

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт информационных технологий

Кафедра математики и информатики

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА»

Направление подготовки (специальность):

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Образовательная программа:

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Очная форма обучения

Составители:

Плотникова Н.В., доцент кафедры МиИ,
канд.ф.-м.наук, доцент

г. Череповец - 2022

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Филимонов, А. Б. Основы нечеткой логики: учебное пособие / А. Б. Филимонов, Н. Б. Филимонов. — Москва: РТУ МИРЭА, 2019. — 88 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171457>
2. Белозерова, Г. И. Нечеткая логика и нейронные сети: учебное пособие: в 2 частях / Г. И. Белозерова, Д. М. Скуднев, З. А. Кононова. — Липецк: Липецкий ГПУ, [б. г.]. — Часть 1 — 2017. — 64 с. — ISBN 978-5-88526-875-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111969>

Дополнительная литература:

1. Нечеткая логика: учебно-методическое пособие / составители Д. В. Полупанов, С. Р. Абдюшева. — Уфа: БашГУ, 2020. — 84 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179916>
2. Бобиков, А. И. Интеллектуальные системы управления (Основы нечеткой логики и проектирование нечетких контроллеров): учебное пособие / А. И. Бобиков. — Рязань: РГРТУ, 2006. — 64 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168350>

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Григорьева, Д.Р. Основы нечеткой логики: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и лабораторным работам / Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров - Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2018. - 42 с. URL:

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень информационных справочных систем (при необходимости)

1. Электронная библиотека «Университетская библиотека online». URL: <http://biblioclub.ru/>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/>
3. Образовательный портал Череповецкого государственного университета. URL: <https://edu.chsu.ru/>
4. Образовательная платформа Udemu, онлайн курсы: Введение в нечеткую логику. URL: https://www.udemy.com/course/fuzzy_logic/

Учебно-методические указания и рекомендации к изучению тем лекционных и практических занятий, самостоятельной работе студентов

Лекции

№ п/п	Тема лекции	Количество часов
1	Цели и задачи нечеткой логики. Особенности лингвистического подхода к моделированию экономических систем. Понятие принадлежности. Понятие нечеткого подмножества. Функция принадлежности нечеткого подмножества и ее вид. Свойства множества нечётких подмножеств.	2
2	Нечёткие множества. Функция принадлежности. Операции над нечеткими множествами. Множество уровня. Принцип обобщения. Нечеткие операторы. Треугольная норма. Треугольная конорма. Отрицание.	2
3	Нечёткие отношения и их свойства. Композиция и декомпозиция нечетких отношений. Транзитивное замыкание. Проекция нечетких отношений. Отношения сходства и различия. Нечеткое отношение эквивалентности. Метрика. Задачи нечеткой классификации. Порядки и слабые порядки. Задачи нечеткого упорядочения	4
4	Метрический подход к определению показателя размытости нечетких множеств. Нечеткие меры. Супераддитивные и субаддитивные меры (меры правдоподобия, возможности, вероятности). Нечеткие интегралы. Применение нечетких мер и интегралов для решения слабо структурированных задач.	4
5	Методы проведения групповой экспертизы. Классификация методов построения функции принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта. Прямые и косвенные методы для группы экспертов.	2
6	Основные понятия нечётких чисел. Нечёткое число (L-R) – типа. Нечёткое трапециевидное и нечёткое треугольное числа. Четкие и размытые арифметики нечетких треугольных чисел. Основные операции с нечеткими числами. Способы сравнения нечётких чисел.	4
7	Нечёткая переменная. Понятие нечеткого высказывания. Простые и составные нечеткие высказывания. Операции над нечеткими высказываниями: отрицание, конъюнкция, дизъюнкция, импликация, эквивалентность. Нечеткие логические формулы и их свойства. Нечеткие предикаты и кванторы. Понятие лингвистической переменной. Лингвистические переменные истинности. Логические связки в нечеткой лингвистической логике. Значения истинности НЕИЗВЕСТНО и НЕ ОПРЕДЕЛЕНО. Композиционное правило вывода. Нечеткие экспертные системы.	4
8	Формализация понятия нечеткого алгоритма. Способы выполнения нечетких алгоритмов. Представление нечеткого алгоритма в виде графа. Нечеткие алгоритмы обучения. Обучающийся нечеткий автомат. Обучение на основе условной нечеткой меры. Адаптивный нечеткий логический регулятор. Алгоритм формирования нечеткого отношения предпочтения. Алгоритм уточнения лингвистических критериев.	4
9	Нечеткие цели, ограничения и решения. Задачи нечеткого математического программирования. Модели нечеткой ожидаемой полезности. Алгоритмы нечеткого контроля и управления. Игры в нечетко определенной обстановке. Многошаговые процессы принятия решений. Особенности контроля и	4

	управления в условиях стохастической неопределенности. Контроль и управление динамическими системами в нечетких условиях.	
	Итого:	28

Практические занятия

№ п/п	Тема практического занятия	Количество часов
1	Понятие принадлежности. Понятие нечеткого подмножества. Функция принадлежности нечеткого подмножества и ее вид. Свойства множества нечётких подмножеств.	2
2	Нечёткие множества. Функция принадлежности. Операции над нечеткими множествами. Множество уровня. Принцип обобщения. Нечеткие операторы. Треугольная норма. Треугольная конорма. Отрицание.	4
3	Нечёткие отношения и их свойства. Композиция и декомпозиция нечетких отношений. Транзитивное замыкание. Проекция нечетких отношений. Отношения сходства и различия. Нечеткое отношение эквивалентности. Метрика. Задачи нечеткой классификации. Порядки и слабые порядки. Задачи нечеткого упорядочения	4
4	Метрический подход к определению показателя размытости нечетких множеств. Нечеткие меры. Супераддитивные и субаддитивные меры (меры правдоподобия, возможности, вероятности). Нечеткие интегралы. Применение нечетких мер и интегралов для решения слабо структурированных задач.	4
6	Нечёткое число (L-R) – типа. Нечёткое трапециевидное и нечёткое треугольное числа. Четкие и размытые арифметики нечетких треугольных чисел. Основные операции с нечеткими числами. Способы сравнения нечётких чисел.	4
7	Нечёткая переменная. Понятие нечеткого высказывания. Простые и составные нечеткие высказывания. Операции над нечеткими высказываниями: отрицание, конъюнкция, дизъюнкция, импликация, эквивалентность. Нечеткие логические формулы и их свойства. Нечеткие предикаты и кванторы. Лингвистические переменные истинности. Логические связи в нечеткой лингвистической логике. Значения истинности НЕИЗВЕСТНО и НЕ ОПРЕДЕЛЕНО. Композиционное правило вывода. Нечеткие экспертные системы.	4
8	Способы выполнения нечетких алгоритмов. Представление нечеткого алгоритма в виде графа. Нечеткие алгоритмы обучения. Обучающийся нечеткий автомат. Обучение на основе условной нечеткой меры. Адаптивный нечеткий логический регулятор. Алгоритм формирования нечеткого отношения предпочтения. Алгоритм уточнения лингвистических критериев.	4
9	Нечеткие цели, ограничения и решения. Задачи нечеткого математического программирования. Модели нечеткой ожидаемой полезности. Алгоритмы нечеткого контроля и управления. Игры в нечетко определенной обстановке. Многошаговые процессы принятия решений. Особенности контроля и управления в условиях стохастической неопределенности. Контроль и управление динамическими системами в нечетких условиях.	6
Итого		32

Средства контроля качества обучения

Образцы заданий для выполнения индивидуальных и контрольных работ

Задание 1. Для универсального множества $E = \{a, b, c, d, e, f, g\}$ и нечетких подмножеств

$$\underline{A} = \{(a|0), (b|0,3), (c|0,7), (d|1), (e|0), (f|0,2), (g|0,6)\},$$

$$\underline{B} = \{(a|0,3), (b|1), (c|0,5), (d|0,8), (e|1), (f|0,5), (g|0,6)\},$$

$$\underline{C} = \{(a|1), (b|0,5), (c|0,5), (d|0,2), (e|0), (f|0,2), (g|0,9)\}$$

найдите $\overline{\underline{A} \cap \underline{B}} \cap \underline{\overline{C}}$.

Задание 2. Пусть задано универсальное множество $E = [0; \kappa]$ – подмножество множества действительных чисел R . Для нечеткого подмножества \underline{A} , заданного функцией принадлежности $\mu_A(x) = \frac{x^2}{\kappa^2}, x \in [0, \kappa]$ определите индекс нечеткости.

Задание 3. Определите подмножество 0,4 -уровня для нечеткого подмножества $\underline{A} = \{(x_1|0,7), (x_2|0,5), (x_3|1), (x_4|0,2), (x_5|0,6)\}$. Представьте разложение нечеткого подмножества \underline{A} на α -уровни.

Задание 4. Докажите свойство:

$$\underline{A} \cap (\underline{A} \cup \underline{B})(\underline{A} \cap \underline{B}) \cup (\underline{B} \cap \underline{C}) \cup (\underline{C} \cap \underline{A}) = (\underline{A} \cup \underline{B}) \cap (\underline{B} \cup \underline{C}) \cap (\underline{C} \cup \underline{A}).$$

Задание 5. Упростите выражение: $(\underline{A} \cap ((\underline{B} \cap \underline{C}) \cup (\overline{\underline{A}} \cap \underline{C}))) \cup \underline{\overline{C}}$.

Задание 6. Построить функцию принадлежности нечеткого множества "высокий мужчина" на универсальном множестве $\{170, 175, 180, 185, 190, 195\}$, если известны такие экспертные парные сравнения: •абсолютное преимущество 195 над 170; •явное преимущество 195 над 175; •существенное преимущество 195 над 180; •слабое преимущество 195 над 185; •отсутствует преимущество 195 над 190.

Задание 7. Пусть $A = 0.1/1 + 0.3/2 + 0.4/5 + 0.7/6 + 0.8/9 + 1/10$ и $\alpha \in \{0.1; 0.3; 0.5; 0.7; 0.9\}$. Составьте множества α -уровня для всех возможных значений α .

Задание 8. Носителем нечеткого множества A является отрезок $[1,3]$, а функция принадлежности имеет вид $\mu_A(x) = \frac{1}{2}(1 + \cos(\pi x))$. Запишите разложение по множествам α -уровня.

Задание 9. Даны нечеткие числа $A = \langle \text{примерно } 7 \rangle, B = \langle \text{примерно } 10 \rangle$

$$A = \int_{x \in [4,7]} \frac{x-4}{3} / x + \int_{x \in (7,9]} \frac{9-x}{2} / x \quad B = \int_{x \in [6,10]} \frac{x-6}{7} / x + \int_{x \in (10,15]} \frac{9-x}{2} / x$$

Выполните арифметические операции над этими числами.

Задание 10. Пусть множество $U=[1;10]$ отображается во множество $V=[0;1]$ по закону $v = \lg u$.

Множество U является носителем нечеткого множества A : $\int_{x \in [1,10]} \frac{x-1}{9} / x$ Найдите образ

множества A при данном отображении.

Задание 11. Пусть $U=\{0,1,2,\dots,120\}$ – возможный возраст человека. Выступая в роли эксперта, постройте графики функций принадлежности следующих нечетких множеств с помощью метода

парных сравнений: А - молодой, В – старый, С – очень молодой, D – не старый. Запишите эти множества в стандартной форме.

Решить задачу с помощью метода статистической обработки экспертной информации, в качестве экспертов использовать своих одноклассников.

Задание 12. Пусть U – множество дисциплин, изучаемых в текущем семестре. Присвойте номер каждой дисциплине i , выступая в роли эксперта, запишите нечеткие множества: А – мне нравится эта дисциплина, В – я не понимаю эту дисциплину, С – мне не нравится эта дисциплина, D – Я хотел бы изучать эту дисциплину глубже. Представьте разложения каждого из нечетких множеств по множествам уровня.

Задание 13. Пусть $U=\{0,1,2,\dots,25\}$ является носителем следующих нечетких чисел: a - «в городе N проезд на метро стоит приблизительно 8 руб.», b – «проезд на маршрутке в этом городе стоит не менее 15 руб.», c – «мне надо проехать на метро раз пять», d – «мне надо проехать на маршрутке по крайней мере раза три». Выступая в роли эксперта, запишите нечеткие числа a , b , c и d в форме объединения точечных нечетких множеств.

Найдите x = «примерная сумма расходов на транспорт в городе N». Разложите нечеткие числа a , b , c , d и x по множествам α - уровня, если $\alpha \in \{0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1\}$. Постройте графики функций принадлежности чисел a , b , c , d и x .

Вопросы к зачету	
1.	Цели и задачи нечеткой логики. Понятие принадлежности. Понятие нечеткого подмножества. Функция принадлежности нечеткого подмножества и ее вид. Свойства множества нечетких подмножеств.
2.	Нечёткие множества. Функция принадлежности. Операции над нечеткими множествами.
3.	Множество уровня. Принцип обобщения.
4.	Нечеткие операторы. Треугольная норма. Треугольная конорма. Отрицание.
5.	Нечёткие отношения и их свойства.
6.	Композиция и декомпозиция нечетких отношений. Транзитивное замыкание. Проекция нечетких отношений.
7.	Отношения сходства и различия. Нечеткое отношение эквивалентности.
8.	Порядки и слабые порядки. Задачи нечеткого упорядочения
9.	Метрический подход к определению показателя размытости нечетких множеств.
10.	Нечеткие меры. Супераддитивные и субаддитивные меры (меры правдоподобия, возможности, вероятности).
11.	Нечеткие интегралы. Применение нечетких мер и интегралов для решения слабо структурированных задач.
12.	Методы проведения групповой экспертизы.
13.	Классификация методов построения функции принадлежности. Прямые и косвенные методы для одного эксперта. Прямые и косвенные методы для группы экспертов.
14.	Основные понятия нечётких чисел. Нечёткое число (L-R) – типа. Нечёткое трапециевидное и нечёткое треугольное числа. Четкие и размытые арифметики нечетких треугольных чисел.
15.	Основные операции с нечеткими числами. Способы сравнения нечётких чисел.
16.	Нечёткая переменная. Понятие нечеткого высказывания. Простые и составные нечеткие высказывания.

17.	Операции над нечеткими высказываниями: отрицание, конъюнкция, дизъюнкция, импликация, эквивалентность. Нечеткие логические формулы и их свойства.
18.	Нечеткие предикаты и кванторы.
19.	Понятие лингвистической переменной. Лингвистические переменные истинности. Логические связки в нечеткой лингвистической логике. Значения истинности НЕИЗВЕСТНО и НЕ ОПРЕДЕЛЕНО. Композиционное правило вывода.
20.	Формализация понятия нечеткого алгоритма. Способы выполнения нечетких алгоритмов. Представление нечеткого алгоритма в виде графа.
21.	Нечеткие алгоритмы обучения. Обучающийся нечеткий автомат. Обучение на основе условной нечеткой меры.
22.	Адаптивный нечеткий логический регулятор. Алгоритм формирования нечеткого отношения предпочтения. Алгоритм уточнения лингвистических критериев.
23.	Нечеткие цели, ограничения и решения. Задачи нечеткого математического программирования.
24.	Модели нечеткой ожидаемой полезности. Алгоритмы нечеткого контроля и управления.
25.	Игры в нечетко определенной обстановке. Многошаговые процессы принятия решений.
26.	Особенности контроля и управления в условиях стохастической неопределенности. Контроль и управление динамическими системами в нечетких условиях.