

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Левихин А.А.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Направление/специальность подготовки	27.05.01 Специальные организационно-технические системы
Специализация/профиль/программа подготовки	Внешнее проектирование и эффективность авиационных и ракетных организационно-технических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**27.05.01 Специальные организационно-технические системы**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ

Маслов Александр Анатольевич, к.т.н., доцент, доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 — Способен формулировать задачи управления в специальных организационно-технических системах и обосновывать методы их решения

ОПК-7 — Способен аргументированно выбирать и обосновывать, а также разрабатывать схмотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения управления сложными техническими объектами и технологическими процессами и реализовывать их на практике

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-2**

*знания:*

принципы построения моделей функционирования изделий ракетно-космической техники (РКТ);;

*умения:*

составление моделей функционирования изделий РКТ;;

*навыки:*

владеть методами составления и анализа моделей РКТ для поиска и принятия решений;.

### **ОПК-7**

*знания:*

использования современных методов разработки систем поддержки принятия решений и экспертных систем с интеллектуальными возможностями;

*умения:*

принципы построения моделей функционирования изделий ракетно-космической техники (РКТ);

*навыки:*

использования современных методов разработки систем поддержки принятия решений, экспертных, нейро-сетевых систем с интеллектуальными возможностями.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 27.05.01 *Специальные организационно-технические системы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе приобретенных знаний
- ОПК-10 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ПК-93 — Способен генерировать новые идеи для решения задач цифровой экономики, абстрагироваться от стандартных моделей, перестраивать сложившиеся способы решения задач, выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-2	ОПК-7
4	7	<b>Раздел 1. Введение.</b> Краткая история искусственного интеллекта (ИИ). Основные направления исследований в области ИИ. Программное обеспечение систем ИИ. Разработка естественно-языковых интерфейсов и машинный перевод. Интеллектуальные роботы. Машинное зрение. Обучение и самообучение. Распознавание образов. Другие направления. Представление задач в пространстве состояний. Поиск в пространстве состояний. Дедуктивный вывод. Введение в экспертные системы (ЭС). Характеристики ЭС. Достоинства ЭС. Место человека в ЭС. Организация ЭС. Организация знаний. Отличие ЭС от традиционных программ. Основные виды деятельности ЭС. Типы задач, решаемые ЭС.	12	2	2	0	10	10	10
4	7	<b>Раздел 2. Разработка экспертных систем.</b> 2.1.Классификация систем, основанных на знаниях. Применимость, возможность, оправданность и разумность ЭС. Построение ЭС. Уровни разработки ЭС. Выбор инструментального средства построения ЭС. Приобретение знаний от экспертов. Беседы с экспертом. Взаимодействие пользователя с системой принятия решений. 2.2. Средства построения ЭС. Представление знаний в интеллектуальных системах. Представление знаний с использованием правил. Представление знаний с помощью логик, семантических сетей, фреймов. Языки программирования для приложений в области ИИ. Языки инженерии знаний. Продукционные системы. Прямая и обратная цепочки рассуждений. Коэффициент доверия как средство реализации неопределенности в базах знаний. 2.3. Байесовский подход. Машина логического вывода и база знаний. Теорема Байеса. Неопределенность, заключенная в реакции человека. Косвенная цепочка рассуждений. Подход с ценами свидетельств. Выработка заключения. 2.4. Интервальный вероятностный подход к работе с неопределенностью в базах знаний. Надежность утверждений. Комбинирование свидетельств. Противоречия. Правила со сложными условиями. Условия со сложными сравнениями. Пример вывода. Использование рассмотренных методов работы с неопределенностью на примерах решения конкретных задач из области ракетостроения.	22	12	6	6	10	20	20
4	7	<b>Раздел 3. Основы теории нечётких множеств и нечёткой логики.</b> 3.1. Нечёткие рассуждения в системах ИИ. Основные понятия теории нечётких множеств. Определение нечёткого множества. Основные характеристики нечётких множеств. Основные типы функций принадлежности. 3.2. Операции над нечёткими множествами. Равенство и доминирование нечётких множеств. Операции пересечения, объединения и разности. Альтернативные операции пересечения и объединения нечётких множеств. Некоторые дополнительные операции над нечёткими множествами. 3.3. Нечёткие отношения и способы их задания. Основные характеристики нечётких отношений. Операции над нечёткими отношениями. Композиция бинарных нечётких отношений. Нечёткое отображение. 3.4. Нечёткая и лингвистическая переменные. Определения. Примеры. Нечёткие величины, числа и интервалы. Операции над нечёткими числами и интервалами. Нечёткие числа и интервалы в форме (L-R)-функций. Операции над ними. Треугольные нечёткие числа и трапециевидные интервалы. Композиция нечёткого множества и нечёткого отношения. 3.5. Основы нечёткой логики. Понятие нечёткого высказывания. Основные логические операции с нечёткими высказываниями. Логическое отрицание, конъюнкция, дизъюнкция нечётких высказываний. Нечёткая импликация. Принятие решений в нечёткой среде.	20	10	10	0	10	20	20
4	7	<b>Раздел 4. Системы нечёткого вывода.</b> Алгоритм Мамдани. Алгоритмы: Сугено, Цукамото, Ларсена. Примеры использования систем нечёткого вывода. Пример разработки системы нечёткого вывода в интерактивном режиме. Пример разработки системы нечёткого вывода в режиме командной строки. 4.3. Нечёткая кластеризация. Постановка задачи нечёткого кластерного анализа. Алгоритм решения задачи нечёткой кластеризации методом нечётких с-средних. Пример решения задачи в командном режиме и с использованием графического интерфейса. Решение задачи определения числа кластеров для нечёткой кластеризации. 4.4. Основы нечётких нейронных сетей. Общая характеристика ANFIS – адаптивных систем нейро-нечёткого вывода. Понятие нейронной сети и основные её характеристики. Гибридная сеть как адаптивная система нейро-нечёткого вывода. 4.5. Примеры разработки систем нечёткого вывода. Разработка систем нечёткого вывода Мамдани, Сугено и системы нейро-нечёткого вывода (ANFIS), на основе численных данных.	40	20	10	10	20	30	30
4	7	<b>Раздел 5. Генетические алгоритмы.</b> 5.1 Основные понятия генетических алгоритмов. Классический генетический алгоритм. Иллюстрация выполнения классического генетического алгоритма. 5.2. Кодирование параметров задачи в генетическом алгоритме. Основная теорема о генетических алгоритмах. 5.3. Модификации классического генетического алгоритма. Методы селекции. Особые процедуры репродукции. Генетические операторы. Методы кодирования. Масштабирование функции приспособленности. Генетические алгоритмы для многокритериальной оптимизации.	14	7	6	1	7	20	20
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Разработка экспертных систем.	Разработка базы знаний для решения неформализованной задачи с помощью продукционной системы, использующей коэффициент доверия при работе с неопределенностью. Разработка базы знаний для решения неформализованной задачи с помощью вероятностной реализации экспертной системы. (Байесовский подход.) Разработка базы знаний для продукционной системы, использующей интервальный вероятностный подход к работе с неопределенностью.	6
2	Раздел 4. Системы нечёткого вывода.	Разработка системы нечеткого вывода Мамдани для управления движением летательного аппарата в трехмерной постановке.	4
3		Разработка системы нейро-нечёткого вывода (ANFIS) на основе численных данных с использованием графического интерфейса.	2
4		Алгоритм Мамдани. Алгоритм Сугено. Примеры использования систем нечёткого вывода. Пример разработки системы нечёткого вывода в интерактивном режиме. Пример разработки системы нечёткого вывода в режиме командной строки.	2
5		Разработка системы нечёткого вывода Мамдани и системы нечёткого вывода Сугено на основе численных данных с использованием графического интерфейса.	2
6	Раздел 5. Генетические алгоритмы.	Классический генетический алгоритм. Иллюстрация выполнения классического генетического алгоритма.	1
Всего за 7 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Представление задач в пространстве состояний. Поиск в пространстве состояний. Дедуктивный вывод. Введение в экспертные системы (ЭС). Характеристики ЭС. Достоинства ЭС. Место человека в ЭС. Организация ЭС. Организация знаний. Отличие ЭС от традиционных программ. Основные виды деятельности ЭС. Типы задач, решаемые ЭС.	4
2		Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с историей искусственного интеллекта (ИИ). Основными направлениями исследований в области ИИ. Программным обеспечением систем ИИ. Разработкой естественно-языковых интерфейсов и машинным переводом. Интеллектуальные роботы. Машинное зрение. Обучение и самообучение. Распознавание образов.	6
3	Раздел 2. Разработка экспертных систем.	Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Классификация систем, основанных на знаниях. Применимость, возможность, оправданность и разумность ЭС. Построение ЭС. Уровни разработки ЭС. Выбор инструментального средства построения ЭС. Приобретение знаний от экспертов. Беседы с экспертом. Взаимодействие пользователя с системой принятия решений.	5
4		Подготовка к практическим занятиям: Разработка базы знаний для решения неформализованной задачи с помощью продукционной системы, использующей коэффициент доверия при работе с неопределенностью Подготовка к практическим занятиям : Разработка базы знаний для решения неформализованной задачи с помощью вероятностной реализации экспертной системы. (Байесовский подход.) Подготовка к практическим занятиям : Разработка базы знаний для	5

		производственной системы, использующей интервальный вероятностный подход к работе с неопределенностью.	
5		Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Основы нечёткой логики. Понятие нечёткого высказывания. Основные логические операции с нечёткими высказываниями. Логическое отрицание, конъюнкция, дизъюнкция нечётких высказываний. Нечёткая импликация. Принятие решений в нечёткой среде.	3
6	Раздел 3. Основы теории нечётких множеств и нечёткой логики.	Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Нечёткие рассуждения в системах ИИ. Основные понятия теории нечётких множеств. Определение нечёткого множества. Основные характеристики нечётких множеств. Основные типы функций принадлежности. Операции над нечёткими множествами. Равенство и доминирование нечётких множеств. Операции пересечения, объединения и разности. Альтернативные операции пересечения и объединения нечётких множеств. Некоторые дополнительные операции над нечёткими множествами. Основы нечёткой логики. Понятие нечёткого высказывания. Основные логические операции с нечёткими высказываниями. Логическое отрицание, конъюнкция, дизъюнкция нечётких высказываний. Нечёткая импликация. Принятие решений в нечёткой среде.	3
7		Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Нечёткие отношения и способы их задания. Основные характеристики нечётких отношений. Операции над нечёткими отношениями. Композиция бинарных нечётких отношений. Нечёткое отображение. Нечёткая и лингвистическая переменные. Определения. Примеры. Нечёткие величины, числа и интервалы. Операции над нечёткими числами и интервалами. Нечёткие числа и интервалы в форме (L-R)-функций. Операции над ними. Треугольные нечёткие числа и трапецевидные интервалы. Композиция нечёткого множества и нечёткого отношения	4
8		Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Базовая архитектура систем нечёткого вывода. Нечёткие лингвистические высказывания. Основные этапы нечёткого вывода. Формирование базы правил. Фаззификация. Агрегирование. Активизация. Аккумуляция. Дефаззификация. Метод центра тяжести. Метод центра площади. Метод левого/правого модального значения. Проектирование базы нечётких правил на основе численных данных.	3
9	Раздел 4. Системы нечёткого вывода.	Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Основные алгоритмы нечёткого вывода. Алгоритм Мамдани. Алгоритм Сугено. Примеры использования систем нечёткого вывода. Пример разработки системы нечёткого вывода в интерактивном режиме. Пример разработки системы нечёткого вывода в режиме командной строки.	3
10		Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Нечёткая кластеризация. Постановка задачи нечёткого кластерного анализа. Алгоритм решения задачи нечёткой кластеризации методом нечётких с-средних. Пример решения задачи в командном режиме и с использованием графического интерфейса. Решение задачи определения числа кластеров для нечёткой кластеризации.	3
11		Разработка системы нечеткого вывода Мамдани для управления движением летательного аппарата в трехмерной постановке.	8
12		Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Основы нечётких нейронных сетей. Общая характеристика ANFIS – адаптивных систем нейро-нечёткого вывода. Понятие нейронной сети и основные её характеристики. Гибридная сеть как адаптивная система нейро-нечёткого вывода.	3
13	Раздел 5. Генетические алгоритмы.	Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Решение задач с помощью генетического	7



		алгоритма в режиме графического интерфейса и с использованием командной строки.	
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>57</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	ТекК		Отч. по ПЗ		ДР	Отч. по ПЗ			ДР		Отч. по ПЗ		Отч. по ПЗ		ДР	диф. зач.	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Мягкие вычисления в задачах управления и принятия решений. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
2. . Системы искусственного интеллекта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 50 экз.
3. А. А. Маслов. . Генетический алгоритм в MATLAB. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 30 экз.
4. А. Пегат. . Нечёткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, 19 экз.
5. С. Д. Штовба. . Проектирование нечётких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия-Телеком, 2007, 30 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://avidreaders.ru/read-book/nechetkoe-modelirovanie-v-srede-matlab-i.html> — Читать бесплатно книгу "Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH" - Леоненков Александр;.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 27.05.01 *Специальные организационно-технические системы*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-2 Способен формулировать задачи управления в специальных организационно-технических системах и обосновывать методы их решения;

ОПК-7 Способен аргументированно выбирать и обосновывать, а также разрабатывать схмотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения управления сложными техническими объектами и технологическими процессами и реализовывать их на практике.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с использованием систем искусственного интеллекта в инженерной деятельности.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение.		
Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Представление задач в пространстве состояний. Поиск в пространстве состояний. Дедуктивный вывод. Введение в экспертные системы (ЭС). Характеристики ЭС. Достоинства ЭС. Место человека в ЭС. Организация ЭС. Организация знаний. Отличие ЭС от традиционных программ. Основные виды деятельности ЭС. Типы задач, решаемые ЭС.	А. Пегат. . Нечёткое моделирование и управление: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 (1,2)	4
Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с историей искусственного интеллекта (ИИ). Основными направлениями исследований в области ИИ. Программным обеспечением систем ИИ. Разработкой естественно-языковых интерфейсов и машинным переводом. Интеллектуальные роботы. Машинное зрение. Обучение и самообучение. Распознавание образов.		6
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Разработка экспертных систем.		
Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Классификация систем, основанных на знаниях. Применимость, возможность, оправданность и разумность ЭС. Построение ЭС. Уровни разработки ЭС. Выбор инструментального средства построения ЭС. Приобретение знаний от экспертов. Беседы с экспертом. Взаимодействие пользователя с системой принятия решений.	А. Пегат. . Нечёткое моделирование и управление: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 (3) С. Д. Штовба. . Проектирование нечётких систем средствами MATLAB: М.: Горячая линия-Телеком, 2007 (1,5)	5
Подготовка к практическим занятиям: Разработка базы знаний для решения неформализованной задачи с помощью продукционной системы, использующей коэффициент доверия при работе с неопределенностью Подготовка к практическим занятиям : Разработка базы знаний для решения неформализованной задачи с помощью вероятностной реализации экспертной системы. (Байесовский подход.) Подготовка к практическим занятиям : Разработка базы знаний для продукционной системы, использующей интервальный вероятностный подход к работе с неопределенностью.		5
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Основы теории нечётких множеств и нечёткой логики.		
Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Основы нечёткой логики. Понятие нечёткого высказывания. Основные логические операции с нечёткими высказываниями. Логическое отрицание, конъюнкция, дизъюнкция нечётких высказываний. Нечёткая импликация. Принятие решений в нечёткой среде.	А. Пегат. . Нечёткое моделирование и управление: М.: БИНОМ. Лаборатория	3

Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Нечёткие рассуждения в системах ИИ. Основные понятия теории нечётких множеств. Определение нечёткого множества. Основные характеристики нечётких множеств. Основные типы функций принадлежности. Операции над нечёткими множествами. Равенство и доминирование нечётких множеств. Операции пересечения, объединения и разности. Альтернативные операции пересечения и объединения нечётких множеств. Некоторые дополнительные операции над нечёткими множествами. Основы нечёткой логики. Понятие нечёткого высказывания. Основные логические операции с нечёткими высказываниями. Логическое отрицание, конъюнкция, дизъюнкция нечётких высказываний. Нечёткая импликация. Принятие решений в нечёткой среде.	знаний, 2012 (4,5)	3
Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Нечёткие отношения и способы их задания. Основные характеристики нечётких отношений. Операции над нечёткими отношениями. Композиция бинарных нечётких отношений. Нечёткое отображение. Нечёткая и лингвистическая переменные. Определения. Примеры. Нечёткие величины, числа и интервалы. Операции над нечёткими числами и интервалами. Нечёткие числа и интервалы в форме (L-R)-функций. Операции над ними. Треугольные нечёткие числа и трапециевидные интервалы. Композиция нечёткого множества и нечёткого отношения		4
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Системы нечёткого вывода.</b>		
Подготовка к восприятию лекционного материала, связанного с изложением следующих вопросов: Базовая архитектура систем нечёткого вывода. Нечёткие лингвистические высказывания. Основные этапы нечёткого вывода. Формирование базы правил. Фаззификация. Агрегирование. Активизация. Аккумуляция. Дефаззификация. Метод центра тяжести. Метод центра площади. Метод левого/правого модального значения. Проектирование базы нечётких правил на основе численных данных.	А. Пегат. . Нечёткое моделирование и управление: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 (7)	3
Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Основные алгоритмы нечёткого вывода. Алгоритм Мамдани. Алгоритм Сугено. Примеры использования систем нечёткого вывода. Пример разработки системы нечёткого вывода в интерактивном режиме. Пример разработки системы нечёткого вывода в режиме командной строки.	. Системы искусственного интеллекта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1,6)	3
Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Нечёткая кластеризация. Постановка задачи нечёткого кластерного анализа. Алгоритм решения задачи нечёткой кластеризации методом нечётких с-средних. Пример решения задачи в командном режиме и с использованием графического интерфейса. Решение задачи определения числа кластеров для нечёткой кластеризации.	. Мягкие вычисления в задачах управления и принятия решений: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1,3)	3
Разработка системы нечеткого вывода Мамдани для управления движением летательного аппарата в трехмерной постановке.		8
Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Основы нечётких нейронных сетей. Общая характеристика ANFIS – адаптивных систем нейро-нечёткого вывода. Понятие нейронной сети и основные её характеристики. Гибридная сеть как адаптивная система нейро-нечёткого вывода.		3
Итого по разделу 4		20
<b>Раздел 5. Генетические алгоритмы.</b>		
Подготовка к практическим занятиям, связанным с изучением следующих вопросов: Решение задач с помощью генетического алгоритма в режиме графического интерфейса и с использованием командной строки.	А. А. Маслов. . Генетический алгоритм в MATLAB: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ"	7

	им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1,6)	
Итого по разделу 5		7

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

##### Раздел 1

1. Что такое - правило?
2. Что такое - продукционная система?
3. Эвристика?
4. База знаний?
5. Что значит - выполнить правило?
6. Прямая цепочка рассуждений?
7. Обратная цепочка рассуждений?
8. Как получить характеристики констатирующей части правила?
9. Неформализованная задача?
10. Коэффициент доверия?
11. Степень принадлежности?
12. Возможности Байесовского подхода.
13. Косвенная цепочка рассуждений.
14. Цена свидетельства.
15. Физический смысл цены.
16. Технология Байесовского алгоритма.
17. Критерии принятия решения в Байесовском алгоритме.
18. Как смоделирована возможность дать нечёткий ответ?
19. Что такое  $P_{Hmax}$  и  $P_{Hmin}$ ?
20. Что такое верхний и нижний пороги?
21. Что такое  $t(A)$  и  $f(A)$  в интервальном подходе при работе с неопределённостью?
22. Как количественно оценить понятия: «неопределённость» и «недоверие»?
23. Что такое полная неопределённость и полное недоверие?
24. Сила правила.
25. Как получить характеристики констатирующей части правила в интервальном подходе?
26. Зависимые и независимые высказывания.
27. Противоречие.
28. Причины появления противоречия.

##### Раздел 3

1. Функция принадлежности?
2. Нечёткое множество?
3. Нечёткое высказывание?
4. Нечёткая переменная?
5. Операции с нечёткими множествами.
6. Операции с нечёткими высказываниями.
7. Лингвистическая переменная.
8. Как поступить, если одно высказывание получено разными путями?
9. Нечёткая величина.
10. Нечёткие числа и интервалы.
11. Что такое левый и правый коэффициенты нечёткости?



12. Что означает аббревиатура ТНЧ и ТНИ?
13. Что такое L-R функция?
14. Типы функций принадлежности.
15. Области применимости различных типов?

#### Раздел 4

1. Системы нечёткого вывода.
2. Фаззификация.
3. Агрегирование.
4. Активизация.
5. Аккумуляирование.
6. Дефаззификация.
7. Пояснить структуру созданной базы знаний.
8. Пояснить перечень входных и выходных переменных в системе нечёткого вывода.
9. Пояснить состав терм-множеств.
10. Пояснить характеристики, тип и количество использованных функций принадлежности.
11. Как оценивалась адекватность работы системы нечёткого вывода?
12. Сравнить результаты работы систем нечёткого вывода Мамдани и Сугено при решении одной задачи.
13. Что такое - система нейро-нечёткого вывода?
14. Какие проблемы помогает решить этот подход?
15. Этапы разработки системы нейро-нечёткого вывода.
16. Для чего в системах нейро-нечёткого вывода используются алгоритмы обучения нейронных сетей?
17. Нечёткая кластеризация?
18. Отличие от обычной кластеризации.
19. Понятие об алгоритме субтрактивной кластеризации.
20. С помощью каких параметров можно повлиять на число предполагаемых кластеров?

#### Раздел 5

1. Классический генетический алгоритм.
2. Хромосома.
3. Популяция.
4. Генотип.
5. Фенотип.
6. Локус.
7. Аллель.
8. Функция приспособленности.
9. Генетические операторы.
10. Скрещивание и мутация.
11. Виды скрещивания.
12. Кодирование.
13. Колесо рулетки.
14. Основная теорема.
15. Схема.
16. Порядок и охват схемы.
17. Строительные блоки.

Правильный ответ на 7 вопросов из 10, заданных из соответствующего раздела, - контроль пройден.

#### **Отчет по практическому заданию**

Отчет должен содержать: титульный лист, постановку задачи, описание метода решения и комментарии по проделанной работе и полученным результатам.

Защита - в форме беседы, по результатам которой, отчет либо принимается, либо отправляется на доработку.

#### **Дифференцированный зачет**

Перечень вопросов, выносимых на зачёт.

1. Нечеткая переменная. Пример. Лингвистическая переменная. Пример.
2. Нечеткое множество. Носитель нечеткого множества.
3. Интервальный подход к работе с неопределенностью. Сила правил. Противоречие.
4. Основные типы функций принадлежности. Назначение.
5. Вероятностный подход к реализации экспертной системы. Постановка задачи.
6. Основные характеристики нечетких множеств.
7. Байесовский подход. Реализация неопределенности, заключенной в реакции человека.
8. Операции пересечения, объединения и разности нечетких множеств.
9. Байесовский подход. Цена свидетельства. Определение, расчет.

10. Обратная цепочка рассуждений.
11. Композиция нечёткого множества и нечёткого отношения.
12. Обход бинарного дерева.
13. Нечеткие отношения. Способы задания нечетких отношений. Пример.
14. Байесовский подход.
15. Композиция бинарных нечетких отношений. Пример.
16. Нечеткие отображения. Нечеткая функция.
17. Нечеткие высказывания, нечеткие правила, нечеткий вывод. Определения. Примеры.
18. Основные этапы нечеткого вывода.
19. Типы функций принадлежности. Назначение.
20. Операции над нечёткими множествами.
21. Двухсвязный циклический список. Операция исключения элемента по его адресу.
22. Нечёткие величины, числа и интервалы. (L-R)-функция. ТНЧ и ТНИ. Понятие об арифметических операциях.
23. Представление деревьев в виде бинарных.
24. Процедура дефаззификации. Назначение. Технология.
25. Нечёткие высказывания. Основные логические операции с ними.
26. Байесовский подход. Цена свидетельства. Определение, расчёт.
27. Системы нечёткого вывода. Нечёткие высказывания. Типы высказываний. Примеры. Преобразования высказываний разных типов.
28. Фаззификация. Пример.
29. Термы лингвистической переменной. Пример.
30. Агрегирование. Пример.
31. Алгоритм нечёткого вывода Мамдани. Этапы. Технология.
32. Прохождение леса. Пример.
33. Способы дефаззификации.
34. Стеки, очереди и деки. Пример операции включения в стек.
35. Связь между нечётким отношением и нечётким правилом. Пример.
36. Алгоритм нечеткого вывода Сугено.
37. Сравнить результаты работы систем нечёткого вывода Мамдани и Сугено при решении одной задачи.
38. Что такое - система нейро-нечёткого вывода?
39. Какие проблемы помогает решить нейро-нечеткий подход?
40. Этапы разработки системы нейро-нечёткого вывода.
41. Для чего в системах нейро-нечёткого вывода используются алгоритмы обучения нейронных сетей?
42. Нечёткая кластеризация?
43. Отличие нечеткой кластеризации от обычной.
44. Какие факторы учитывает целевая функция при кластеризации методом нечетких с-средних?
45. Понятие об алгоритме субтрактивной кластеризации.
46. С помощью каких параметров можно повлиять на число предполагаемых кластеров?
47. Классический генетический алгоритм.
48. Хромосома.
49. Популяция.
50. Генотип.
51. Фенотип.
52. Локус.
53. Аллель.
54. Функция приспособленности.
55. Генетические операторы.
56. Скрещивание и мутация.
57. Виды скрещивания.
58. Кодирование.
59. Колесо рулетки.
60. Основная теорема.
61. Схема.
62. Порядок и охват схемы.
63. Строительные блоки.

К сдаче дифф. зачета допускаются студенты при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных программой дисциплины. При сдаче зачета задаются два вопроса из приведенного списка. Оценка выставляется по результатам ответов.  
При правильном, полном ответе на оба вопроса - оценка: "отлично".

При неполном ответе на один из вопросов - "хорошо".  
При ответе только на один вопрос - "удовлетворительно".

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-2	ОПК-7	
4	7	Раздел 1. Введение.	12	2	2	0	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 2. Разработка экспертных систем.	22	12	6	6	10	20	20	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Основы теории нечётких множеств и нечёткой логики.	20	10	10	0	10	20	20	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 4. Системы нечёткого вывода.	40	20	10	10	20	30	30	Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 5. Генетические алгоритмы.	14	7	6	1	7	20	20	Вопросы для текущего контроля
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

**Оценочные материалы по дисциплине МЯГКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ  
УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

**ОПК-2 - Способен формулировать задачи управления в специальных организационно-технических системах и обосновывать методы их решения**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что происходит с вероятностью выживания схемы при мутации, если увеличивается порядок схемы?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что происходит с вероятностью выживания схемы при скрещивании, если увеличивается охват схемы?
- № 3 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность действий
- 1) Применение генетических операторов
  - 2) Выбор популяции
  - 3) Расчет приспособленности хромосом
  - 4) Селекция хромосом
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие  
Завершите фразы соответствующими фрагментами:
1. Настраиваемыми параметрами систем нечеткого вывода являются ...
  2. Настраиваемыми параметрами нейронных сетей являются ...
  3. В ходе обучения нейронной сети определяют ...
- А - значения функции потерь  
Б - характеристики функций принадлежности и веса правил  
В - веса и смещения нейронов  
Г - число слоев
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между методами и их назначением:
1. Фаззификация
  2. Аккумуляция
  3. Дефаззификация
- А - определение функции принадлежности выходной переменной по всем правилам  
Б - определение степеней принадлежности входных данных  
В - определение численного значения выходной переменной  
Г - определение степени истинности условной части
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность действий в обратной цепочке рассуждений
- 1) Выполнение правил с истинной условной частью
  - 2) Поиск объекта в констатирующей части правил
  - 3) Определение истинности условной части правила
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Терм-множество лингвистической переменной — это ...
- 1) множество её значений.
  - 2) область её определения
  - 3) множество модификаторов
  - 4) множество правил с её участием
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Пересечение нечеткого множества и его дополнения ...

- 1) образует универсальное множество
  - 2) является пустым множеством
  - 3) не является пустым множеством
  - 4) определяется максимумом функции принадлежности
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Объединение нечеткого множества и его дополнения ...
- 1) образует универсальное множество
  - 2) является пустым множеством
  - 3) не дает универсального множества
  - 4) определяется минимумом функции принадлежности
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Прямая цепочка рассуждений ...
- 1) анализирует констатирующую часть правила
  - 2) анализирует условную часть правила
  - 3) просматривает правила выборочно
  - 4) просматривает весь список правил полностью
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Обратная цепочка рассуждений ...
- 1) анализирует констатирующую часть правила
  - 2) анализирует условную часть правила
  - 3) просматривает правила выборочно
  - 4) просматривает весь список правил полностью
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Степень принадлежности объединению нечетких множеств равна ...
- 1) максимуму степеней принадлежности пересекаемых множеств.
  - 2) минимуму степеней принадлежности пересекаемых множеств.
  - 3) разности степеней принадлежности пересекаемых множеств.
  - 4) сумме степеней минус их произведение

**ОПК-7 - Способен аргументированно выбирать и обосновывать, а также разрабатывать схемотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения управления сложными техническими объектами и технологическими процессами и реализовывать их на практике**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что происходит с вероятностью выживания схемы при мутации, если уменьшается порядок схемы
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
В технологии ANFIS система нечеткого вывода настраивается с помощью...  
**ЗАВЕРШИТЕ ФРАЗУ**
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие между фразами:
1. с помощью Z-образной функции принадлежности
  2. с помощью S-образной функции принадлежности
  3. с помощью П-образной функции принадлежности
- А - характеризуется высокая степень проявления признака  
Б - характеризуется низкая степень проявления признака  
В - характеризуется сходство с данным объектом  
Г - характеризуется отличие от объекта
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность действий в Байесовском алгоритме
- 1) Уточнение вероятности истинности гипотез
  - 2) Задавание вопроса
  - 3) Расчет цены свидетельства

- 4) Получение ответа
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Укажите подходящие функции принадлежности для нечеткого множества: "действительное число около нуля":
- 1) Z - образная
  - 2) S - образная
  - 3) треугольная с модой, равной нулю
  - 4) кривая Гаусса
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Укажите подходящие функции принадлежности для терма: "средняя скорость", если диапазон скоростей от 0 до 100:
- 1) Z - образная
  - 2) S - образная
  - 3) треугольная с модой, равной 50
  - 4) кривая Гаусса с модой 50
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Укажите какого типа функции принадлежности подходят для формализации слабого проявления признака
- 1) Z - образные
  - 2) треугольная
  - 3) кривая Гаусса
  - 4) S - образная
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
- Установите соответствие между фразами:
1. Численное значение цены свидетельства в Байесовском подходе характеризует
  2. Численное значение функции принадлежности характеризует
  3. Возведение функции принадлежности в квадрат характеризует
- А - рост степени уверенности  
Б - значение степени уверенности  
В - влияние при решении задачи  
Г - вероятность истинности
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность
- Установите последовательность этапов нечеткого вывода:
1. Дефазификация
  2. Фазификация
  3. Формирование базы правил
  4. Агрегирование
  5. Аккумуляирование
  6. Активизация
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Для характеристики неопределенности типа "среднее значение", "находится в интервале", "похож на объект"...
- следует использовать функции принадлежности:
- 1) Z - образные
  - 2) S - образные
  - 3) П - образные
  - 4) монотонные
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Для характеристики высокой степени проявления качественного или количественного признака следует использовать функции принадлежности:
- 1) Z - образные
  - 2) S - образные

- 3) П - образные
- 4) монотонно-убывающие

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Для характеристики слабой степени проявления качественного или количественного признака следует использовать функции принадлежности:

- 1) Z - образные
- 2) S - образные
- 3) П - образные
- 4) монотонно-возрастающие