

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра управления в технических системах

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Б1.В.ДВ.03.01

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Многоканальные телекоммуникационные системы

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	6
4.3 Лабораторные работы.....	14
4.4 Семинары / практические занятия.....	14
4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа.....	14
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	16
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	17
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	17
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ	18
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	25
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	25
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	26
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	31
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	32
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	33

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к экспериментально-исследовательскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Формирование у обучающихся компетенций в области математического моделирования, построения математических моделей и решение этих моделей различными численными методами.

Задачи дисциплины

Подготовить студентов к самостоятельной работе по построению математических моделей, применению различных методов решения задач линейного программирования, транспортных задач и задач оптимизации.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	знать: современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования. уметь: проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата. владеть: навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем.
ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	знать: виды математического моделирования. уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов. владеть: методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Математическое моделирование является дисциплиной по выбору.

Дисциплина Математическое моделирование базируется на знаниях, полученных при изучении учебной дисциплины Б1.Б.07 Дискретная математика.

Основываясь на изучении этой дисциплины, Математическое моделирование представляет основу для изучения дисциплины: Б1.В.ДВ.02.01 Управление инновациями.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	2	4	108	54	18	18	18	54	кр	Зачет
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			4
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	54	16	54
Лекции (Лк)	18	4	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	6	18
Практические занятия (ПЗ)	18	6	18
Контрольная работа (кр)	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	54	-	54
Подготовка к лабораторным работам	12		12
Подготовка к практическим занятиям	12	-	12
Подготовка к зачету	15		15
Выполнение курсовой работы	15	-	15
III. Промежуточная аттестация зачет	+	-	+
Общая трудоемкость дисциплины	108	-	108
зач. ед.	3	-	4

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятель- ная работа обучающихся
			лекции	лаборато- рные работы	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Виды математического моделирования объекта.	18	3	-	3	12
1.1.	Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	8	2	-	-	6
1.2.	Построение математической модели.	10	1	-	3	6
2.	Задачи линейного программирования.	30	5	6	5	14
2.1.	Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	3	1	-	-	2
2.2.	Графический метод решения задач линейного программирования.	7	1	-	2	4
2.3.	Симплексный метод решения задач линейного программирования.	20	3	6	3	8
3.	Транспортная задача.	30	5	6	5	14
3.1.	Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	4	1	-	1	2
3.2.	Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	4	1	-	1	2
3.3.	Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	22	3	6	3	10
4.	Игровые критерии оптимизации.	30	5	6	5	14
4.1.	Игровой критерий Вальда.	5,5	1	1	1	2,5
4.2.	Критерий азартного игрока.	5,5	1	1	1	2,5
4.3.	Критерий Гурвица.	8	1	2	1	4
4.4.	Критерий Лапласа-Байеса.	5,5	1	1	1	2,5
4.5.	Критерий минимального риска Сэвиджа.	5,5	1	1	1	2,5
	ИТОГО	108	18	18	18	54

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Виды математического моделирования объекта.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)

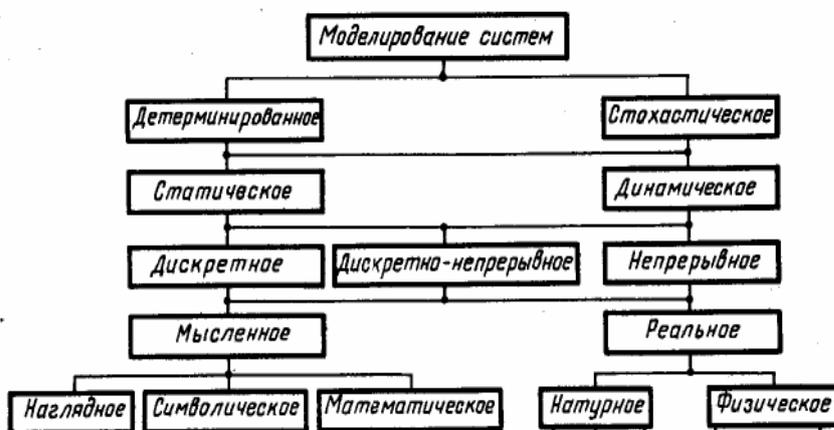
Тема 1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.

Основным методом исследования систем является метод моделирования, т.е. способность теоретического анализа и практического действия, направленная на разработку и использование моделей.

Модель - это материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает - объект-оригинал так, что его изучение дает новые знания о реальном объекте.

Моделирование - циклический процесс, при котором знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, а исходная модель постепенно совершенствуется.

Классификация видов моделирования



По учету неизвестных факторов математические модели делятся на детерминированные и стохастические.

В стохастических моделях неизвестные факторы - это случайные величины, для которых известны функции распределения и различные статистические характеристики (математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение и т.п.).

В детерминированных моделях неизвестные факторы не учитываются.

Статическое моделирование описывает поведение объекта в какой-либо определенный момент времени, а динамическое моделирование отражает поведение объекта во времени.

Дискретное моделирование служит для описания прерывистых процессов, т.е., проходящих через какой-то промежуток времени, а непрерывное моделирование описывает непрерывные процессы.

В зависимости от формы представления объекта виды моделирования делятся на мысленное и реальное.

Мысленное моделирование может быть реализовано в виде наглядного, символического и математического.

При наглядном моделировании создаются наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте.

Символическое моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, с помощью определенной системы знаков или символов.

Математическое моделирование это процесс установления соответствия реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта.

Для реального моделирования используются различные характеристики полученные с реального объекта. Такое моделирование является наиболее адекватным, но его возможности

с учетом особенностей реальных объектов ограничены. Реальное моделирование разделяется на натурное и физическое.

Тема 1.2 Построение математической модели.

При построении математической модели можно выделить следующие этапы:

1. Выбор неизвестных величин, которые будем обозначать $X = (x_1, \dots, x_n)$, это воздействуя на которые можно изменять поведение изучаемого процесса. Их называют переменными, планом, стратегией и т.д.

2. Выбор цели (максимизация прибыли, минимизация затрат и др.) функционирования изучаемого процесса и запись ее в виде математической функции от выбранных переменных. Такая функция называется целевой, критерием оптимальности, показатель эффективности и т.д. и позволяет, изменяя значения управляемых параметров $X = (x_1, \dots, x_n)$, выбрать наилучший вариант из множества возможных. Будем обозначать функцию цели $L = f(X)$.

3. Запись условий в виде математических соотношений (уравнений, неравенств), налагаемых на переменные. Эти соотношения называют ограничениями. Совокупность всех ограничений составляет область допустимых решений (ОДР). Будем обозначать ее буквой G ($X \in G$). При таких обозначениях модель задачи математического программирования примет вид:

$$L = f(X) \rightarrow \text{extr}(\max, \min), \\ X \in G$$

Раздел 2. Задачи линейного программирования.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)

Тема 2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.

Математическая формулировка задачи ЛП.

Пусть имеется целевая функция

$$L = f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extr} \quad j = \overline{1, n} \quad L = f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extr} \quad j = \overline{1, n}$$

и имеется система ограничений G .

Тогда существует два вида математической формулировки задачи линейного программирования.

1. Задача минимизации расходов

$$L = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \\ x_j \geq 0; i = \overline{1, m}$$

2. Задача максимизации прибыли

$$L = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \\ x_j \geq 0; i = \overline{1, m}$$

Любая задача максимизации $\max[f(x), G(x)]$ может быть представлена задачей минимизации, характеризующейся $\min[-f(x), G(x)]$ при этом оптимальное решение будет одно и то же.

Каноническая форма записи задачи линейного программирования.

Каноническая задача линейного программирования отличается от задачи программирования общего вида тем, что ограничения в ней заданы в виде системы уравнений.

Для решения такой системы выделяют базисные и свободные переменные и получают общее решение, в котором свободные переменные выступают как произвольные постоянные, а базисные – как функции обмена.

Определение. Решение основной задачи линейного программирования называется базисным, если все свободные переменные равны нулю, а базисные не отрицательны.

Если система ограничений представляет собой совокупность уравнений и неравенств или только неравенств, задача не является канонической.

В этом случае все неравенства приводят к уравнениям, вводя новые (балансовые) переменные в каждое неравенство системы.

Балансовые переменные положительны, их экономический смысл в том, что в решении они показывают либо остатки ресурсов, либо избытки при данном оптимальном решении.

Существует несколько методов решения задач ЛП, два основных из них симплексный и графический методы.

Тема 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования.

Графический метод основан на геометрической интерпретации задач линейного программирования.

Пусть задача линейного программирования задана в двухмерном пространстве, т.е. содержит две переменные $x_1 \geq 0$ и $x_2 \geq 0$.

Содержит систему ограничений G и целевую функцию $L = f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \max$. Каждое из неравенств системы определяет на координатной плоскости (x_1, x_2) некоторую полуплоскость. Следовательно, допустимое множество G есть пересечение конечного числа полуплоскостей, т. е. некоторая многоугольная область на плоскости (x_1, x_2) . В общем случае, область может быть незамкнута или её может не существовать.

Если эта область существует, то алгоритм оптимального решения предполагает шаги:

1. По заданным ограничениям строится многоугольная область на плоскости, которая является пересечением множества полуплоскостей.
2. Перпендикулярно вектору градиента целевой функции $N\text{-grad}$ строится сама целевая функция L , так, чтобы она пересекала допустимую область.
3. Перемещая прямую целевой функции L параллельно самой себе (в направлении возрастания grad (убывания $\text{grad}(\min)$) достигаем такого положения, когда дальнейшее перемещение целевой функции L ведёт к потере общих точек с областью.
4. Последнее положение целевой функции, когда она имеет соприкосновение с областью, определяет одно или множество оптимальных решений при $L \square \max$. с областью, то целевая функция L не ограничена на множестве G и задача не имеет оптимальных решений.

Тема 2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.

1. Систему ограничений приводят к виду, когда все знаки в ограничениях одинаковы.
2. Задача ЛП записывается в канонической форме.
3. Определяют любое базисное решение. Наиболее простое решение: когда основные переменные являются свободными и $= 0$, а дополнительные переменные являются базисными и равны правым частям СЛУ.
4. Проверяют, является ли базисное решение опорным.
5. Если не является опорным, то из базиса вычёркивают определённую переменную и вводят в базис другую (свободную).
6. Последовательной заменой находят опорное решение.
7. Проверяют опорное решение на оптимальность по определённому алгоритму.
8. Если решение не оптимальное опять проводят замену переменных: базисные на свободные.
9. В результате многократного повторения будет получено либо оптимальное решение, либо противоречивость ограничениям, либо не ограниченность целевой функции.

Такая процедура пересчёта коэффициентов в уравнениях при переходе к новому базису может быть формализована и сведена к заполнению стандартных симплексных таблиц.

Алгоритм пересчёта элементов симплексной таблицы при замене базисной переменной x_k на свободную x_r .

$$S_{rk}^{нов} = \frac{1}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для разрешающего элемента (1)}$$

$$S_{rj}^{нов} = \frac{S_{rj}^{стар}}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для разрешающей строки (2)}$$

$$S_{ik}^{нов} = -\frac{S_{ik}^{стар}}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для разрешающего столбца (3)}$$

$$S_{ij}^{нов} = S_{rk}^{стар} - \frac{S_{rj}^{стар} S_{ik}^{стар}}{S_{rk}^{стар}} \quad \text{- для всех оставшихся элементов (4)}.$$

Строка r , соответствующая переменной, выводимой из базиса, называется разрешающей строкой.

Столбец k , соответствующий переменной вводимой в базис называется разрешающим.

Элемент g_k называется разрешающим элементом.

Алгоритм поиска симплекс метода состоит из 2-х этапов:

1. поиск опорного решения ($A \square C$)
2. поиск оптимального решения ($B \square C$)

A – алгоритм выбора разрешающего элемента при поиске опорного.

B – алгоритм выбора разрешающего элемента при поиске оптимального решения.

C – коэффициент пересчёта коэффициентов симплексной таблицы по соотношению (1-4).

АЛГОРИТМ ВЫБОРА РАЗРЕШАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ ПОИСКЕ ОПОРНОГО РЕШЕНИЯ

Проводим анализ столбца свободных членов. Если все свободные члены являются положительными, то решение является опорным. Пусть какой-то элемент из столбца свободных членов имеет отрицательное значение, тогда проводим анализ элементов этой строки: если среди остальных элементов строки нет отрицательных значений, то система несовместна и не имеет решения. За разрешающий выбирается столбец с наибольшим по модулю отрицательным значением в соответствующей строке, который будем обозначать “ k ”.

Разрешающая строка определяется по дополнительному соотношению:

$$\alpha_i = \frac{S_{i0}}{S_{ik}} \quad (5),$$

где S_{i0} – свободный член i -ой строки;

S_{ik} – коэффициент разрешающего столбца;

В качестве разрешающей выбирается та строка, которая имеет минимальное положительное α . Разрешающую строку будем обозначать как “ r ”.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА РАЗРЕШАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ПРИ ПОИСКЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Проводим анализ строки целевой функции L . Если все элементы этой строки являются положительными, то решение является оптимальным. Пусть какой-то элемент из свободных переменных строки целевой функции имеет отрицательное значение, тогда за разрешающий выбирается столбец с наибольшим по модулю отрицательным значением в этой строке, который будем обозначать “ k ”.

Разрешающая строка α . выбирается аналогично опорному решению по соотношению (5).

Раздел 3. Транспортная задача.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)

Пусть имеется m пунктов A_1, A_2, \dots, A_m в которых производится некоторый однородный продукт, соответственно в количествах a_1, \dots, a_m единиц. Этот продукт необходимо

доставить в n пунктов потребления B_1, B_2, \dots, B_n потребности которых в продукте составляют b_1, \dots, b_n единиц. Стоимость перевозки из каждого пункта производства A_i ($i = \overline{1, m}$) в каждый пункт потребления B_j ($j = \overline{1, n}$) известна и равна C_{ij} единиц.

Требуется найти план перевозок, при котором были бы удовлетворены все потребности, а суммарная стоимость всех перевозок была бы наименьшей. Все запросы производителей должны быть израсходованы.

Обозначим через X_{ij} - количество единиц груза, запланированных к перевозке от i -го поставщика к j -му потребителю.

Тогда условие задачи можно записать в виде таблицы, которую будем называть матрицей планирования.

Поставщики	Потребители				Запасы
	B_1	B_2	.....	B_n	
A_1	c_{11}	c_{12}	.....	c_{1n}	a_1
A_2	c_{21}	c_{22}	.....	c_{2n}	a_2
.....
A_m	c_{m1}	c_{m2}	.....	c_{mn}	a_m
Потребности и	b_1	b_2	.....	b_n	$\sum a_i = \sum b_j$

Решение ТЗ состоит из двух этапов:

- 1) поиск опорного решения
- 2) поиск оптимального решения.

Поиск опорного решения производится одним из двух методов.

Тема 3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.

Заключается в последовательном заполнении строк таблицы, начиная с левого верхнего угла (в каждом правом верхнем углу каждой клетки записана стоимость перевозки).

Тема 3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшей стоимости.

Клетки заполняются количеством грузов по мере возрастания стоимости перевозок, т.е. сначала заполняется клетка с минимальной стоимостью, затем следующая и т.д.

Тема 3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.

1. Каждому поставщику и потребителю ставится в соответствии переменная, называемая потенциалом. (U_i - для поставщика, V_j - для потребителя).

2. Для каждой заполненной клетки (где имеется X) составляем уравнение вида $C_{ij} = U_i + V_j$. Из этой системы определяются значения переменных U_i и V_j .

3. Используя полученные значения переменных для пустых клеток, определяется величина псевдостоимости: $Z_{ij} = U_i + V_j$, и затем для этих пустых клеток вычисляем величина δ , как разность между исходной стоимостью и найденной $\delta_{ij} = C_{ij} - Z_{ij}$.

4. Полученное значение δ_{ij} заносится в левый верхний угол незаполненных клеток.

5. Если среди полученных δ_{ij} ($\delta_{ij} < 0$) нет отрицательных, то получено оптимальное решение, при этом $L \rightarrow \min$

6. Иначе, среди полученных отрицательных δ_{ij} выбирается наибольшее по модулю и соответствующая пустая клетка принимается за вершину цикла.

Цикл - прямоугольный многоугольник, одна из вершин которого находится в выбранной незаполненной клетке, где $|\delta_{ij}|$ имеет максимальное значение среди остальных отрицательных δ , остальные вершины находятся в заполненных клетках.

Т.о. цикл может быть 4-х, 6-ти, 8-ми угольником.

7. Вершины цикла маркируются последовательно чередующимися знаками "+" и "-", начиная с исходной величины (где δ - отрицательная). В исходной вершине ставим знак "+".

8. Находим минимальный объем перевозимого груза X_{ij} среди отрицательных величин. Эта величина груза списывается со всех отрицательных вершин и добавляется к положительным вершинам, при этом состав клеток изменяется.

Для нового состава клеток повторяются шаги поиска оптимального решения (п.п. 1-8).

Для полученного оптимального решения ($\delta_{ij} > 0$) рассчитывают L - стоимость всего плана.

Раздел 4. Игровые критерии оптимизации.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч)

Пусть предполагается строительство пяти типов станций: U_1 – электрических; U_2 - тепловых, U_3 - приплотинных, U_4 - бесшлюзовых и U_5 - шлюзовых. Эффективность каждого из типов зависит от различных факторов: режима течения рек, стоимости топлива и его перевозки, режима работы, удалённости от дорог и стоимости перевозок машин и механизмов в данные регионы. Такие факторы обозначим через P_1, P_2, P_3, P_4 и P_5 . В каждом из этих случаев рассчитана экономическая эффективность для определенного типа станций в данном регионе.

	P1	P2	P3	P4	P5
U1					
U2					
U3					
U4					
U5					

U_i - называется альтернативой, вариантом решения или стратегией игрока.

P_j - условия или пути развития.

Z_{ij} - исход i -го решения при j -ом условии (выигрыш или проигрыш игрока при выборе им стратегии i в ситуации j).

Выбор альтернативы или стратегии игроком может производиться с помощью различных критериев.

Классические критерии принятия решений.

Тема 4.1 Игровой критерий Вальда.

Это решение, при котором максимизируется минимально возможный доход. Это наиболее осторожный подход к принятию решений учитывающий все возможные риски. Его называют пессимистическим или критерием сверхосторожности. При минимаксе минимизируются максимально возможные потери.

Для каждой стратегии выбирается минимальный выигрыш (по строкам) и из них выбирается максимальный выигрыш (по столбцам).

$Z_j = \min Z_{ij}$; оптимальные затраты $Z_{opt} = \max Z_j$.

Основная формула:

$$Z^{opt} = \max_i \min_j Z_{ij}$$

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Вальда рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ...единицу.

Тема 4.2 Критерий азартного игрока.

Это критерий, при котором принимается решение по максимизации максимально возможных доходов. Данный метод очень оптимистичен, то есть не учитывает возможные потери и, следовательно, самый рискованный.

Для каждой стратегии выбирается максимальный выигрыш (по строкам) и из них выбирается максимальный выигрыш (по столбцам).

$$Z_j = \max_i Z_{ij} \quad Z^{onm} = \max_j Z_j$$

Основная формула:

$$Z^{onm} = \max_i \max_j Z_{ij}$$

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию азартного игрока рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ... единицы.

Тема 4.3 Критерий Гурвица.

Данный критерий является компромиссом между максиминным и максимаксным решениями, т.е. любое из решений имеет наибольший или наименьший выигрыш. Тогда имеет смысл найти промежуточное между ними решение. Данный критерий является одним из самых оптимальных

При этом выигрыш по строке:

$$Z_i = \alpha \max_j Z_{ij} + (1 - \alpha) \min_j Z_{ij}$$

$$Z^{onm} = \max_j Z_j$$

Основная формула:

, где $0 \leq \alpha \leq 1$

$$Z^{onm} = \max_i \left[\alpha \max_j Z_{ij} + (1 - \alpha) \min_j Z_{ij} \right]$$

Значение α выбирают на основании субъективных соображений. Если эти состояния природы могут появиться с одинаковой вероятностью, то α выбирают равной 0,5.

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Гурвица рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ... единицы.

Тема 4.4 Критерий Лапласа-Байеса.

Когда условия (пути развития) неизвестны, то для их оценки используют принцип недостаточного обоснования Лапласа. Пусть известно, что природа может принимать n различных состояний, вероятности которых в каждый момент равновероятны. Вероятность

$$p_i = \frac{1}{n}$$

того, что природа примет определенное состояние равна $\frac{1}{n}$. Тогда для каждой стратегии выигрыш может рассчитываться как среднее арифметическое по всем состояниям природы (вычисляется столбец средних значений строк, из них выбирается максимальное).

$$Z_i = \text{medium}_j Z_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_{ij} \quad Z^{onm} = \max_j Z_j$$

Основная формула:

$$Z^{onm} = \max_j \text{medium}_i Z_{ij} = \max_j \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{ij}$$

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Лапласа-Байеса рекомендуется строить в данной местности такую то станцию и выигрыш составит ... единицы.

Тема 4.5 Критерий минимального риска Сэвиджа.

Согласно этому критерию на основании платежной матрицы составляют матрицу риска, в которой записываются не приведенные выигрыши Z_{ij} , а риски R_{ij} - разности между максимальными выигрышами и Z_{ij} при условиях j .

Для этого вначале для любого столбца j отыскивается максимальное значение выигрыша:

$$Z_{ik} = \max_j Z_{ij}$$

И в матрицу рисков записывается величина

$$R_{ij} = Z_{ik} - Z_{ij}$$

Основная формула:

$$R^{opt} = \min_j \max_i R_{ij}$$

	P1	P2	P3	P4	P5
R1					
R2					
R3					
R4					
R5					

Выбираем, в какой строке находится данное значение, т.е. по критерию Сэвиджа рекомендуется строить в данной местности такую то станцию потери выигрыша составят ... единиц. В «играх с природой», как правило, расчёты делают сразу по всем критериям и выбирают ту стратегию, которая чаще рекомендуется использованными критериями.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ n/n</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4	5
1	2.	Решение задачи линейного программирования средствами программы Excel или Matlab.	6	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
2	3.	Решение транспортной задачи с помощью программы Excel или Matlab.	6	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
3	4.	Решение игровых критериев оптимизации с помощью программы Excel или Matlab.	6	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
ИТОГО			18	6

4.4. Практические занятия

<i>№ n/n</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Построение математической модели.	3	разбор конкретных ситуаций (1 час)
2	2.	Применение графического метода решения задачи линейного программирования.	2	разбор конкретных ситуаций (1 час)
3	2.	Расчет симплексным методом задачи линейного программирования.	3	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
4	3.	Решение транспортной задачи.	5	разбор конкретных ситуаций (1 час)
5	4.	Решение игровых критериев оптимизации.	5	разбор конкретных ситуаций (1 час)
ИТОГО			18	6

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Цель: закрепить теоретические знания в области математического моделирования, познакомиться с построением математических моделей объектов, найти решение моделей различными методами.

Структура: каждое индивидуальное задание предполагает выполнение студентом следующих разделов:

1. Построение математической модели объекта.
2. Применение графического метода решения задач линейного программирования.
3. Расчет симплексным методом задач линейного программирования.
4. Решение транспортной задачи.
5. Решение игровых критериев оптимизации
6. Сделать вывод о проделанной работе.

Основная тематика: решение задач линейного программирования.

Рекомендуемый объем: пояснительная записка объемом 15 - 20 страниц должна

содержать титульный лист, задание, описание выполняемых действий по каждому разделу и полученные результаты.

График контрольных мероприятий

Выдача задания, сдача контрольных работ проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки
отлично	Контрольная работа сдана в первую неделю защит. В работе полностью раскрыта тема работы. Правильно решены все задания работы.
хорошо	Контрольная работа сдана в срок, но содержит незначительные ошибки.
удовлетворительно	Контрольная работа сдана в срок, но содержит значительное количество ошибок, или ошибка подразумевает полную переработку всей контрольной работы.
неудовлетворительно	Контрольная работа не сдана в установленный срок и/или требует полной переработки.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср} час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>4</i>	<i>16</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
1. Виды математического моделирования объекта.	18	+	+	2	9	Лк, ПЗ, СРС	зачет, кр
2. Задачи линейного программирования.	30	+	+	2	15	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	зачет, кр
3. Транспортная задача.	30	+	+	2	15	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	зачет, кр
4. Игровые критерии оптимизации.	30	+	+	2	15	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	зачет, кр
всего часов	108	54	54	2	54		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с. (стр. 202-360)

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с. http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf	Лк, ЛР, ПЗ, КР	ЭР	1
2.	Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие/ Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с. http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf	Лк, ЛР, ПЗ, КР	ЭР	1
Дополнительная литература				
3.	Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.	Лк, ЛР, ПЗ, КР	50	1
4.	Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.	Лк, ЛР, ПЗ, КР	124	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»

<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических занятий

Лабораторная работа №1

Решение задачи линейного программирования средствами программы Excel.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 ч).

Цель занятия:

приобрести навыки решения задачи линейного программирования средствами программы Excel.

Задание:

1. По заданному варианту составить математическую модель задачи.
2. Найти решение полученной модели задачи линейного программирования средствами программы Excel.

Порядок выполнения:

соответствует пунктам 1 – 2 задания.

Форма отчетности:

отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.
2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М.

К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать краткое описание решения задачи линейного программирования средствами программы Excel.

Лабораторная работа №2

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 ч)

Решение транспортной задачи с помощью программы Excel.

Цель занятия:

приобрести навыки решения транспортной задачи средствами программы Excel.

Задание:

1. По заданному варианту составить математическую модель задачи.
2. Найти решение полученной модели задачи линейного программирования средствами программы Excel.

Порядок выполнения:

Соответствует пунктам 1 – 2 задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать краткое описание решения транспортной задачи средствами программы Excel.

Лабораторная работа №3

Решение игровых критериев оптимизации с помощью программы Excel.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 ч).

Цель занятия:

Приобрести навыки решения игровых критериев оптимизации средствами программы Excel.

Задание:

1. По заданному варианту составить математическую модель критериев Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, минимального риска Сэвиджа.

2. Найти решение полученных моделей игровых критериев средствами программы Excel.

Порядок выполнения:

Соответствует пунктам 1 – 2 задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать краткое описание решения игровых критериев средствами программы Excel.

Практическое занятие №1

Построение математической модели.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).

Цель занятия:

Приобрести навыки построения математической модели объекта.

Задание:

Используя пример описательной формулировки и индивидуального варианта задания составить математическую модель объекта.

Описательная формулировка:

Для производства двух видов изделий А и В используются четыре типа технологического оборудования. Для производства единицы изделия А оборудование первого типа используется в течении ... часов, оборудование второго типа – ... часа, оборудование третьего типа – ... часа и оборудование четвертого типа – ... час.

Для производства единицы изделия В оборудование первого типа используется в течении ... часов, оборудование второго типа – ... час, оборудование третьего типа – ... час и оборудование четвертого типа – ... часа.

На изготовление всех изделий предприятие может использовать оборудование первого типа не более чем ... часов, оборудование второго типа не менее – ... часов, оборудование третьего типа не более – ... часов и оборудование четвертого типа не более – ... часов.

Прибыль от реализации единицы готового изделия А составляет ... денежных единиц, а изделия В – ... денежные единицы.

Составить оптимальный план производства изделий А и В, обеспечивающий максимальную прибыль от их реализации.

Порядок выполнения:

Соответствует пункту задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в первом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. дайте краткое описание этапов построения математической модели.

Практическое занятие №2

Применение графического метода решения задач линейного программирования.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).

Цель занятия:

Приобрести навыки решения задач линейного программирования графическим методом.

Задание:

По составленной математической модели задачи найти ее решение графическим методом.

Порядок выполнения:

Соответствует этапу задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной

дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакции П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Рассказать поэтапно методику решения задачи линейного программирования графическим методом.

Практическое занятие №3

Расчет симплексным методом задачи линейного программирования.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций . (2 ч)

Цель занятия:

Приобрести навыки решения задачи линейного программирования симплекс методом.

Задание:

По составленной математической модели задачи найти ее решение симплекс методом.

Порядок выполнения:

Соответствует этапу задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакции П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38

с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Рассказать поэтапно методику решения задачи линейного программирования симплекс методом.

Практическое занятие №4

Решение транспортной задачи.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).

Цель занятия:

Приобрести навыки решения транспортной задачи методами северо-западного угла, наименьшей стоимости и методом потенциалов.

Задание:

По составленной математической модели транспортной задачи найти ее решение методами северо-западного угла, наименьшей стоимости и методом потенциалов.

Порядок выполнения:

Соответствует этапу задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакцией П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Рассказать поэтапно методику решения транспортной задачи.

Практическое занятие №5

Решение игровых критериев оптимизации.

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (1 ч).

Цель занятия:

Приобрести навыки решения игровых критериев оптимизации.

Задание:

По составленной математической модели оптимизации найти ее решение с помощью критериев Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, минимального риска Сэвиджа.

Порядок выполнения:

Соответствует этапу задания.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер варианта индивидуального задания;
2. Цель работы;
3. Задание;
4. Поэтапное выполнение всех заданий варианта индивидуального задания;
5. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены индивидуальным заданием обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Черный А.А. Теория и практика эффективного математического моделирования: Учеб. Пособие/А.А. Черный, Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2010. – 419 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Черный%20А.А.%20Теория%20и%20практика%20эффективного%20математического%20моделирования.%20Уч.пособие.2010.pdf>

2. Введение в математическое моделирование: Учеб. пособие / Под редакции П.В. Трусова, М.: Логос, 2007, - 440 с.

<http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Введение%20в%20математическое%20моделирование.Уч.пособие.2007.pdf>

Дополнительная литература

1. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: методические указания к выполнению лаб. работ / А. Н. Дойников, Е. В. Косинцева, Т. В. Темгеновская. - Братск: БрГТУ, 2001. - 38 с.

2. Дойников, А. Н. Математические модели и методы: учебное пособие / А. Н. Дойников, М. К. Сальникова. - Братск : БрГУ, 2006. - 99 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Рассказать поэтапно методику решения задачи оптимизации для критериев Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, минимального риска Сэвиджа.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- ОС Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security
- MATLAB Academic new Product Concurrent Licenses
- Simulink Academic new Product Concurrent Licenses

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Дисплейная аудитория	Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 16-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P3005n;	Лк 1-4
ЛР	Дисплейная аудитория	Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 16-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P3005n;	ЛР 1-3
ПЗ	Дисплейная аудитория	Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 16-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P3005n;	ПЗ 1-5
кр	ЧЗЗ	Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-
СРС	ЧЗЗ	-	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	1. Виды математического моделирования объекта.	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования. 1.2 Построение математической модели.	Вопросы к зачету 1.1 – 1.2
		2. Задачи линейного программирования.	2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП. 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования. 2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	Вопросы к зачету 2.1 – 2.3
		3. Транспортная задача.	3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла. 3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента. 3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	Вопросы к зачету 3.1 – 3.3
		4. Игровые критерии оптимизации.	4.1 Игровой критерий Вальда. 4.2 Критерий азартного игрока. 4.3 Критерий Гурвица. 4.4 Критерий Лапласа-Байеса. 4.5 Критерий минимального риска Сэвиджа.	Вопросы к зачету 4.1 – 4.5
ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике	1. Виды математического моделирования объекта.	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования. 1.2 Построение математической модели.	Вопросы к зачету 1.1 – 1.2

исследования	2. Задачи линейного программирования.	2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП. 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования. 2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	Вопросы к зачету 2.1 – 2.3
	3. Транспортная задача.	3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла. 3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента. 3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	Вопросы к зачету 3.1 – 3.3
	4. Игровые критерии оптимизации.	4.1 Игровой критерий Вальда. 4.2 Критерий азартного игрока. 4.3 Критерий Гурвица. 4.4 Критерий Лапласа-Байеса. 4.5 Критерий минимального риска Сэвиджа.	Вопросы к зачету 4.1 – 4.5

2. Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	1. Виды математического моделирования объекта.
			1.2 Построение математической модели.	
			2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	2. Задачи линейного программирования.
			2.2 Графический метод решения задач линейного программирования.	
			2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	
			3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	3. Транспортная задача.
3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего				

			элемента.	
			3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов	
			4.1 Игровой критерий Вальда.	4. Игровые критерии оптимизации.
			4.2 Критерий азартного игрока.	
			4.3 Критерий Гурвица.	
			4.4 Критерий Лапласа-Байеса.	
			4.5 Критерий минимального риска Сэвиджа.	
2.	ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования.	1. Виды математического моделирования объекта.
			1.2 Построение математической модели.	
			2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП.	2. Задачи линейного программирования.
			2.2 Графический метод решения задач линейного программирования.	
			2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	
			3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла.	3. Транспортная задача.
			3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента.	
			3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов	
			4.1 Игровой критерий Вальда.	4. Игровые критерии оптимизации.
			4.2 Критерий азартного игрока.	
4.3 Критерий Гурвица.				
4.4 Критерий Лапласа-Байеса.				
4.5 Критерий минимального риска Сэвиджа.				

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-4): -современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования. (ПК-16): - виды математического моделирования.</p> <p>Уметь (ОПК-4): - проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата. (ПК-16): - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов.</p> <p>Владеть (ОПК-4): - навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем. (ПК-16): - методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p>	<p>зачтено</p>	<p>Во время ответа обучающийся демонстрирует глубокое и прочное усвоение программного материала: знает основные разделы и современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования, виды математического моделирования; умеет проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов; владеет навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем, методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p>
	<p>не зачтено</p>	<p>На оба вопроса обучающийся отвечает неуверенно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.</p>

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Математическое моделирование» направлена на изучение и нахождения способов решения математических моделей, анализа теоретических и экспериментальных исследований в сфере профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины «Математическое моделирование» предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- контрольную работу;
- самостоятельную работу обучающихся;
- зачет.

В ходе освоения раздела 1 «Виды математического моделирования объекта» обучающиеся должны изучить основные положения, определения и классификацию видов моделирования, а также уметь построить математическую модель объекта.

В ходе освоения раздела 2 «Задачи линейного программирования» обучающиеся должны изучить математическую формулировку задачи линейного программирования, а также каноническую форму записи задачи линейного программирования. Уметь решать задачи линейного программирования графическим и симплекс методами.

В ходе освоения раздела 3 «Транспортная задача» обучающиеся должны уметь находить опорное решение методом наименьшего элемента и методом наименьшего элемента. А также находить оптимальное решение методом потенциалов.

В ходе освоения 4 раздела «Игровые критерии оптимизации» обучающиеся должны уметь находить решения задачи с помощью критериев Вальда, азартного игрока, Гурвица, Лапласа-Байеса, минимального риска Сэвиджа. И выбрать из них оптимальное.

В процессе выполнения лабораторных, практических работ и решения контрольной работы происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков математического моделирования.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

К зачету допускаются студенты, которые выполнили и оформили все лабораторные, практические работы, сдали и защитили контрольные работы.

Оценка знаний, умений, навыков осуществляется в процессе промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине, которая осуществляется в виде зачета. Для оценивания знаний, умений, навыков используются ФОС по дисциплине, содержащие, вопросы к зачету.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной форме в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Математическое моделирование

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: формирование у обучающихся компетенций в области математического моделирования, построения математических моделей и решение этих моделей различными численными методами.

Задачей изучения дисциплины является: подготовить студентов к самостоятельной работе по построению математических моделей, применению различных методов решения задач линейного программирования, транспортных задач и задач оптимизации.

2. Структура дисциплины

3. Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекций – 18 часов, лабораторные работы – 18 часов, практические работы – 18 часов, самостоятельная работа студента – 54 часа, Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Виды математического моделирования объекта
2. Задачи линейного программирования
3. Транспортная задача
4. Игровые критерии оптимизации.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 - способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов и использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ.

ПК-16 - готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

4. Вид промежуточной аттестации: зачет.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-4	способность иметь навыки самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях, осуществлять компьютерное моделирование устройств, систем и процессов с использованием универсальных пакетов прикладных компьютерных программ	1. Виды математического моделирования объекта.	1.1 Основные положения и определения. Классификация видов моделирования. 1.2 Построение математической модели.	Отчеты по ПЗ Отчет по ЛР
		2. Задачи линейного программирования.	2.1 Математическая формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задачи ЛП. 2.2 Графический метод решения задач линейного программирования. 2.3 Симплексный метод решения задач линейного программирования.	Отчеты по ПЗ Отчет по ЛР
		3. Транспортная задача	3.1 Определение опорного решения задачи методом северо-западного угла. 3.2 Определение опорного решения задачи методом наименьшего элемента. 3.3 Определение оптимального решения задачи методом потенциалов.	Отчеты по ПЗ Отчет по ЛР
ПК-16	готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	4. Игровые критерии оптимизации.	4.1 Критерий Вальда. 4.2 Критерий азартного игрока. 4.3 Критерий Гурвица. 4.4 Критерий Сэвиджа	Отчеты по ПЗ Отчет по ЛР

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-4): -современные теоретические и экспериментальные методы математического моделирования. (ПК-16): - виды математического моделирования.</p> <p>Уметь (ОПК-4): - проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата. (ПК-16): - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов.</p> <p>Владеть (ОПК-4): - навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем. (ПК-16): - методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>зачтено</p>	<p>Во время защиты лабораторных, практических работ обучающийся ответил на поставленные преподавателем вопросы, показав знания: видов математического моделирования, методов решения задач линейного программирования, современных теоретических и экспериментальных методов математического моделирования, умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе математического моделирования объектов, умеет проводить эксперименты по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата, владеет методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, навыками свободного обращения с компьютерными программами по моделированию систем., а также отчет по практической, лабораторной работе не вызывает нарекания.</p>
	<p>незачтено</p>	<p>Во время защиты работ студент не смог дать ответы на поставленные преподавателем вопросы и/или отчет по практической, лабораторной работе вызывает нарекания.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи от «б» марта 2015 г. №174

для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от 12.03.2018 №130

Программу составил:

Темгеновская Т.В. ст. преподаватель кафедры УТС _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры УТС от «___» _____ 2018 г., протокол № _____

Заведующий кафедрой УТС _____ Игнатъев И.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой УТС _____ Игнатъев И.В.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «___» _____ 2018 г., протокол № _____

Председатель методической комиссии факультета ЭиА _____ Ульянов А.Д.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник учебно-методического управления _____ Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____