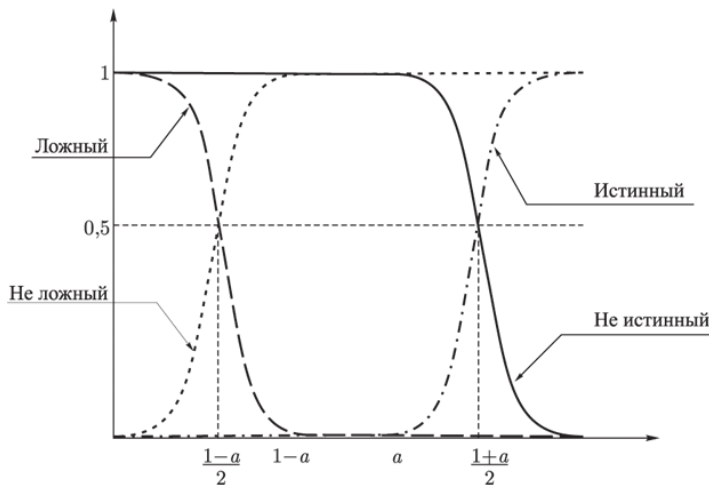
d) Коммутативность.

6. Переменная, принимающая значения из множества слов или словосочетаний некоторого естественного или искусственного языка называется

- a) нечеткой
- b) четкой
- c) лингвистической
- d) числовой

7. Первичный терм ИСТИННЫЙ является нечетким подмножеством интервала $V = [0, 1]$ с функцией принадлежности типа

$$\mu_{\text{ИСТИННЫЙ}}(u) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq u \leq a; \\ 2 \left(\frac{u-a}{1-a} \right)^2, & \text{если } a \leq u \leq \frac{1+a}{2}; \\ 1 - 2 \left(\frac{u-a}{1-a} \right)^2, & \text{если } \frac{1+a}{2} \leq u \leq 1, \end{cases}$$



для терма ЛОЖНЫЙ функция принадлежности имеет вид:

- a) $\mu_{\text{ложный}}(u) = \mu_{\text{истинный}}(1-u)$
- b) $\mu_{\text{ложный}}(u) = 1 - \mu_{\text{истинный}}(1-u)$
- c) $\mu_{\text{ложный}}(u) = 1 - \mu_{\text{истинный}}(u)$
- d) $\mu_{\text{ложный}}(u) = 1$

8. Обобщенное правило modus ponens (generalized modus ponens) имеет вид

| | |
|-------------|-------------------------------|
| Предпосылка | $A \rightarrow B$ |
| Событие | A^* |
| Вывод | $A^* \circ (A \rightarrow B)$ |

какие отличия от традиционной формулировки правила modus ponens оно имеет?

- a) A^* необязательно идентично A
- b) A, A^*, B — нечеткие множества
- c) A^* обязательно идентично A
- d) A^* - обязательно нечеткое множество, A, B – обязательно четкие множества.

9. Какому из этапов нечеткого вывода решения соответствует описание:
 «С помощью функций принадлежности всех термов входных лингвистических переменных и на основании задаваемых четких значений из универсумов входных лингвистических переменных определяются степени уверенности в том, что выходная лингвистическая переменная принимает конкретное значение»?
- этап непосредственного нечеткого вывода
 - этап композиции (агрегации, аккумуляции)
 - этап дефаззификации
 - этап фаззификации
10. Методы дефаззификации используемые для многоэкстремальных функций принадлежности:
- "центр тяжести"
 - "первый максимум"
 - "первый минимум"
 - "центр максимумов"
11. **Операцией отрицания на L** называется функция $n : L \rightarrow L$, удовлетворяющая следующим условиям:
- $n(0)=1, n(1)=0, x \leq y \Rightarrow n(y) \leq n(x)$
 - $n(0)=0, n(1)=1, x \leq y \Rightarrow n(y) \leq n(x)$
 - $n(0)=1, n(1) \neq 0, y \leq x \Rightarrow n(x) \leq n(y)$
 - $n(0)=1, n(1)=0, y \leq x \Rightarrow n(y) \leq n(x)$
12. Дополнительные условия операции обычного отрицания:
- $n(n(x)) \leq x$
 - $n(n(y)) = y$
 - $n(n(y)) = x$
 - $n(n(x)) \geq x$
13. Элемент x является иволютивным тогда и только тогда, если он
- одновременно сжимающий и разжимающий
 - либо сжимающий, либо разжимающий
 - сжимающий
 - разжимающий
14. Какая из приведенных ниже операций является операцией сильного произведения?
- $\perp_M(x, y) = \max \{x, y\}$
 - $T_P(x, y) = x \cdot y$
 - $T_D(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } (x, y) \in [0, 1) \times [0, 1); \\ \min(x, y), & \text{в противном случае.} \end{cases}$
 - $T_L(x, y) = \max \{0, x + y - 1\}$
15. Атомарным термом называется
- Терм, который состоит из нескольких слов

- b) Терм, который состоит из одного слова или из нескольких слов
 - c) Терм, который состоит из более чем одного термина
 - d) Терм, который состоит из одного слова или из нескольких слов, всегда фигурирующих вместе друг с другом
16. Какое правило отражает следующая схема рассуждений: A — высказывание "Джон в больнице", B — высказывание "Джон болен", то если истинны высказывания "Джон в больнице" и "Если Джон в больнице, то он болен", то истинно и высказывание "Джон болен"?
- a) modus tollens
 - b) modus ponens
 - c) логико-лингвистическое
 - d) метод полной интерпретации
17. Терм ИСТИННЫЙ $= f(x)$, тогда термом НЕ ИСТИННЫЙ будет интерпретироваться функция
- a) $f(1-x)$
 - b) $1-f(x)$
 - c) $1-x$
 - d) $1-f(x-1)$
18. На каком предположении основывается модель нечеткого вывода?
- a) все выходные лингвистические переменные имеют известные нам числовые значения
 - b) хотя бы одна входная лингвистическая переменная имеет известное нам числовое значение
 - c) все входные и выходные лингвистические переменные имеют известные нам числовые значения
 - d) все входные лингвистические переменные имеют известные нам числовые значения
19. Какому из этапов нечеткого вывода решения соответствует описание: «На основании набора правил — нечеткой базы знаний — вычисляется значение истинности для предпосылки каждого правила на основании конкретных нечетких операций, соответствующих конъюнкции или дизъюнкции термов в левой части правил»?
- a) этап непосредственного нечеткого вывода
 - b) этап композиции (агрегации, аккумуляции)
 - c) этап дефаззификации
 - d) этап фаззификации
20. При использовании метода центра максимумов **МОМ** (Mean Of Maximums) требуется найти:
- a) сумму элементов универсального множества, имеющих максимальные степени принадлежности
 - b) среднее арифметическое элементов универсального множества, имеющих максимальные степени принадлежности
 - c) произведение элементов универсального множества, имеющих максимальные степени принадлежности

- d) среднее геометрическое элементов универсального множества, имеющих максимальные степени принадлежности

21. Дополнительные условия операции строгого отрицания:

- a) $x < y \Rightarrow n(y) > n(x)$
- b) $x < y \Rightarrow n(y) < n(x)$
- c) $y < x \Rightarrow n(y) < n(x)$
- d) $y \leq x \Rightarrow n(y) < n(x)$

22. Дополнительные условия операции слабого отрицания (интуиционистского):

- a) $y \leq n(n(x))$
- b) $n(n(x)) \leq x$
- c) $x \leq n(n(x))$
- d) $y \&n(x) = n(y)$

23. Отрицание называется сжимающим на L , если оно

- a) сжимающее хотя бы в одной точке множества L
- b) сжимающее в каждой точке множества L
- c) сжимающее не более чем в одной точке множества L
- d) разжимающее не более чем в одной точке множества L

24. Определите каким является отрицание "Все, что не истина и не ложь, является неопределенностью"

$$n(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = 0; \\ c, & \text{если } x \notin \{0, 1\}; \\ 0, & \text{если } x = 1. \end{cases}$$

, если известно, что L содержит элементы, отличные от 0 и 1 .

- a) отрицание является разжимающим, обычным, ни слабым, с фиксированной точкой
- b) отрицание является сжимающим, ни обычным, ни слабым, с фиксированной точкой
- c) отрицание является разжимающим, ни обычным, слабым, без фиксированной точки
- d) отрицание является сжимающим, обычным, ни слабым, с фиксированной точкой

25. Какая из приведенных ниже операций является операцией вероятностной суммы?

- a) $\perp_p(x, y) = x + y - x \cdot y$
- b) $\perp_L(x, y) = \min \{1, x + y\}$
- c) $\perp_M(x, y) = \max \{x, y\}$
- d) $\perp_D(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } (x, y) \in (0, 1] \times (0, 1]; \\ \max(x, y), & \text{в противном случае.} \end{cases}$

26. Какие правила присущи лингвистической переменной?

- a) лингвистическое
- b) синтаксическое
- c) нечеткое
- d) семантическое

27. U — множество действительных чисел, а μ_A — функция, определенная на множестве целых чисел, причем $\mu_A(u) = 1$, если u четное, и $\mu_A(u) = 0$, если u нечетное. Тогда степень принадлежности числа $u = 1,5$ множеству A есть

- a) ноль
- b) пустое множество
- c) 1
- d) 0,5

28. Пусть U и V — два универсальных множества с базовыми переменными u и v , соответственно. Пусть A и F — нечеткие подмножества множеств U и $U \times V$. Тогда композиционное правило вывода утверждает, что из нечетких множеств A и F следует нечеткое множество $B = A \circ F$. Согласно определению композиции нечетких множеств, получим:

a) $\mu_B(v) = \bigvee_{u \in U} (\mu_A(u) \boxtimes \mu_F(u, v))$

b) $\mu_B(v) = \bigvee_{u \in U} (\mu_A(u) \boxtimes \mu_F(u, v))$

c) $\mu_B(v) = \bigvee_{u \in U} (\mu_A(u) \boxtimes \mu_F(u, v))$

d) $\mu_B(v) = \bigwedge_{u \in U} (\mu_A(u) \boxtimes \mu_F(u, v))$

29. Аппроксимация зависимости $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ каждой выходной лингвистической переменной от входных лингвистических переменных и получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием нечеткой базы знаний и нечетких операций называется:

- a) нечетким логическим выводом
- b) вероятностным выбором
- c) композиционным правилом вывода
- d) нечеткой импликацией

30. Какому из этапов нечеткого вывода решения соответствует описание:

«Все нечеткие множества, назначенные для каждого терма каждой выходной лингвистической переменной, объединяются вместе, и формируется единственное нечеткое множество — значение для каждой выводимой лингвистической переменной»?

- a) этап непосредственного нечеткого вывода
- b) этап композиции (агрегации, аккумуляции)
- c) этап дефаззификации
- d) этап фаззификации

31. В методе полной интерпретации точное значение выводимой переменной вычисляется как:
- значение центра тяжести функции принадлежности
 - максимальное функции принадлежности
 - максимальное значение функции принадлежности
 - среднее значение функции принадлежности
32. Дополнительные условия операции инволюции:
- $n(n(x)) \neq x$
 - $n(n(x)) = x$
 - $n(n(x)) = y$
 - $y \& n(x) = n(y)$
33. Отрицание будет называться иволютивным, если
- L содержит иволютивные по этому отрицанию элементы, т.е. $n(n(x)) = x$
 - L содержит неволютивные по этому отрицанию элементы, т.е. $n(n(x)) \neq x$
 - L содержит иволютивные по этому отрицанию элементы, т.е. $n(n(x)) > x$
 - L содержит неволютивные по этому отрицанию элементы, т.е. $n(n(x)) < x$
34. Для любых t -норм T и t -конорм \perp выполняются следующие неравенства:
- $\perp M(x,y) \leq \perp(x,y) \leq T_M(x,y) \leq T_D(x,y) \leq T(x,y) \leq \perp D(x,y)$
 - $\perp D(x,y) \leq T(x,y) \leq T_M(x,y) \leq \perp M(x,y) \leq \perp(x,y) \leq T_D(x,y)$
 - $T_D(x,y) \leq T(x,y) \leq T_M(x,y) \leq \perp M(x,y) \leq \perp(x,y) \leq \perp D(x,y)$
 - $T_M(x,y) \leq T(x,y) \leq T_D(x,y) \leq \perp M(x,y) \leq \perp D(x,y) \leq \perp(x,y)$
35. Лингвистическая переменная X структурирована, если
- ее терм-множество $T(X)$ и функцию M можно задать алгоритмически
 - ее терм-множество $T(X)$ и функцию M можно задать алгебраически
 - ее терм-множество $T(X)$ и синтаксическое правило G можно задать алгоритмически
 - ее терм-множество $T(X)$ и синтаксическое правило G можно задать алгебраически
36. U — множество действительных чисел, μ_A определена на множестве действительных чисел и $\mu_A(u) = 1$, если u — четное число, то степень принадлежности числа 1,5 множеству A равна?
- 0,5
 - ноль
 - 1
 - пустое множество
37. Какое из приведенных ниже выражений не является обобщением оператора импликации?
- $\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \mu_B(y)$
 - $\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_A(x) \leq \mu_B(y); \\ \mu_B(y), & \text{в противном случае.} \end{cases}$
 - $\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min\{1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)\}$

$$d) \mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \bigvee_{x \in X} (\mu_A(x) \boxtimes \mu_B(x, y))$$

38. Сколько этапов в общем случае нечеткого вывода решения?
- 1
 - 3-4
 - 5-6
 - 2
39. Дефаззификация для одноэкстремальных функций принадлежности осуществляется:
- выбором нечеткого числа, соответствующего максимуму функции принадлежности
 - выбором четкого числа, соответствующего минимуму функции принадлежности
 - выбором четкого числа, соответствующего максимуму функции принадлежности
 - выбором нечеткого числа, соответствующего минимуму функции принадлежности
40. Для метода дефаззификации **First Maximum** — "первый максимум" требуется найти:
- максимум функции принадлежности с наибольшей ординатой
 - максимум функции принадлежности с наибольшей абсциссой
 - максимум функции принадлежности с наименьшей ординатой
 - максимум функции принадлежности с наименьшей абсциссой

14. Образовательные технологии

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В учебном процессе при изучении дисциплины используются следующие формы проведения занятий:

- лекции с изложением определений основных понятий, изучаемых в рамках дисциплины, подробным описанием и доказательством наиболее важных свойств этих понятий и их взаимосвязей друг с другом;
- практические занятия с подробным изучением основных свойств понятий, изучаемых в рамках дисциплины, выяснением их взаимосвязей друг с другом в примерах и практических задачах;
- индивидуальные и коллективные консультации с активным участием обучающихся по наиболее сложным частям теоретического материала дисциплины;
- самостоятельная работа по выполнению заданий по основным разделам дисциплины;

– подготовка докладов на семинарских занятиях.

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лучко, О. Н. Теория и методы разработки управленческих решений. Поддержка принятия решений с элементами нечеткой логики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Лучко О. Н. – Омск: Омский государственный институт сервиса, 2012. – 110 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12704>
2. Московский, И. Г. Нечеткие множества: учеб. пособие / И. Г. Московский, О. М. Балабан, О. С. Федорова; Саратовский гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю. А. – Саратов: ИЦ "Наука", 2015. – 62 с. (10 экз. НТБ СГТУ)
3. Митяшин Н.П. Специальные вопросы теории принятия решений: учеб пособие / Н.П. Митяшин, Е.Е. Миргородская, Ю.Б. Томашевский. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2016. – 75 с.: ил., табл.; 21 см. – Библиогр.: с. 75 (16 назв.). ISBN 978-5-7433-3023-2 (Копирайт СГТУ): б. ц. **Имеется электронный аналог печатного издания** (3 экз. НТБ СГТУ)
Митяшин Н. П. Специальные вопросы теории принятия решений [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студ., магистрантов и аспирантов техн. направлений / Н. П. Митяшин, Е. Е. Миргородская, Ю. Б. Томашевский. – Саратовский гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю. А. – Электрон. текстовые дан. – Саратов: СГТУ, 2016. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM): ил., табл. Режим доступа: Диск помещен в контейнер 14X12 см. **Электронный аналог печатного издания.**
4. Московский, И. Г. Нечеткие множества [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И. Г. Московский, О. М. Балабан, О. С. Федорова; Саратовский гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю. А. – Саратов: ИЦ "Наука", 2015. – 62 с. – Режим доступа: http://lib.sstu.ru/books/cd%20931_4.pdf

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Барский, А. Б. Введение в нейронные сети [Электронный ресурс]: учебное пособие / Барский А. Б. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 237 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52144>
6. Дьяконов, В. П. MATLAB [Текст]: полный самоучитель / Дьяконов В. П. – Москва: ДМК Пресс, 2014. – 768 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7911.html>
7. Семенов, А. М. Интеллектуальные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Семенов А. М. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013. – 236 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30055>

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

8. Информационные технологии: теорет. и приклад. науч.-техн. журн. – М.: Новые технологии, 2011- . – Выходит ежемесячно. – ISSN 1684-6400
9. Мехатроника, автоматизация, управление: теорет. и прикл. науч.-техн. журн. – М.: Новые технологии, 2011-2017. – Выходит ежемесячно. – ISSN 1684-6427
10. Системы управления и информационные технологии: науч.-техн. журн. – [Б. м.]: ООО «Научная книга», 2011-2017. – Выходит ежеквартально. – ISSN 1729-5068

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

11. <http://aidt.ru/index.php?lang=ru> – журнал «Искусственный интеллект и принятие решений»
12. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr8> – журнал «Научно-технические технологии»
13. <https://reslib.org/books/1213120> – Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007

ИСТОЧНИКИ ИОС

14. <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/ST/09.04.01/m.1.3.1.1/default.aspx>

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима типовая лекционная аудитория, оснащенная доской, компьютером и проектором.

Для проведения практических занятий необходим типовой компьютерный класс, имеющий доступ к Интернету и оснащенный установленным программным обеспечением Microsoft Office, Acrobat Reader, Internet Explorer, средой Matlab и средами программирования Borland Delphi, Borland C++, Visual C++, C#..

Для выполнения самостоятельной работы студенты могут воспользоваться компьютерными классами кафедры, имеющими доступ к электронно-библиотечной системе, электронной библиотеке университета и электронной информационно-образовательной среде.