

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сочинский государственный университет»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Исследование операций и методы оптимизации

Шифр и направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Профиль подготовки бакалавра Цифровые технологии в аналитической деятельности

Форма обучения Очная

Выпускающая кафедра кафедра информационных технологий

Кафедра-разработчик рабочей программы кафедра прикладной математики и информатики

| Семестр | Трудоем- кость (час./зет.) | Лекцион. занятий, (час.) | Практич. занятий, (час.) | Лаборат. занятий, (час.) | СРС, (час.) | КР/КП (час.) | КРЗ | Форма промежуточного контроля (экз./зачет) |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----|---|
| ОФО | | | | | | | | |
| 4 | 108/3 | 18 | 36 | 0 | 27 | - | - | Экзамен(27) |
| ИТОГО | 108/3 | 18 | 36 | 0 | 27 | | | Экзамен(27) |

Сочи 2019 г.

Рабочая программа по дисциплине Исследование операций и методы оптимизации

составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++ по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика утвержден Приказом Минобрнауки № 922 от 19.09.2017

Рабочую программу составили:

 Макарова И.Л.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА

на заседании кафедры кафедра прикладной математики и информатики

Протокол № 1 от «31» августа 2019 г..

Заведующий кафедрой

 Макарова И.Л.
подпись

Руководитель ОПОП

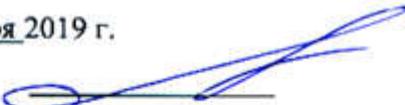

подпись

Копырин А.С.
ФИО

Рабочая программа одобрена на заседании Учебно-методического совета направления 09.03.03 Прикладная информатика

Протокол № 1 от «5» сентября 2019 г.

Председатель УМСН


подпись

Волков А.Н.
ФИО

Структура рабочей программы соответствует предъявляемым требованиям
Отдел качества образования и
методического обеспечения


подпись

Васильченко В.В.
ФИО

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ РПД

Рабочая программа переутверждена на 2020/2021 учебный год, протокол №_1_ заседания кафедры от «29»_августа_2020_г. В программу внесены дополнения и(или) изменения:

- 5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины
- 5.3 Особенности преподавания дисциплины
- 5.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Заведующий кафедрой



подпись

ФИО

И.Л. Макарова

Рабочая программа переутверждена на 2021/2022 учебный год, протокол №_1_ заседания кафедры от «31»_августа_2021_г. В программу внесены дополнения и(или) изменения.

Изменений и дополнений нет

Заведующий кафедрой



подпись

И.Л. Макарова
ФИО

Рабочая программа переутверждена на 2022/2023 учебный год, протокол №_1_ заседания кафедры от «30»_августа_2022_г. В программу внесены дополнения и(или) изменения.

Изменений и дополнений нет

Заведующий кафедрой



подпись

И.Л. Макарова
ФИО

Рабочая программа переутверждена на 2023/2024 учебный год, протокол №_5_ заседания кафедры от «16»_июня_2023_г. В программу внесены дополнения и(или) изменения.

Изменений и дополнений нет

Заведующий кафедрой



Подпись

ФИО



СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|--|
| 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 5 |
| 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП НАПРАВЛЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТИ) | 5 |
| 3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 6 |
| 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 9 |
| 4.1 Тематический план дисциплины | 9 |
| 4.1.1 Лекционные занятия | 10 |
| 4.1.2 Практические занятия | 12 |
| 4.1.3 Лабораторные занятия | 13 |
| 4.1.4 Самостоятельная работа студента | 13 |
| 4.1.5 Интерактивные формы занятий | 14 |
| 4.2 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины | 14 |
| 4.2.1 Литература | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.2.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4.2.3 Нормативные документы | 14 |
| 4.2.4 Интернет-ресурсы и другие электронные информационные источники | 14 |
| 4.3 Формы и содержание текущей и промежуточной аттестации по дисциплине..... | 15 |
| 5 УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ | 16 |
| 5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины | 16 |
| 5.2 Организация самостоятельной работы студента по дисциплине | 17 |
| 5.3 Особенности преподавания дисциплины | 17 |
| 5.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины | 17 |
| АННОТАЦИЯ | 19 |

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Исследование операций и методы оптимизации» является формирование у студентов теоретических знаний, практических навыков по вопросам, касающимся принятия управленческих решений; освоение студентами современных математических методов анализа, научного прогнозирования поведения экономических объектов, обучение студентов применению методов и моделей исследования операций в процессе подготовки и принятия управленческих решений в организационно-экономических и производственных системах; ознакомление с основами процесса принятия решений в задачах управления; обучение теории и практике принятия решений в современных условиях хозяйствования; рассмотрение широкого круга задач, возникающих на практике.

Задачи дисциплины:

освоение студентами теоретических основ исследования операций и математических методов анализа;

изучение классических методов оптимизации, критериев оптимальных решений, методов принятия решений;

усвоение студентами современных методов исследования операций, научного прогнозирования;

приобретение студентами практических навыков решения различных оптимизационных задач.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП НАПРАВЛЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТИ)

Дисциплина Исследование операций и методы оптимизации относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)», обязательной части учебного плана.

В таблице 1 приведены межпредметные связи дисциплины:

Таблица 1

| Наименование категории (группы) компетенций | Код и наименование компетенции | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины |
|---|---|---|---|
| Универсальные компетенции | | | |
| Разработка и реализация проектов | УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | Основы проектной деятельности Правоведение Дискретная математика Экономика фирмы (предприятия) | Менеджмент Преддипломная практика Ознакомительная практика Технологическая (проектно-технологическая) практика |
| Общепрофессиональные компетенции | | | |
| | ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в | Математика (продвинутый уровень) Дискретная математика Теория вероятностей и математическая статистика Физика | Ознакомительная практика Технологическая (проектно-технологическая) практика |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | профессиональной деятельности; | | |
| | ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования; | Математика (продвинутый уровень) Теория вероятностей и математическая статистика Экономическая теория Экономика фирмы (предприятия) Теория систем и системный анализ | Ознакомительная практика Технологическая (проектно-технологическая) практика |
| Профессиональные компетенции (ПКО, ПКР, ПКУВ) | | | |

3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

УК – универсальные компетенции;

ОПК – общепрофессиональные компетенции;

ПК – профессиональные компетенции;

ПКО – профессиональные компетенции обязательные;

ПКР – профессиональные компетенции рекомендуемые;

ПКУВ – профессиональные компетенции установленные вузом.

Таблица 2

| Компетенции и индикаторы их достижения | | | В результате изучения дисциплины обучающиеся должны: |
|---|---|--|--|
| Категория компетенций | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | |
| Разработка и реализация проектов | УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.1 Демонстрирует способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты | 3.1-УК-2.1 Знать способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты |

| Компетенции и индикаторы их достижения | | | В результате изучения дисциплины обучающиеся должны: |
|--|---|--|--|
| Категория компетенций | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | |
| Разработка и реализация проектов | УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.2 Анализирует альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; разрабатывает план, определять целевые этапы и основные направления работ | У.1-УК-2.2 Уметь анализировать альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; разрабатывать план, определять целевые этапы и основные направления работ |
| Разработка и реализация проектов | УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.3 Использует различные методики для разработки целей и задач проекта; руководствуется методами оценки продолжительности и стоимости проекта, а также может рассчитать ресурсные затраты | Н.1-УК-2.3 Владеет навыками использования различных методик для разработки целей и задач проекта; Н.2-УК-2.3 Владеет методами оценки продолжительности и стоимости проекта, а также навыками расчета ресурсных затрат |
| | ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; | ОПК-1.1 Демонстрирует знание основ математики, физики, вычислительной техники и программирования. | З.1-ОПК-1.1 Знать основы математики, физики, вычислительной техники и программирования. |

| Компетенции и индикаторы их достижения | | | В результате изучения дисциплины обучающиеся должны: |
|---|--|---|---|
| Категория компетенций | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | |
| | ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; | ОПК-1.2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. | У.1-ОПК-1.2 Уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. |
| | ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; | ОПК-1.3 Применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности. | Н.1-ОПК-1.3 Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности. |
| | ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования; | ОПК-6.1 Демонстрирует знание основ теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования. | 3.4-ОПК-6.1 Знать основы методов оптимизации и исследования операций, 3.5-ОПК-6.1 Знать основы нечетких вычислений, 3.6-ОПК-6.1 Знать основы математического и имитационного моделирования. |

| Компетенции и индикаторы их достижения | | | В результате изучения дисциплины обучающиеся должны: |
|--|--|--|--|
| Категория компетенций | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | |
| | ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования; | ОПК-6.2 Применяет методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий. | У.1-ОПК-6.2 Уметь применять методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий. |
| | ОПК-6 Способен анализировать и разрабатывать организационно-технические и экономические процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования; | ОПК-6.3 Применяет навыки проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий. | Н.1-ОПК-6.3 Владеть навыками проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий. |

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Тематический план дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов,

| № раздела, темы | Наименование модуля (раздела, темы) дисциплины | ОФО | | | | | |
|-----------------|--|-------------|---|----------------------|---------------------|-----|----------|
| | | Всего часов | Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы | | | | |
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | СРС | Контроль |
| 1 | Линейное программирование | 16 | 4 | 8 | - | 4 | |
| 2 | Введение в теорию игр | 11 | 2 | 4 | - | 5 | |
| 3 | Нелинейное программирование | 12 | 2 | 6 | - | 4 | |
| 4 | Динамическое программирование | 15 | 4 | 6 | - | 5 | |
| 5 | Графы и сети | 11 | 2 | 4 | - | 5 | |

| | | | | | | | |
|---|--|-----|----|----|---|----|----|
| 6 | Нечеткое математическое программирование | 16 | 4 | 8 | - | 4 | |
| | Экзамен | 27 | | | | | 27 |
| | ИТОГО | 108 | 18 | 36 | - | 27 | 27 |

4.1.1 Лекционные занятия

| № п/п | Наименование модуля, раздела дисциплины | Объем, часов | Краткое содержание | Формируемые ЗУН | Ссылки на литературу |
|-------|---|--------------|---|--|----------------------|
| 1 | Линейное программирование | 4 | Цели и методы исследования операций. Составные части модели задачи математического программирования. Формы записи математической модели ЗЛП; приемы перехода от одной формы модели к другой. Задачи оптимизации использования ресурсов. Задачи о выборе оптимальных технологий. Задачи вариационного исчисления, критерий оптимальности в которых задан в форме функционала. Понятие локального и глобального экстремума. Основная теорема линейного программирования. Особенности оптимизации выпуклых функций. Алгоритм основного симплекс-метода. Алгоритм двойственного симплекс-метода. Алгоритм смешанного симплекс-метода. Введение в математическую модель ЗЛП искусственных неизвестных. Формирование дополнительной целевой функции. Алгоритм решения ЗЛП методом искусственного базиса. Условия формирования в итерационных таблицах обращенного базиса и симплекс-множителей. Основные расчетные формулы модифицированного симплекс-метода. Алгоритм модифицированного симплекс-метода. Понятие теневой цены. Правила построения модели двойственной ЗЛП по модели прямой задачи. Экономическая интерпретация неизвестных двойственной задачи и их связь с неизвестными прямой ЗЛП. Постановка транспортной задачи. Расчетная таблица и число базисных неизвестных в ТЗ. Построение начального опорного плана методом северо-западного угла, методом двойного предпочтения, методом минимального элемента и методом аппроксимации Фогеля. Проверка опорного плана ТЗ на оптимальность. Циклы пересчета. Вырождение в ТЗ; правила использования нулевых поставок в опорных планах ТЗ. Алгоритм метода дифференциальных рент. Критерий оптимальности плана ТЗ при решении задачи методом дифференциальных рент. Правила определения знака нулевой оценки поставщика. Задача целочисленного программирования. Метод ветвей и | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 8 |

| | | | | | |
|---|-------------------------------|---|---|--|----------------------|
| | | | границ. Метод сечений Гомори. Задача коммивояжера | | |
| 2 | Введение в теорию игр | 2 | Парные матричные игры с седловой точкой. Алгоритм решения парной матричной игры в смешанных стратегиях графическим методом. Теоремы теории игр с нулевой суммой; сведение решения матричной игры к решению пары двойственных задач ЗЛП. Решение статистической игры методом анализа иерархий. Использование критерия Байеса при решении игры с «природой» в условиях риска. Критерии выбора наиболее предпочтительной стратегии в игре с «природой» в условиях неопределенности: критерий недостаточного основания Лапласа, максиминный критерий Вальда, критерий минимального риска Сэвиджа, критерий Гурвица. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 8 |
| 3 | Нелинейное программирование | 2 | Особенности расположения точки экстремума в области допустимых решений ЗНП. Модель классической задачи на условный экстремум. Основная модель задачи выпуклого квадратичного программирования. Функция Лагранжа для модели классической задачи на условный экстремум. Достаточное условие максимума и минимума целевой функции задачи на условный экстремум. Экономическая интерпретация множителей Лагранжа. Градиент функции нескольких переменных и его построение в точке на линии уровня целевой функции. Метод градиента. Метод наискорейшего спуска. Функция Лагранжа для основной модели задачи нелинейного выпуклого программирования; условие регулярности Слейтера. Седловая точка функции Лагранжа; теорема Куна-Таккера. Алгоритм решения задачи выпуклого квадратичного программирования сведением к ЗЛП с искусственным базисом. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| 4 | Динамическое программирование | 4 | Принцип оптимальности Беллмана. Прямой и обратный ход решения задачи динамического программирования. Функциональные уравнения Беллмана. Алгоритм решения задачи оптимального распределения кап. вложений. Алгоритм решения задачи о замене оборудования. Алгоритм решения задачи управления производством и запасами. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11 |
| 5 | Графы и сети | 2 | Построение графовых моделей систем; матричное задание графа. Построение экстремального дерева. Алгоритм Фалкерсона графического способа упорядочения вершин орграфа. Потoki на сетях. Теорема Форда-Фалкерсона; графический алгоритм нахождения оптимальной мощности потока через | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11 |

| | | | | | |
|---|--|----|---|--|----------------------------------|
| | | | сеть. Параметры сетевого графика и алгоритм их расчета. | 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | |
| 6 | Нечеткое математическое программирование | 4 | Определение нечеткого множества. Основные характеристики нечетких множеств. Основные типы функций принадлежности. Операции над нечеткими множествами. Расстояние между нечеткими множествами. Мера нечеткости. Сравнение нечетких множеств. Нечеткие величины, числа и интервалы. Нечеткие числа и интервалы в форме (L-R)-функций. Треугольные нечеткие числа и трапециевидные нечеткие интервалы. Классификация и общая характеристика задач нечеткого математического программирования. Задача линейного программирования с нежестко заданными ограничениями. Задача линейного программирования с нечеткой целевой функцией. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 |
| | ИТОГО | 18 | | | |

4.1.2 Практические занятия

| № п/п | Наименование модуля, раздела дисциплины | Объем, часов | Краткое содержание | Формируемые ЗУН | Ссылки на литературу |
|-------|---|--------------|---|--|----------------------|
| 1 | Линейное программирование | 8 | Графический метод решения ЗЛП. Особенности и ограничения метода. Использование различных алгоритмов симплекс-метода решения ЗЛП и проверки правильности полученного оптимального решения. Изменение решения ЗЛП при «небольших» изменениях условий. Построение и решение двойственных ЗЛП. Решение транспортной задачи методом потенциалов и методом дифференциальных рент. Решение задачи целочисленного линейного программирования методами ветвей и границ и сечений. Решение задачи коммивояжера. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 8 |
| 2 | Введение в теорию игр | 4 | Парные матричные игры с седловой точкой. Алгоритм решения парной матричной игры в смешанных стратегиях графическим методом. Теоремы теории игр с нулевой суммой; сведение решения матричной игры к решению пары двойственных задач ЗЛП. Использование критерия Байеса в условиях риска. Критерии выбора наиболее предпочтительной стратегии в условиях неопределенности: критерий недостаточного основания Лапласа, максиминный критерий Вальда, критерий минимального риска Сэвиджа, критерий Гурвица. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 8 |
| 3 | Нелинейное программирование | 6 | Использование метода множителей Лагранжа при нахождении условных экстремумов при решении задачи нелинейного программирования. Решение ЗНП методом градиента и методом наискорейшего спуска. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |

| | | | | | |
|---|--|----|---|--|----------------------------------|
| | | | Использование теоремы Куна-Таккера при решении задачи выпуклого квадратичного программирования | Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | |
| 4 | Динамическое программирование | 6 | Решение задачи распределения ресурсов и выработки стратегии замены оборудования. Принцип погружения. Решение задачи оптимального производства и хранения. | Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 Н.1-ОПК-1.3, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| 5 | Графы и сети | 4 | Построение экстремального дерева. Матричное задание графа и построение графа по матрице инцидентий и матрице смежности вершин. Упорядочение вершин орграфа. Построение максимального потока по сети. Определение основных параметров сетевого графика | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| 6 | Нечеткое математическое программирование | 8 | Выполнение операций над нечеткими множествами. Вычисление расстояния между нечеткими множествами. Мера нечеткости. Сравнение нечетких множеств. Арифметические операции над нечеткими числами и интервалами в разных формах. Задача линейного программирования с нежестко заданными ограничениями. Задача линейного программирования с нечеткой целевой функцией. | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 |
| | ИТОГО | 36 | | | |

4.1.3 Лабораторные занятия

Не предусмотрены

4.1.4 Самостоятельная работа студента

| № п/п | Наименование модуля, раздела дисциплины | Объем, часов | Вид СРС | Формируемые ЗУН | Ссылки на литературу |
|-------|--|--------------|--|---|----------------------------------|
| 1 | Линейное программирование | 4 | Изучение вопросов лекции, выполнение индивидуального задания РГР | 3.1-УК-2.1, У.1-УК-2.2, Н.1-УК-2.3, Н.2-УК-2.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 8 |
| 2 | Введение в теорию игр | 5 | Изучение вопросов лекции, выполнение индивидуального задания РГР | 3.1-ОПК-1.1, У.1-ОПК-1.2, Н.1-ОПК-1.3, 3.4-ОПК-6.1, 3.5-ОПК-6.1, 3.6-ОПК-6.1, У.1-ОПК-6.2, Н.1-ОПК-6.3 | 1, 2, 3, 4, 5, 8 |
| 3 | Нелинейное программирование | 4 | Изучение вопросов лекции, выполнение индивидуального задания РГР | | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| 4 | Динамическое программирование | 5 | Изучение вопросов лекции, выполнение индивидуального задания РГР | | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11 |
| 5 | Графы и сети | 5 | Изучение вопросов лекции, выполнение индивидуального задания РГР | | 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| 6 | Нечеткое математическое программирование | 4 | Изучение вопросов лекции, выполнение индивидуального задания РГР | | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 |
| | ИТОГО | 27 | | | |

4.1.5 Интерактивные формы занятий

В учебном плане отсутствуют

4.2 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

4.2.1 Литература

1. Соколов Г.А. Линейные целочисленные задачи оптимизации : учеб. пособие / Г.А. Соколов. - М. : ИНФРА-М, 2017. - 132 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=514697> – ЭБС «Znaniум»
2. Методы оптимальных решений: Учебник / Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 384 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=521453> – ЭБС «Znaniум»
3. Стронгин Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения [Электронный ресурс]/ Стронгин Р.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 245 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52203>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Исследование операций и принятие решений в экономике: Сборник задач и упр.: учебное пособие для вузов/Невежин В. П., Кружилов С. И., Невежин Ю. В. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 400 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=504735> – ЭБС «Znaniум»
5. Сеславин А.И. Исследование операций и методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сеславин А.И., Сеславина Е.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015.— 200 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45261>.— ЭБС «IPRbooks»
6. Лемешко Б.Ю. Теория игр и исследование операций [Электронный ресурс]: конспект лекций/ Лемешко Б.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 167 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45446>.— ЭБС «IPRbooks»
7. Брусенцев А.Г. Исследование операций и теория игр [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Брусенцев А.Г., Петрашев В.И., Рязанов Ю.Д.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 258 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49709>.— ЭБС «IPRbooks»
8. Минько Э.В. Методы прогнозирования и исследования операций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Минько Э.В., Минько А.Э.— Электрон. текстовые данные.— М.: Финансы и статистика, 2012.— 480 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18821>.— ЭБС «IPRbooks»
9. Макарова И.Л., Самарин В.И., Симонян А.Р., Улитина Е.И. Специальные методы исследования операций в условиях нечетких данных. Учебное пособие.- Сочи: РИЦ ФГБОУ ВПО «СГУ», 2014. – 70 с.
10. Макарова И.Л., Самарин В.И. Введение в теорию нечетких множеств: Практикум. Учебно-практическое пособие. - Сочи: РИЦ ФГБОУ ВПО «СГУ», 2015, - 116 с.
11. Аттетков, А. В. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Вузовское образование, 2018. — 272 с. — 978-5-4487-0322-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/77664.html>

4.2.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы - Электронно-библиотечная система «IPRbooks».

4.2.3 Нормативные документы - ФЗ «Об образовании» (№ 273 от 29.12.2012)// <http://zakonobrazovani.ru/skachat-zakon-ob-obrazovanii>

4.2.4 Интернет-ресурсы и другие электронные информационные источники

Студентам обеспечивается доступ к базам данных и библиотечным фондам университета. СГУ обеспечивает оперативный обмен информацией с отечественными и зарубежными вузами и организациями с соблюдением требований законодательства Российской Федерации об интеллектуальной собственности и международных договоров Российской Федерации в области интеллектуальной собственности, а также доступ обучающихся к информационным справочным и поисковым системам.

В частности, обеспечивается доступ к следующим электронно-библиотечным системам и базам данных:

1. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (diss.rsl.ru). Доступ осуществляется с компьютеров, находящихся в читальном зале электронных ресурсов.
2. Электронно-библиотечная система «Znanium.com» (Научно-издательский центр «ИНФРА-М»). Доступ осуществляется с любого компьютера, в том числе домашнего, и прочего устройства (смартфона, планшета) из любой точки, где есть выход в Интернет. Вход в электронно-библиотечную систему осуществляется с паролем. Данная электронно-библиотечная система представляет собой специализированный электронный ресурс, по которому предоставлена возможность работы с каталогом изданий и полной электронной версией книг, выпущенных издательствами Группы компаний «ИНФРА-М»: «Весь мир», ИД «Форум», ИД «Вузовский учебник», «Магистр», «Норма», «Финансы и статистика» и другие издательства.
3. IPRbooks [Электронный ресурс]: Электронно-библиотечная система. <http://www.iprbookshop.ru>. Доступ с паролем на 4000 мест.
4. Интернет-ресурсы и другие электронные информационные источники:
www.Elibrary.ru – Научная электронная библиотека

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины соответствует библиотечному фонду СГУ

4.3 Формы и содержание текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущая аттестация по дисциплине осуществляется в форме контрольных работ, а именно четырех контрольных тестирований и двух рубежных контрольных тестирований в каждом семестре. Форма промежуточной аттестации: в четвертом семестре – зачет, в пятом семестре - экзамен.

Содержание текущей и промежуточной аттестации по дисциплине раскрывается в комплекте оценочных средств (контролирующих материалов), предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС ВО.

Оценочные средства по дисциплине содержат:

- контрольные тестирования;
- рубежные контрольные тестирования;
- задания РГР;
- перечень вопросов к экзамену

Вопросы к промежуточной аттестации:

1. Предмет – математическое программирование, краткая классификация методов.
2. Основные понятия теории оптимизации.
3. Постановка ЗЛП, различные формы записи. Примеры экономических задач.
4. Графический метод решения ЗЛП. Основные свойства ЗЛП.
5. Стандартная форма ЗЛП, правила построения.
6. Канонический вид ЗЛП, начальное допустимое базисное решение (НДБР), метод искусственного базиса.
7. Симплекс-метод.
8. Обратный базис, симплекс - множители.
9. Изменение значений правых частей ограничений.
10. Изменение значений коэффициентов целевой функции.
11. Включение дополнительных переменных.
12. Включение дополнительных ограничений.
13. Двойственный симплекс-метод.
14. Проблемы вырождения, закливания.
15. Понятия двойственности, теневой цены, двойственной оценки.
16. Правила построения двойственной задачи.
17. Основные теоремы двойственности и их экономическое содержание
18. Основные понятия теории игр.
19. Теоремы теории игр.
20. Способы решения задач теории игр.
21. Методы принятия решений: в условиях определенности; в условиях риска; в условиях неопределенности.
22. Постановка транспортной задачи. Закрытая модель. Теорема о существовании решения.

23. Метод потенциалов: а) построение опорного плана; б) схема решения.
24. Метод дифференциальных рент.
25. Дополнительные ограничения транспортной задачи.
26. Дискретное программирование, задачи и сущность методов
27. Метод ветвей и границ
28. Метод сечений
29. Задача коммивояжера
30. Постановка задачи и ее особенности
31. Функция Лагранжа
32. Метод множителей Лагранжа
33. Экономический смысл множителей Лагранжа
34. Задача выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера
35. Задача квадратичного программирования
36. Общая характеристика методов.
37. Метод градиента.
38. Метод наискорейшего спуска.
39. Метод Франка-Вулфа.
40. Метод штрафных функций.
41. Метод динамического программирования. Принцип оптимальности Беллмана. Функциональные уравнения Беллмана. «Принцип погружения» метода динамического программирования.
42. Задача о выборе оптимального варианта распределения ресурса.
43. Постановка и математическая модель задачи о замене оборудования, схема решения задачи.
44. Постановка задачи и математическая модель задачи управления производством и запасами, методы решения.
45. Понятие графа. Дерево графа. Экстремальное дерево, алгоритм его составления. Матричное задание графов.
46. Алгоритм Литтла решения задачи коммивояжера.
47. Алгоритм Дейкстры нахождения кратчайшего маршрута между двумя вершинами графа.
48. Упорядочение вершин орграфа по алгоритму Фалкерсона. Дерево решений.
49. Сети. Организационные и формальные правила составления сетевого графика. Потоки на сетях. Понятие разреза на сети. Теорема Форда-Фалкерсона.
50. Постановка задачи о максимальном потоке по сети. Алгоритм графического решения задачи.
51. Понятие сетевого планирования. Основные параметры сетевого графика.
52. Алгоритм составления сетевого графика; определение критического пути.
53. Определение нечеткого множества. Основные характеристики нечетких множеств.
54. Основные типы функций принадлежности.
55. Операции над нечеткими множествами.
56. Расстояние между нечеткими множествами. Мера нечеткости. Сравнение нечетких множеств.
57. Определения нечеткой и лингвистической переменных.
58. Нечеткие величины, числа и интервалы. Нечеткие числа и интервала в форме (L-R)-функций.
59. Треугольные нечеткие числа и трапециевидные нечеткие интервалы.

5 УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины

В течение семестра студенты осуществляют учебные действия на лекционных и практических занятиях, решают практические задачи по указанию преподавателя, усваивают и повторяют основные понятия. Характер и количество задач, решаемых на практических занятиях, определяются преподавателем, ведущим занятия. Контроль эффективности самостоятельной работы студентов осуществляется путем проверки решения ими учебных заданий и практических задач, выполнения индивидуальных заданий, предусмотренных для самостоятельной отработки.

Преподавание и изучение учебной дисциплины осуществляется в виде лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных форм работы, самостоятельной работы студентов. В качестве контрольно-измерительных форм используются Контрольные тестирования, Рубежные контрольные тестирования, индивидуальные задания РГР.

Методические рекомендации по подготовке студентов к практическим занятиям. Для лучшего усвоения и закрепления материала по данной дисциплине студентам необходимо научиться работать с обязательной и дополнительной литературой.

При подготовке к практическим занятиям студенты должны изучить рекомендованную литературу, ответить на вопросы и выполнить все задания для самостоятельной работы.

Методические рекомендации студентам по организации самостоятельной работы по изучению литературных источников. При организации самостоятельной работы, следует обратить особое внимание на регулярность изучения основной и дополнительной литературы. В период изучения литературных источников необходимо вести конспект. В случае затруднений необходимо обратиться к преподавателю за разъяснениями.

Методические рекомендации по подготовке индивидуальных заданий. Индивидуальные задания – одна из форм самостоятельной работы студентов, способствующая углублению знаний, выработке устойчивых навыков самостоятельной работы.

В качестве признаков индивидуальных работ студентов выделяют: высокую степень самостоятельности; умение логически обрабатывать материал; умение самостоятельно выполнять типовые расчеты; умение давать собственную оценку полученным результатам работы и др. Примерный перечень индивидуальных заданий представлен в ФОС дисциплины.

Методические рекомендации студентам по подготовке к экзамену. При подготовке к экзамену необходимо руководствоваться рабочей программой по дисциплине «Исследование операций и методы оптимизации». Студент должен иметь в виду, что некоторые вопросы, имеющиеся в программе и включенные в экзаменационные требования, выносятся на самостоятельное изучение.

На экзамене студент должен показать знание содержания предмета, терминологии, умение свободно оперировать ею. При подготовке к ответу на экзамене студенту разрешено пользоваться программой по курсу. Если студент при ответе на вопросы затрудняется с самостоятельным изложением материала, педагог имеет право задать ему ряд вопросов, стимулирующих студента к полному высказыванию по данной теме, в случае, если ответы на эти вопросы исчерпывают тему, оценка за ответ не снижается.

(Для дисциплин, находящихся в списке ФЭПО)

Промежуточная аттестация может быть выставлена студенту по результатам текущей аттестации и (или) по результатам федерального интернет тестирования (ФЭПО, интернет тренажеры).

5.2 Организация самостоятельной работы студента по дисциплине

Самостоятельная работа студента является ключевой составляющей учебного процесса, которая определяет формирование навыков, умений и знаний, приемов познавательной деятельности и обеспечивает интерес к творческой работе.

Организация самостоятельной работы студентов осуществляется по трем направлениям:

- определение цели, программы, плана задания или работы;
- со стороны преподавателя студенту оказывается помощь в технике изучения материала, подборе литературы для ознакомления и написания курсовой работы, проекта, реферата;
- контроль усвоения знаний, приобретения навыков по дисциплине, оценка выполненной контрольной и курсовой работы, проекта.

Мерами по обеспечению выполнения обучающимися всех видов самостоятельной работы являются:

- обеспечение средствами вычислительной техники, программное обеспечение;
- наличие раздаточного материала, комплектов индивидуальных заданий, учебно-методических материалов, рекомендаций по решению типовых задач, образцов отчетов о выполнении РГР.;
- обеспечение учебно–методической и справочной литературой всех видов самостоятельной работы.

5.3 Особенности преподавания дисциплины

При реализации дисциплины Исследование операций применяются следующие образовательные технологии:

по видам учебной работы:

- лекция - учебное занятие, составляющее основу теоретического обучения и дающее систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывающее состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники, концентрирующее внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах, стимулирующее их познавательную деятельность и способствующее формированию творческого мышления;

- практическое занятие - это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы, которое формирует практические умения (вычислений, расчетов, использования таблиц, справочников и т.д.);

- самостоятельная работа студентов - вид деятельности, при котором в условиях систематического уменьшения прямого контакта с преподавателем студентами выполняются учебные задания (индивидуальные задания, РГР);

- проведение экзамена.

по методам и принципам организации обучения:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект, размещенный в локальной сети) при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям.

Проблемное обучение: стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретных задач при выполнении домашних работ.

Контекстное обучение: мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением для решения профессиональных задач при выполнении домашних заданий.

Обучение на основе опыта: активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения при выполнении домашних заданий.

Междисциплинарное обучение: использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи на лекциях и практических занятиях.

Проведение всех видов занятий (лекционные, практические, лабораторные и т.д.) при преподавании дисциплины, проведение консультаций, промежуточная и текущая аттестация возможна с применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

5.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

При организации занятий, текущей и промежуточной аттестации с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий используются различные электронные образовательные ресурсы и онлайн сервисы, в том числе: Skype, Zoom, Big Blue Button, Moodle, WhatsApp.

При обучении дисциплине «Исследование операций и методы оптимизации» необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

1. Лекции: комплект электронных лекций, аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
2. Практические занятия: компьютерный класс, пакеты ПО общего назначения,
3. Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows 7 Professional, 8 Pro, 8/1 Pro, 10 Pro - Договор бюджетного учреждения №491/12 гпд от 24.12.2012. Лицензионный договор № ВКО 1492/2892 (163/16д) от 05.04.2016. Срок действия – 05.04.2019

Microsoft Office Professional Plus 2007, 2010, 2013, 2016. Состав продукта: Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Microsoft Outlook, Microsoft Publisher, Microsoft Access, Microsoft One Note, Microsoft Info Path. Договор бюджетного учреждения №491/12гпд от 24.12.2012. Лицензионный договор №0318100046815000030-0003440-01 (06/16гпд) от 13.01.2016. Срок действия-бессрочная лицензия

**Приложение к рабочей программе дисциплины
09.03.03 Прикладная информатика
бакалавриат
Цифровые технологии в аналитической деятельности**

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Исследование операций и методы оптимизации
дисциплина обязательная
формы обучения – очная

Составитель аннотации – Макарова И.Л., к.т.н., доцент, каф. ПМИИ 

| | |
|---|--|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / час.) | 3/108 |
| Цель изучения дисциплины | Целью изучения дисциплины является формирование у студентов теоретических знаний, практических навыков по вопросам, касающимся принятия управленческих решений; освоение студентами современных математических методов анализа, научного прогнозирования, обучение применению методов и моделей исследования операций в процессе подготовки и принятия управленческих решений в организационно-экономических и производственных системах; ознакомление с основами процесса принятия задач управления; обучение теории и практике принятия решений в современных условиях хозяйствования; рассмотрение широкого круга задач, возникающих в практике менеджмента и связанных с принятием решений, относящихся ко всем областям и уровням управления. |
| Содержание дисциплины | Содержание дисциплины включает линейное программирование, нелинейное программирование, транспортную задачу, введение в теорию игр, динамическое программирование, графы и сети, основные понятия теории нечетких множеств, задачи нечеткого линейного программирования |
| Формируемые компетенции (коды) | УК-2; ОПК-1; ОПК-6 |
| Коды и наименование индикатора достижения компетенции | УК-2.1 Демонстрирует способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; УК-2.2 Анализирует альтернативные варианты решений для достижения намеченных результатов; разрабатывать план, определять целевые этапы и основные направления работ; УК-2.3 Использует различные методики для разработки целей и задач проекта; руководствуется методами оценки продолжительности и стоимости проекта, а также может рассчитать ресурсные затраты; ОПК-1.1 Демонстрирует знание основ математики, физики, вычислительной техники и программирования.; ОПК-1.2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.; ОПК-1.3 Применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.; ОПК-6.1 Демонстрирует знание основ теории систем и системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, методов оптимизации и исследования операций, нечетких вычислений, математического и имитационного моделирования.; ОПК-6.2 Применяет методы теории систем и системного анализа, математического, статистического и имитационного моделирования для автоматизации задач принятия решений, анализа информационных потоков, расчета экономической эффективности и надежности информационных систем и технологий.; ОПК-6.3 Применяет навыки проведения инженерных расчетов основных показателей результативности создания и применения информационных систем и технологий. |
| Наименование дисциплин, необходимых для освоения данной дисциплины | Математика, Теория вероятностей и математическая статистика, Дискретная математика |
| Образовательные технологии | Лекционные и практические занятия |

| | |
|---|---|
| Формы текущего контроля успеваемости | Рубежное тестирование, устный опрос, домашние задания |
| Форма промежуточной аттестации | Экзамен |

Зав. кафедрой прикладной математики и информатики И.Л. Макарова Макарова И.Л.