

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра теории упругости и вычислительной математики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа



Рабочая программа учебной дисциплины
«Современные проблемы прикладной математики и
информатики»



(наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направления подготовки:	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Профиль подготовки:	Статистика
Образовательный уровень выпускника:	магистр
Форма обучения:	очная

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета математики и информационных технологий


В.Н. Андриенко
«16» декабря 2016 г.


Программа учебной дисциплины «Современные проблемы прикладной математики и информатики» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденному приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 288, зарегистрированному в Министерстве юстиции ДНР от 22 апреля 2016 г. № 1191, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. № 750 (с изменениями и дополнениями), учебного плана по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Статистика) (форма обучения: очная), утвержденного Ученым Советом Университета от 04.10.2016 г., протокол № 8.

Разработчик:

Заведующий кафедрой теории упругости и вычислительной математики, д.т.н., проф.
(должность, степень, звание, кафедра)



В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики

Протокол № 4 от « 27 » октября 2016 г.

Заведующий кафедрой



В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией факультета математики и информационных технологий

Протокол № 4 от «15» декабря 2016 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета



Н.И. Пономаренко

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Учебная дисциплина «Современные проблемы прикладной математики и информатики» относится к базовой части учебного плана и состоит из одного модуля. В рамках преподавания дисциплины изучаются современные проблемы математического моделирования, связанные с использованием аппаратов мягких и нечетко-множественных вычислений при анализе многокритериальных математических моделей функционирования объектов социально-экономической сферы и моделей технологических процессов в условиях неопределенности, а также вопросы программной компьютерной реализации алгоритмов исследования моделей на базе применяемого математического аппарата.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими и сопутствующими дисциплинами учебного плана подготовки бакалавров по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика:

ПБ Б1 Математический анализ I
ПБ Б2 Математический анализ II
ПБ Б3 Математический анализ III
ПБ Б4. Алгебра и геометрия
ПБ Б5. Дискретная математика
ПБ Б6 Математическая логика и теория множеств
ПБ Б11 Численные методы
ПБ Б14 Функциональный анализ

2. Структура дисциплины (модуля)

Характеристика учебной дисциплины		
Образовательный уровень:	магистр	
Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика	
Профиль	Статистика	
Количество содержательных модулей	4	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	Базовая часть профессионального блока	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 зачет в 1 семестре	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
	на базе высшего профессионального образования (ОУ Бакалавр)	
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	
Год подготовки	1	
Семестр	1	
Количество часов	108	
- лекционных	36	
- практических, семинарских	-	
- лабораторных	-	
- самостоятельной работы	72	
в т.ч. индивидуальное задание	-	
Недельное количество часов,	6	-
в т.ч. аудиторных	2	-

2. Описание дисциплины

Цели и задачи.

Целями освоения дисциплины «Современные проблемы прикладной математики и информатики» являются:

- освоение знаний и приобретение навыков в области построения и анализа многокритериальных математических моделей функционирования социально-экономической сферы и моделей технологических процессов в условиях неопределенности на основе теории разветвленных систем иерархической структуры и теории нечетких множеств;
- формирование умения демонстрировать знание и понимание основных определений,
- алгоритмов и методов решения задач по тематике учебной дисциплины;
- приобретение умений строить логически выверенные рассуждения;
- формирование умений пользоваться методами математического моделирования
- вычислительной математики для формализации и решения прикладных задач;
- развитие навыков самостоятельной работы и умений находить и перерабатывать
- дополнительную информацию в данной предметной области;
- развитие творческого, научного потенциала студентов, их познавательных интересов в области дискретных математических моделей, стимулирование к дальнейшему занятию
- научной деятельностью.

Задачи освоения дисциплины – усвоение теоретических основ и практических навыков использования методов построения и анализа ряда многокритериальных математических моделей функционирования социально-экономической сферы и моделей технологических процессов в условиях неопределенности на основе теории разветвленных систем иерархической структуры и теории нечетких множеств.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

а) общекультурных (ОК):

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения (ОК-2);
- готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);

б) общепрофессиональных (ОПК):

- готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке ДНР и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способностью использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4);
- способностью использовать углубленные знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов (ОПК-5);

в) профессиональных (ПК): научно-исследовательская деятельность:

- способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива (ПК -1);
- способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК_2);

проектная и производственно-технологическая деятельность:

- способностью разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3);

- способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК-4)

организационно-управленческая деятельность:

- способностью управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять командой проекта (ПК-5);

- способностью разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов (ПК-7);

нормативно-методическая деятельность:

- способностью разрабатывать корпоративные стандарты и профили функциональной стандартизации приложений, систем, информационной инфраструктуры (ПК -8);

педагогическая деятельность:

- способностью разрабатывать учебно-методические комплексы для электронного обучения;

консалтинговая деятельность:

- способностью разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий (ПК -11);

консорциумная деятельность:

- способностью к взаимодействию в рамках международных проектов и сетевых сообществ в области прикладной математики и информационных технологий (ПК-12).

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

1. Общую концепцию метода анализа иерархий Т. Саати.
2. Основные подходы к учету факторов неопределенности в математических моделях функционирования социально-экономической сферы и моделях технологических процессов.
3. Общие принципы анализа многокритериальных моделей с нечеткими частными критериями и многокритериальной оптимизации.
4. Основные элементы аппарата нечеткой математики:
 - определение понятия нечетких множеств;
 - определение понятия нечетких чисел и нечетких интервалов;
 - определения основных операций с нечеткими множествами;
 - определения основных арифметических операций с нечеткими интервалами и операций сравнения нечетких интервалов;
 - понятие нечетких множеств с элементами лингвистической природы;
 - методы построения функций принадлежности для нечетких множеств;
 - принцип обобщения в описании нечетких функциональных зависимостей.
5. Методики конструирования и схемы анализа нечетких иерархических моделей:
 - приемы построения иерархических моделей с нечеткими частными критериями;
 - методы свертки нечетких частных критериев в разветвленных иерархических моделях.
6. Методики построения и анализа нечетких иерархических моделей для ряда основных социально-экономических процессов:
 - моделей многокритериальной оценки объектов недвижимости;
 - моделей многокритериальной и многоуровневой оценки социально-экономического состояния регионов;
 - моделей многокритериальной оптимизации инвестиционных проектов в условиях неопределенности;
 - моделей многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов;
 - моделей многокритериальной оценки качества промышленной продукции;
 - моделей многокритериальной оценки качества атмосферы и состояния здоровья населения крупного города.

7. Методики построения и анализа нечетких иерархических моделей технологических процессов:

- моделей оптимизации процессов предпрокатного разогрева слитков;
- моделей оптимизации совместной работы энергоагрегатов в условиях

неопределенности.

Уметь:

- выбирать методы учета факторов неопределенности в математических моделях функционирования социально-экономической сферы и моделях технологических процессов;
- конструировать представления размытых данных нечеткими множествами, нечеткими числами и нечеткими интервалами;
- выполнять арифметические операции с нечеткими интервалами;
- выполнять операции сравнения нечетких интервалов;
- реализовать построение функций принадлежности для нечетких множеств;
- конструировать нечеткие множества с элементами лингвистической природы;
- применять принцип обобщения для описания нечетких функциональных зависимостей;
- применять методы свертки нечетких частных критериев;
- разрабатывать и исследовать модели многокритериальной оценки объектов недвижимости;
- разрабатывать и исследовать модели многокритериальной и многоуровневой оценки социально-экономического состояния регионов;
- разрабатывать и исследовать модели многокритериальной оптимизации инвестиционных проектов в условиях неопределенности;
- разрабатывать и исследовать модели многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов;
- разрабатывать и исследовать модели многокритериальной оценки качества промышленной продукции;
- разрабатывать и исследовать модели многокритериальной оценки качества атмосферы и состояния здоровья населения крупного города;
- разрабатывать и исследовать модели оптимизации процессов предпрокатного разогрева слитков;
- разрабатывать и исследовать модели оптимизации совместной работы энергоагрегатов в условиях неопределенности.

• **Владеть** навыками и приобрести опыт:

- конструирования представлений размытых данных нечеткими множествами, нечеткими числами и нечеткими интервалами;
- применения арифметические операции с нечеткими интервалами;
- построения функций принадлежности для нечетких множеств;
- конструирования нечетких множеств с элементами лингвистической природы;
- применения принципа обобщения для описания нечетких функциональных зависимостей;
- применения методов свертки нечетких частных критериев;
- разработки и исследования модели многокритериальной и многоуровневой оценки объектов недвижимости, социально-экономического состояния регионов, инвестиционных проектов в условиях неопределенности; качества коммерческих контрактов; качества промышленной продукции; качества атмосферы и состояния здоровья населения крупного города; процессов предпрокатного разогрева слитков; совместной работы энергоагрегатов в условиях неопределенности.

3. Содержание модуля и формы организации учебного процесса

Курс дисциплины «Современные проблемы прикладной математики и информатики» предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных, эвристических и исследовательских методов преподавания. При проведении лекций для обсуждения

материала используются мультимедийные презентации, анимации, а так же раздаточные материалы.

В учебном процессе применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия, полемика), внеаудиторная самостоятельная работа, балльно-рейтинговая система оценки успеваемости, личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение, блочно-модульное обучение.

Использование в учебном процессе интернет-ресурсов по данному курсу; рассмотрение задач, максимально приближенных к конкретным научно-исследовательским ситуациям, которые исторически приходилось решать для построения моделей соответствующих объектов, с элементами дискуссии и полемикой в процессе поиска путей решения сформулированных проблем; тесты и контрольные работы.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение индивидуальных заданий, подготовку к семинарским занятиям, изучение учебной и методической литературы, составление конспектов, аннотаций статей, защиту презентаций и докладов

Текущий контроль осуществляется путем написания самостоятельных и контрольных работ по решению практических заданий, модульных контрольных работ по проверке знаний теоретических положений.

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	Содержательный модуль 1. Основные элементы аппарата нечеткой математики Общая характеристика подходов к анализу математических моделей в условиях неопределенности
Тема 1. Основные принципы математического моделирования.	Излагаются основные общие принципы конструирования и анализа математических моделей.
Тема 2. Методы учета факторов неопределенности в математических моделях.	Рассматриваются методы учета факторов неопределенности в математических моделях.
Тема 3. Определение понятия нечетких множеств. Нечеткие числа и нечеткие интервалы. Операции с нечеткими множествами.	Изучаются основные элементы аппарата нечеткой математики. Рассматривается определение понятия нечетких множеств. Изучаются основы аппарата нечетких чисел и нечетких интервалов, операции с нечеткими множествами.
Тема 4. Арифметические операции с нечеткими числами. Арифметические операции с нечеткими интервалами. Сравнение нечетких интервалов.	Излагаются элементы теории арифметических операций с нечеткими числами и интервалами и методики сравнения нечетких интервалов.
Тема 5. Нечеткие множества с элементами лингвистической природы.	Излагаются основные общие принципы и понятия теории нечетких множеств с элементами лингвистической природы.
Тема 6. Методы построения функций принадлежности для нечетких множеств	Излагаются основные общие принципы и методы построения функций принадлежности для нечетких множеств.
Тема 7. Принцип обобщения в описании нечетких функциональных зависимостей.	Излагаются основные общие приемы реализации принцип обобщения в описании нечетких функциональных зависимостей.
	Содержательный модуль 2. Конструирование и схемы анализа многокритериальных нечетких иерархических моделей разветвленной структуры.
Тема 8. Общая концепция метода анализа	Излагается общая концепция метода анализа иерархий Т. Саати. Изучаются подходы к конструированию и

иерархий Т. Саати. Построение иерархических моделей с нечеткими частными критериями. Матрицы парных сравнений. Нормированные ранги частных критериев.	анализу нечетких иерархических моделей. Излагается методология построения многокритериальных иерархических моделей разветвленной структуры с нечеткими частными критериями.
Тема 9. Общие принципы анализа многокритериальных моделей с нечеткими частными критериями. Многокритериальная оптимизация.	Излагаются общие принципы анализа многокритериальных моделей с нечеткими частными критериями, понятие о матрицах парных сравнений и нормированных рангах частных критериев, а также основные приемы решения проблемы многокритериальной оптимизации.
Тема 10. Методы свертки нечетких частных критериев.	Изучаются методы свертки нечетких частных критериев.
	Содержательный модуль 3. Нечеткие иерархические модели социально-экономических процессов.
Тема 11. Многокритериальные оценки объектов недвижимости.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей многокритериальной оценки объектов недвижимости.
Тема 12. Многокритериальные и многоуровневые оценки социально-экономического состояния регионов.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей многокритериальной и многоуровневой оценки социально-экономического состояния регионов.
Тема 13. Многокритериальная оптимизация инвестиционных проектов в условиях неопределенности.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей многокритериальной оптимизации инвестиционных проектов в условиях неопределенности.
Тема 14. Многокритериальные оценки качества коммерческих контрактов.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов.
Тема 15. Многокритериальные оценки качества промышленной продукции.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей многокритериальной оценки качества промышленной продукции.
Тема 16. Многокритериальное оценивание качества атмосферы и состояния здоровья населения крупного города.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей многокритериального оценивания качества атмосферы и состояния здоровья населения крупного города.
	Содержательный модуль 4. Нечеткие иерархические модели технологических процессов.
Тема 17. Моделирование и оптимизация процессов предпрокатного разогрева слитков.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей оптимизации процессов предпрокатного разогрева слитков.
Тема 18. Оптимизация совместной работы энергоагрегатов в условиях неопределенности.	Изучаются методики построения и анализа нечетких иерархических моделей оптимизации совместной работы энергоагрегатов в условиях неопределенности.

Тематический план

	Содержательный модуль 1																					
Названия содержа- тельных модулей и тем	Количество часов																					
	Очная форма						Заочная форма															
							на базе общего среднего об- разования						на базе среднего професси- онального образования					на базе высшего про- фессионального обра- зования				
	всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.		
лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа						
Тема 1. Основные принципы матема- тического моделирования.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Тема 2. Методы учета факторов не- определенности в математи- ческих моделях.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Тема 3. Определение понятия нечет- ких множеств. Нечеткие чис- ла и нечеткие интервалы. Операции с нечеткими мно- жествами.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Тема 4. Арифметические операции с нечеткими числами. Арифме- тические операции с нечет- кими интервалами. Сравне- ние нечетких интервалов.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Тема 5. Нечеткие множества с элементами лингвистической природы.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тема 6. Методы построения функций принадлежности для нечетких множеств.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тема 7. Принцип обобщения в описании нечетких функциональных зависимостей	6	2	0	0	4	0																		
Итого по 1 содержанию модулю	42	14	0	0	28	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Содержательный модуль 2																						
Названия содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 3																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования					на базе среднего профессионального образования					на базе высшего профессионального образования						
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	элективные		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	элективные		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	элективные					
Тема 8. Общая концепция метода анализа иерархий Т. Сати. Построение иерархических моделей с нечеткими частными критериями. Матрицы парных сравнений. Нормированные ранги частных критериев.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Тема 9. Общие принципы анализа многокритериальных моделей с нечеткими частными критериями. Многокритериальная оптимизация.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Тема 10. Методы свертки нечетких частных критериев.	6	2	0	0	4	0																	
Итого по 2 содержательному модулю	18	6	0	0	12	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

[illegible]

	Содержательный модуль 4																						
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования						на базе среднего профессионального образования					на базе высшего профессионального образования					
	всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа						
Тема 17. Моделирование и оптимизация процессов предпрокатного разогрева слитков.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Тема 18. Оптимизация совместной работы энергоагрегатов в условиях неопределенности.	6	2	0	0	4	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Итого по 2 содержательному модулю	12	4	0	0	8	0																	
Итого по модулю 1	108	36	0	0	72	0																	

5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

6. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации (примеры)

1. Найти объединение и пересечение нормальных нечетких трапецеидальных множеств с реперными точками (4; 6; 8; 12) и (3; 7; 9; 11).
2. Найти алгебраическую сумму, разность, произведение и частное от деления нормальных нечетких интервалов с реперными точками (4; 6; 8; 12) и (3; 7; 9; 11).
3. Выполнить операцию сравнения нормальных нечетких интервалов с реперными точками (4; 6; 8; 12) и (3; 7; 9; 11).
4. Выполнить операции дефаззификации для нормальных нечетких интервалов с реперными точками (4; 6; 8; 12) и (3; 7; 9; 11).
5. Представить нечеткий интервал с реперными точками (4; 6; 8; 12) суперпозицией по множествам альфа-уровня.
6. Рассчитать ранги частных критериев по заданной матрице парных сравнений вида

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

7. Рассчитать показатели индекса согласованности и отношения согласованности для матрицы парных сравнений вида

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

Задания для контрольных работ (примеры)

Контрольная работа 1.

Задание 1.

1. Методы учета факторов неопределенности в математических моделях.
2. Нечеткие множества с элементами лингвистической природы.
3. Представить нечеткий интервал с реперными точками (4; 6; 8; 12) суперпозицией по множествам альфа-уровня.

Задание 2.

1. Определение понятия нечетких множеств. Нечеткие числа и нечеткие интервалы.
2. Принцип обобщения в описании нечетких функциональных зависимостей.
3. Рассчитать ранги частных критериев по заданной матрице парных сравнений вида

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

Задание 3.

1. Арифметические операции с нечеткими интервалами.
2. Методы построения функций принадлежности для нечетких множеств.
3. Выполнить операции дефаззификации для нормальных нечетких интервалов с реперными точками (4; 6; 8; 12) и (3; 7; 9; 11).

Задание 4.

1. Сравнение нечетких интервалов.
2. Нечеткие множества с элементами лингвистической природы.
3. Найти алгебраическую сумму, разность, произведение и частное от деления нормальных нечетких интервалов с реперными точками (4; 6; 8; 12) и (3; 7; 9; 11).

Контрольная работа 2.

Задание 1.

1. Методы свертки нечетких частных критериев.
2. Многокритериальные оценки качества коммерческих контрактов.

Задание 2.

1. Общая концепция метода анализа иерархий Т. Саати.
2. Многокритериальная оптимизация инвестиционных проектов в условиях неопределенности.

Задание 3.

1. Построение иерархических моделей с нечеткими частными критериями
2. Многокритериальные и многоуровневые оценки социально-экономического состояния регионов.

Задание 4.

1. Методы учета факторов неопределенности в математических моделях.
2. Многокритериальное оценивание качества атмосферы и состояния здоровья населения крупного города.

Задания для модульного контроля (примеры)

Задание 1.

1. Сравнение нечетких интервалов.
2. Нечеткие множества с элементами лингвистической природы.
3. Найти алгебраическую сумму, разность, произведение и частное от деления нормальных нечетких интервалов с реперными точками (4; 6; 8; 12) и (3; 7; 9; 11).
4. Методы учета факторов неопределенности в математических моделях.
5. Многокритериальное оценивание качества атмосферы и состояния здоровья населения крупного города.

Задание 2.

1. Методы учета факторов неопределенности в математических моделях.
2. Нечеткие множества с элементами лингвистической природы.
3. Представить нечеткий интервал с реперными точками (4; 6; 8; 12) суперпозицией по множествам альфа-уровня.
4. Построение иерархических моделей с нечеткими частными критериями
5. Многокритериальные и многоуровневые оценки социально-экономического состояния регионов

7. Образец экзаменационного билета – экзамен не предусмотрен

8. Образец тестового задания:

Задание 1.

1. Какой из приведенных нечетких интервалов является результатом суммирования нечетких интервалов (2; 4; 5; 8) и (2; 5; 6; 10)?
а) (5; 6; 10; 18) б) (4; 9; 11; 18) в) (4; 11; 11; 18) г) (4; 10; 11; 18)

2. Какой из приведенных нечетких интервалов является результатом перемножения нечетких интервалов (1; 3; 4; 5) и (4; 5; 6; 7)?
 а) (4; 12; 30; 35) б) (4; 18; 20; 35) в) (4; 15; 20; 35) г) (4; 15; 24; 35)
3. Какой из приведенных нечетких интервалов является результатом вычитания нечеткого интервала (2, 4, 5, 6) из нечеткого интервала (7, 12, 14, 16)?
 а) (5, 8, 9, 10) б) (1, 7, 10, 14) в) (5, 7, 10, 10) г) (5, 8, 8, 11)
4. Какой из приведенных нечетких интервалов является результатом объединения нечетких интервалов (0; 2; 5; 9) и (1; 2; 3; 5)?
 а) (0; 2; 3; 5) б) (1; 2; 5; 9) в) (0; 2; 5; 9) г) (1; 2; 3; 5)
5. Какой из приведенных нечетких интервалов является пересечением нечетких интервалов (0; 2; 4; 8) и (2; 3; 4; 7)?
 а) (0; 2; 4; 7) б) (2; 3; 4; 7) в) (2; 3; 4; 8) г) (0; 2; 4; 8)
6. Какое из множеств по определению называется носителем нечеткого множества $A = \{x, \mu_A(x)\}$?
 а) $\{x\} \subset E$, на котором $\mu_A(x) \leq 1$ б) $\{x\} \subset E$, на котором $\mu_A(x) \geq 0$
 в) $\{x\} \subset E$, на котором $\mu_A(x) > 0$ г) $\{x\} \subset E$, на котором $\mu_A(x) = 0$
7. Какое условие определяет понятие нормального нечеткого множества $A = \{x, \mu_A(x)\}$?
 а) $\sup_{x \in E} \{\mu_A(x)\} \leq 1$ б) $\sup_{x \in E} \{\mu_A(x)\} \geq 1$ в) $\sup_{x \in E} \{\mu_A(x)\} = 1$ г) $\min_{x \in E} \{\mu_A(x)\} = 1$
8. Какое значение имеет функция принадлежности элемента 13 к нормальному трапецидальному нечеткому множеству с реперными точками (4; 7; 12; 14)?
 а) 1 б) 1/3 в) 2/3 г) 1/2
9. Какие элементы X нормального трапецидального нечеткого множества с реперными точками (4; 7; 11; 17) имеют функцию принадлежности $\mu_A(x) = 1/3$?
 а) 5 и 15 б) 5 и 13 в) 6 и 15 г) 6 и 13
10. Какое соотношение является определением равенства двух нечетких множеств $A = \{x, \mu_A(x)\}$ и $B = \{x, \mu_B(x)\}$?
 а) $\forall x \in E \mu_A(x) = 1 - \mu_B(x)$ б) $\forall x \in E |\mu_A(x)| = |\mu_B(x)|$
 в) $\forall x \in E \mu_A^2(x) = \mu_B^2(x)$ г) $\forall x \in E \mu_A(x) = \mu_B(x)$
11. Какое соотношение определяет классический вариант нечеткого множества $C = \{x, \mu_C(x)\}$, являющегося результатом объединения $C = A \cup B$ двух нечетких множеств $A = \{x, \mu_A(x)\}$ и $B = \{x, \mu_B(x)\}$?

$$\text{a) } \mu_C = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \quad \text{б) }$$

$$\mu_C = \max \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}$$

$$\text{в) } \mu_C = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) + \mu_A(x) + \mu_B(x) \quad \text{г) } \mu_C = \mu_A(x) + \mu_B(x)$$

12. Какое соотношение определяет классический вариант нечеткого множества

$C = \{x, \mu_C(x)\}$, являющегося результатом пересечения $C = A \cap B$ двух нечетких множеств $A = \{x, \mu_A(x)\}$ и $B = \{x, \mu_B(x)\}$?

- а) $\mu_C = \min \{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ б) $\mu_C = \max \{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
 в) $\mu_C = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$ г) $\mu_C = \min \{|\mu_A(x)|, |\mu_B(x)|\}$

13. Какое соотношение определяет классический вариант нечеткого множества

$C = \{x, \mu_C(x)\}$, являющегося алгебраической суммой $C = A + B$ двух нечетких множеств $A = \{x, \mu_A(x)\}$ и $B = \{x, \mu_B(x)\}$?

- а) $\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A \mu_B$ б) $\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$
 в) $\mu_A(x) + \mu_B(x) + \mu_A \mu_B$ г) $\mu_A(x) + \mu_B(x)$

14. Какое соотношение является определением операции $C = A^\beta$ возведения нечеткого множества $A = \{x, \mu_A(x)\}$ в степень β ?

- а) $\mu_C(x) = \mu_A^{-\beta}(x)$ б) $\mu_C(x) = \mu_A^\beta(x)$
 в) $\mu_C(x) = |\mu_A(x)|^\beta$ г) $\mu_C(x) = \beta \cdot \mu_A^\beta(x)$

15. Какое соотношение является определением множества α – уровня A_α для нечеткого множества $A = \{x, \mu_A(x)\}$?

- а) $A_\alpha = \{x_{x \in E}, \mu_A(x) > \alpha\}$ б) $A_\alpha = \{x_{x \in E}, \mu_A(x) \geq \alpha\}$
 в) $A_\alpha = \{x_{x \in E}, \mu_A(x) \leq \alpha\}$ г) $A_\alpha = \{x_{x \in E}, \mu_A(x) < \alpha\}$

16. Какое соотношение определяет процедуру декомпозиции нечеткого множества $A = \{x, \mu_A(x)\}$ на множества α – уровня A_α ?

- а) $A = \bigcap_{\alpha \in M} A_\alpha, \mu_{A_\alpha}(x)_p = \begin{cases} \alpha, & x \in A_\alpha \\ 0, & x \notin A_\alpha \end{cases}$
 б) $A = \bigcup_{\alpha \in M} A_\alpha, \mu_{A_\alpha}(x)_p = \begin{cases} \alpha, & x \in A_\alpha \\ 0, & x \notin A_\alpha \end{cases}$
 в) $A = \bigcup_{\alpha \in M} A_\alpha, \mu_{A_\alpha}(x)_p = \begin{cases} 1 - \alpha, & x \in A_\alpha \\ 0, & x \notin A_\alpha \end{cases}$
 г) $A = \bigcup_{\alpha \in M} A_\alpha, \mu_{A_\alpha}(x)_p = \begin{cases} \alpha, & x \in A_\alpha \\ 0, & x \notin A_\alpha \end{cases}$

17. Какое соотношение определяет кортеж модальных значений a^*, b^* и коэффициентов нечеткости α, β для нечеткого интервала, задаваемого реперными точками (a, b, c, d)?

$$\begin{aligned}
 & \text{а) } a \equiv b, b \equiv c, \alpha \equiv a - b, \beta \equiv c - d \quad \text{б) } a \equiv a, b \equiv d, \alpha \equiv a - b, \beta \equiv c - d \\
 & \text{в) } a \equiv b, b \equiv c, \alpha \equiv b - a, \beta \equiv d - c \quad \text{г) } a \equiv a, \\
 & b \equiv d, \alpha \equiv b - a, \beta \equiv d - c
 \end{aligned}$$

18. Какое соотношение определяет процедуру дефазификации нечеткого интервала, задаваемого реперными точками (a, b, c, d), по методике центра тяжести?

$$\begin{aligned}
 & \text{а) } D(A) = (d^2 + c^2 + dc + a^2 + b^2 + ab) / (3(d - a + c - b)). \\
 & \text{б) } D(A) = (d^2 + c^2 + dc - a^2 - b^2 - ab) / (3(d + a + c + b)). \\
 & \text{в) } D(A) = (d^2 + c^2 + dc - a^2 - b^2 - ab) / (3(d - a + c - b)). \\
 & \text{г) } D(A) = (d^2 + c^2 + dc - a^2 - b^2 - ab) / (3(a - d + b - c)).
 \end{aligned}$$

19. Какое соотношение определяет эвристический принцип обобщения, описывающий функцию принадлежности для нечеткого множества $f(A)$ элементов универсального множества Y в случае рассмотрения четкого функционального отображения $f: X \rightarrow Y$ и представления аргументов функции f элементами $x \in X$ нечеткого множества $A = \{x, \mu_A(x)\}$?

$$\begin{aligned}
 & \text{а) } \mu_f(A)(y) = \sup_{x \in \{x / f(x)=y\}} |\mu_A(x)| \quad \text{б) } \mu_f(A)(y) = \min_{x \in \{x / f(x)=y\}} \mu_A(x) \\
 & \text{в) } \mu_f(A)(y) = \sup_{x \in \{x / f(x)=y\}} \mu_A(x) \quad \text{г) } \mu_f(A)(y) = \min_{x \in \{x / f(x)=y\}} |\mu_A(x)|
 \end{aligned}$$

20. Какое соотношение в общем случае определяет процедуру дефазификации нечеткого множества $A = \{x, \mu_A(x)\}$?

$$\begin{aligned}
 & \text{а) } D(A) = \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha A_\alpha \cdot \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha \quad \text{б) } D(A) = \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha A_\alpha / \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha \\
 & \text{в) } D(A) = \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha A_\alpha + \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha \quad \text{г) } D(A) = \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha / \sum_{\alpha \in [0,1]} \alpha A_\alpha
 \end{aligned}$$

21. Какое из соотношений описывает приближенную методику Т. Саати для расчета ненормированных рангов частных критериев α_i с использованием матрицы экспертных парных сравнений $|a_{ij}|$?

$$\begin{aligned}
 & \text{а) } \alpha_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^n \quad \text{б) } \alpha_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad \text{в) } \alpha_i = \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad \text{г) } \\
 & \alpha_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{-(1/n)}
 \end{aligned}$$

22. Какая величина отношения согласованности для матрицы парных сравнений является максимально допустимой и не влечет требования повторного уточняющего формирования матрицы экспертных оценок парных сравнений?

- а) 0.2 б) 0.25 в) 0.5 г) 1

23. По какой из формул рассчитывается индекс согласованности матрицы экспертных частных сравнений через максимальное собственное число λ_{\max} указанной матрицы?

- а) $i_c = (\lambda_{\max} - n) / n$ б) $i_c = (\lambda_{\max} + n) / (n - 1)$
в) $i_c = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ г) $i_c = (\lambda_{\max} - n) / (n + 1)$

24. Какое соотношение описывает аддитивную схему свертки ранжированных нечетких частных критериев?

- а) $\mu(x) = \alpha_1 \mu_1(x) + \alpha_2 \mu_2(x) + \dots + \alpha_n \mu_n(x)$
б) $\mu(x) = |\alpha_1 \mu_1(x)| + |\alpha_2 \mu_2(x)| + \dots + |\alpha_n \mu_n(x)|$
в) $\mu(x) = \alpha_1 |\mu_1(x)| + \alpha_2 |\mu_2(x)| + \dots + \alpha_n |\mu_n(x)|$
г) $\mu(x) = \alpha_1^{-1} \mu_1(x) + \alpha_2^{-1} \mu_2(x) + \dots + \alpha_n^{-1} \mu_n(x)$

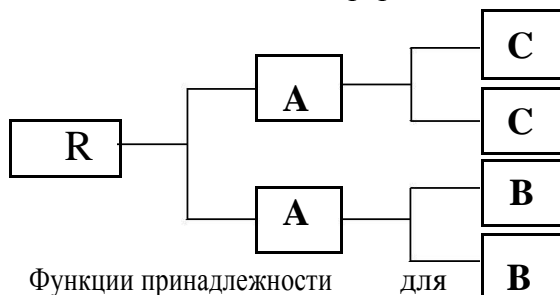
25. Какое соотношение описывает минимизационную схему свертки ранжированных нечетких частных критериев?

- а) $\mu(x) = \min\{\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x)\}$
б) $\mu(x) = \min\{\alpha_1^{-1} \mu_1(x), \alpha_2^{-1} \mu_2(x), \dots, \alpha_n^{-1} \mu_n(x)\}$
в) $\mu(x) = \min\{\alpha_1 |\mu_1(x)|, \alpha_2 |\mu_2(x)|, \dots, \alpha_n |\mu_n(x)|\}$
г) $\mu(x) = \min\{\alpha_1 \mu_1(x), \alpha_2 \mu_2(x), \dots, \alpha_n \mu_n(x)\}$

26. С применением аддитивной схемы агрегирования частных критериев провести оценку двух альтернатив R1 и R2 со значениями критериальных параметров

	B1	B2	C1	C2
R1	2	3	3	7
R2	4	1	4	8

в рамках анализа нечеткой иерархической модели приведенной структуры.



Функции принадлежности для частных критериев исходного уровня описываются нечеткими интервалами вида

$$B_1(1, 6, 8, 12), \quad B_2(0, 4, 6, 16), \quad C_1(0, 5, 7, 14), \quad C_2(1, 2, 6, 10).$$

Матрицы парных сравнений для групп критериев имеют вид

$$\{A_1, A_2\}: \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1/2 & 1 \end{pmatrix}; \quad \{B_1, B_2\}: \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{pmatrix}; \quad \{C_1, C_2\}: \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

Индивидуальные творческие задания (примеры)

1. Разработка программного комплекса для приближения нормального частотного распределения нечетким интервалом
2. Разработка программного комплекса для приближения дискретного частотного распределения нечетким интервалом
3. Разработка программного продукта для реализации мультипликативной свертки нечетких частных критериев.
4. Разработка программного продукта для реализации алгоритма дефаззификации нечеткого множества с кусочно-линейной функцией принадлежности.

9. Критерии оценивания

В течение семестра обучающийся может заработать баллы за следующие виды деятельности: индивидуальное задание (домашние работы), самостоятельные и контрольные работы по практике, модульные контрольные работы по теории и практике (в общей сложности максимум 100 баллов), активность на занятиях, индивидуальные творческие задания (бонусные баллы). Экзаменационная работа оценивается после защиты максимум в 100 баллов. Оценка за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на экзамене и выставляется согласно шкале, принятой в ДонНУ. Более подробные критерии разрабатываются исходя из контингента и доводятся до ведома студентов в первый месяц обучения.

Шкала соответствия баллов национальной шкале (в ДонНУ на 1 сентября 2016 г.)

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка ECTS	Оценка по национальной шкале
		для экзамена
90-100	A	5 (отлично)
80-89	B	4 (хорошо)
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	3 (удовлетворительно)
35-59	FX	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи
0-34	F	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

Критерии оценивания экзаменационных ответов:

90 - 100 баллов (отлично, A)

- полное выполнение всех обязательных и выборочных заданий;
- основательные знания по всем темам;
- владение категориальным аппаратом на должном уровне;
- последовательное и логичное изложение теоретического материала с доказательствами.

Допускается 1-3 неточностей в изложении материала, которые не влияют на правильность решения.

80 - 89 баллов (хорошо, B)

- полное выполнение всех обязательных заданий;
- логичное использование основного содержания материала в соответствии с задани-

ем;

- владение категориальным аппаратом на современном уровне;
- знание основных положений теоретического материала на достаточно высоком уровне.

75 - 89 баллов (хорошо, C)

- полное выполнение всех обязательных заданий;
- логичное использование основного содержания материала в соответствии с заданием;
- владение категориальным аппаратом на современном уровне;
- знание основных положений теоретического материала на достаточно высоком уровне.

Допускается 1-2 неточности в использовании понятийного материала, незначительные погрешности в обобщениях и выводах, которые существенно не влияют на общий уровень выполненного задания.

70 – 74 балла (удовлетворительно, D)

- выполнение 70 % обязательных заданий;
- содержание теоретического материала изложено частично, с несоблюдением в отдельных случаях логики изложения;
- студент поверхностно использует теоретические знания для решения практической проблемы;
- раскрытие сути вопроса со значительными недостатками.

60 – 69 баллов (удовлетворительно, E)

- выполнение 50 – 70 % обязательных заданий;
- содержание теоретического материала изложено частично, с несоблюдением в отдельных случаях логики изложения;
- студент поверхностно использует теоретические знания для решения практической проблемы;
- ошибки при объяснении понятий;
- раскрытие сути вопроса со значительными недостатками.

35 – 59 баллов (неудовлетворительно, FX), с возможностью повторной сдачи

- выполнение 30 – 50 % обязательных заданий;
- неумение раскрыть основное содержание задания;
- необоснованность выводов;
- ограниченное владение категориальным и понятийным аппаратом.

0 – 34 баллов (неудовлетворительно, F), с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

- выполнение менее 30 % обязательных заданий;
- неумение раскрыть основное содержание задания;
- неспособность формулировать выводы;
- отсутствие элементарных знаний по основному материалу.

10. Материально-техническое обеспечение учебного процесса. Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной (мультимедийной техникой и) доской, выборочно проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

11. Рекомендованная литература

Основная

1. Современные проблемы прикладной математики и информатики: алгоритмы нечеткого моделирования в прикладных естественнонаучных, психолого-правовых и социально-экономических исследованиях / Сторожев В.И., Сторожев С.В., Устинов Д.В., Устинова Н.В.; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2016. [Электронный ресурс]: учебное пособие – электронные данные (1 файл).
2. Основы современных методов прикладного нечеткого моделирования/ Сторожев В.И., Сторожев С.В., Устинов Д.В., Устинова Н.В.; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2016. [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие – электронные данные (1 файл).
3. Коноплева, И. А. Информационные технологии: учебное пособие / И. А. Коноплева, О. А. Хохлова, А. В. Денисов. - 2-е изд. - Москва: Проспект, 2014. - 327 с. АНЛ (1), Чз1 (1), Чз3 (1).

Дополнительная

1. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: Мат. основы / В. П. Бочарников. - СПб.: Наука, 2001. - 328 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
2. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, О.А. Крумберг и др.; Риж. политехн. ин-т. - Рига: Зинатне, 1982. - 256 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
3. Нечеткие множества и теория возможностей: Последние достижения / Под. ред. Р.Р. Ягера ; Пер. с англ. В.Б. Кузьмина ; Под. ред. С.И. Травкина. - М.: Радио и связь, 1986. - 406 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
4. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учеб. пособие / Г.Э. Яхьяева. - М.: Интернет-ун-т информ. технологий: Бином. Лаб. знаний, 2006. - 316 с. (АУЛ - 3, АНЛ - 1, Чз1 - 1, Чз3 - 1).
5. Нечеткие системы: модели и программные средства: Сб. науч. тр. / Твер. гос. ун-т, Сов. ассоц. нечет. систем; [Редкол.: А.В. Язенин (отв. ред.) и др.]. - Тверь: ТГУ, 1991. - 112 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
6. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / [А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др.]. - М.: Радио и связь, 1989. - 302 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
7. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использ. / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров; Риж. техн. ун-т. - Рига: Зинатне, 1990. - 184 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
8. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Берштейн, С.Я. Коровин. - М.: Наука, 1990. - 271 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
9. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С.А. Орловский. - Москва: Наука, 1981. - 206 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
10. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; пер. с пол. И.Д. Рудинского. - М.: Горячая Линия-Телеком, 2007. - 383 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).

11. Дюбуа Д. Теория возможностей: приложения к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад; пер. с фр. В.Б. Тарасова; под ред. С.А. Орловского. - Москва: Радио и связь, 1990. – 286с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
12. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / [А.Н. Аверкин и др.]; под ред. Д.А. Поспелова. - Москва: Наука, 1986. - 312 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
13. Саати Т. Аналитическое планирование: Организация систем / Саати Томас, Кернс Кевин; Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе; Под ред. И.А Ушакова. - М.: Радио и связь, 1991. - 224 с. (АНЛ - 2, Чз1 - 2).
14. Пытьев Ю.П. Возможность как альтернатива вероятности: мат. и эмпирические основы, применение / Ю.П. Пытьев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 464 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
15. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман; перевод с фр. В.Б. Кузьмина; под ред. С.И. Травкина. - М.: Радио и связь, 1982. - 432 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
16. 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, 2004. - 452 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).

Информационные ресурсы

1. C++ Interval Arithmetic Library Reference. http://docs.sun.com/htmlcollcoll.693/iso-8859-1/CPPARIT.../iapg_ref_man.htm.
2. ransmv.narod.ru/
3. www.mathnet.ru/rus/fssc
4. fuzzy.tversu.ru/about/history.html?lang=
5. aihandbook.intsys.org.ru/index.php?