

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
Институт компьютерных технологий и защиты информации



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Б1.В.13 Методы оптимизации

Квалификация: бакалавр

Форма обучения: очная

Направление подготовки/специальность: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль, специализация, магистерская программа)

Исследование операций и системный анализ

Казань 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки России от 12.03.2015 № 228.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры прикладной математики и информатики 29.08.2017, протокол № 8

Заведующий кафедрой ПМИ, к.т.н., доцент С.С. Зайнуллин



РАЗДЕЛ 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины «Методы оптимизация» является изучение основных понятий и методов оптимизации, получение навыков в построении и использовании математических моделей при решении практических задач, теории массового обслуживания, теории принятия решений и т.д. Знание дисциплины является необходимым для последующего курсового и дипломного проектирования.

1.2 Задачи дисциплины (модуля)

Основной задачей изучения лекционно-лабораторно - практического курса дисциплины «Методы оптимизации» является подготовка обучающихся к рациональному выбору и применению методов оптимизации для решения поставленных перед ними задач с практическим использованием современной вычислительной техники.

1.3 Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Методы оптимизации» входит в Блок Б1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части программы, читается в седьмом семестре на четвертом курсе по ОП профилю «Исследование операций и системный анализ».

Дисциплина «Методы оптимизации» опирается на знания и навыки, приобретенные обучающимися в результате изучения дисциплин базовой и вариативной частей: «Математика», «Информационные технологии», «Дискретная математика», «Дифференциальные уравнения», «Математический анализ 2», «Комплексный анализ», «Уравнения математической физики», «Функциональный анализ», «Численные методы», «Введение в профессиональную деятельность».

Полученные при изучении дисциплины «Методы оптимизации» знания, умения и навыки будут использованы при изучении дисциплин вариативной части учебного плана, при прохождении производственной практики (НИР), преддипломной практики и при подготовке выпускной квалификационной работы.

1.4 Объем дисциплины (модуля) (с указанием всех видов учебной работы)

Таблица 1

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

Виды учебной работы	Общая трудоемкость			
	в ЗЕ	в час	7 семестр	
			в ЗЕ	в час
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	6	216	6	216
Аудиторные занятия	2	72	2	72
Лекции		36		36
Лабораторные работы		18		18
Практические занятия		18		18
Самостоятельная работа обучающегося	4	144	4	144
Проработка учебного материала	2	72	2	72
Курсовой проект				
Курсовая работа	1	36	1	36
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	1	36
Промежуточная аттестация:	экзамен			

1.5 Планируемые результаты обучения

Таблица 2

Формируемые компетенции

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	Уровни освоения составляющих компетенций		
	Пороговый	Продвинутый	Превосходный
ОПК-3 способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям			
Знать основные методы оптимизации для решения практических задач (ОПК-33)	Знать основные аналитические и численные методы оптимизации	Знать методы оптимизации при моделировании технологических процессов	Знать разнообразные методы оптимизации технологических процессов
Уметь использовать в практической деятельности основные методы оптимизации при решении практических задач профессиональной деятельности (ОПК-3У)	Уметь использовать основные средства моделирования процессов при решении практических задач профессиональной деятельности	Уметь использовать средства оптимизации процессов при решении практических задач профессиональной деятельности	Уметь использовать разнообразные средства оптимизации при решении практических задач профессиональной деятельности

Владеть базовым выполнением работ по оптимизации продукции и объектов различных производств с автоматизированных пакетов (ОПК-3В)	Владеть базовым выполнением работ по оптимизации процессов производств	Владеть выполнением работ по оптимизации процессов и объектов производств с использованием стандартных автоматизированных пакетов	Владеть выполнением разнообразных работ по оптимизации процессов и объектов различных производств с использованием стандартных автоматизированных пакетов
--	---	--	--

РАЗДЕЛ 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ УСВОЕНИЯ

2.1 Структура дисциплины (модуля), ее трудоемкость

Таблица 3

Распределение фонда времени по видам занятий (очная форма обучения)

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах/интерактивные часы)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
<i>Раздел 1. Основы системного подхода к изучению объектов и явлений, методология системного анализа</i>						<i>ФОС ТК-1 Тестирование</i>	
Тема 1.1 Предварительная классификация моделей исследования операций. Рассматриваются имитационные, эвристические модели.	12	2	2	2	6	ОПК-33	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
Тема 1.2 Постановка задачи линейного программирования в общем виде.	12	2	2	2	6	ОПК-3У	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической

							работы
<i>Раздел 2. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.</i>							<i>ФОС ТК-2 Тестирование</i>
Тема 2.1 Построение математической модели для задачи линейного программирования. Общий случай задачи распределения ресурсов.	12	2	2	2	6	<i>ОПК-3У</i>	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
Тема 2.2 Примеры применения методов линейного программирования. Задача об ассортименте продукции. Минимизация дисбаланса на линии сборки. Построение математических моделей.	12	2	2	2	6	<i>ОПК-3В</i>	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
<i>Раздел 3. Симплекс-метод</i>							<i>ФОС ТК-3 Тестирование</i>
Тема 3.1 Представление пространства решений стандартной задачи линейного программирования. Понятие базисного решения, начального базисного решения, базисные, небазисные переменные.	12	2	2	2	6	<i>ОПК-3З</i>	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
Тема 3.2 Вычислительные процедуры симплекс – метода. Алгоритм решения задачи линейного программирования. Начальное базисное решение. Метод Гаусса – Жордана. Условие оптимальности. Условие допустимости.	12	2	2	2	6	<i>ОПК-3З</i>	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
<i>Раздел 4. Интерпретация симплекс – таблиц. Анализ модели на чувствительность.</i>							<i>ФОС ТК-4 Тестирование</i>
Тема 4.1 Интерпретация симплекс таблиц для оптимального решения относительно статуса ресурсов, ценности ресурсов, запаса изменениям	12	2	2	2	6	<i>ОПК-3У</i>	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы

коэффициента удельной прибыли (стоимости).							
Тема 4.2 Линейное программирование: двойственность. Определение двойственной задачи. Соотношение двойственности.	12	2	2	2	6	ОПК-3У	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
<i>Раздел 5. Транспортная модель.</i>							<i>ФОС ТК-5 Тестирование</i>
Тема 5.1 Решение транспортной задачи. Метод решения транспортной задачи. Нахождение начального базисного решения методом потенциалов. Нахождение переменной выводимой из базиса, построение цикла.	12	2	2	2	6	ОПК-3В	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
Тема 5.2 Улучшенное начальное решение. Получение наилучшего начального решения. Метод наименьшей стоимости. Приближенный метод Фогеля.	12	2	2	2	6	ОПК-3В	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
<i>Раздел 6. Примеры решения транспортных задач.</i>							<i>ФОС ТК-3 Тестирование</i>
Тема 6.1 Стандартная транспортная модель. Сбалансированная транспортная модель.	12	2	2	2	6	ОПК-3В	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
Тема 6.2 Многопродуктовая транспортная модель. Модель производства с запасами.	12	2	2	2	6	ОПК-3В	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение практической работы
Тема 6.3 Задача о назначениях. Транспортная модель с промежуточными пунктами.	12	2	2	2	6	ОПК-3В	Собеседование, защита лабораторной работы, выполнение

							практической работы
Экзамен					36		ФОС ПА Тестирование Собеседование
ИТОГО:	216	36	18	18	144		

Таблица 4

Матрица компетенций по разделам РП

Наименование раздела (тема)	Формируемые компетенции (составляющие компетенций)					
	ОПК-4					
	ОПК-3З		ОПК-3У			ОПК-3В
<i>Раздел 1. Основы системного подхода к изучению объектов и явлений, методология системного анализа</i>						
Тема 1.1 Предварительная классификация моделей исследования операций. Рассматриваются имитационные, эвристические модели			*			
Тема 1.2 Постановка задачи линейного программирования в общем виде.			*			
<i>Раздел 2. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.</i>						
Тема 2.1 Построение математической модели для задачи линейного программирования. Общий случай задачи распределения ресурсов.			*			
Тема 2.2 Примеры применения методов линейного программирования. Задача об ассортименте продукции. Минимизация дисбаланса на линии сборки. Построение математических моделей.					*	
<i>Раздел 3. Симплекс-метод</i>						
Тема 3.1 Представление пространства решений стандартной задачи линейного программирования. Понятие базисного решения, начального базисного решения, базисные, небазисные переменные.						*
Тема 3.2 Вычислительные процедуры симплекс – метода. Алгоритм решения задачи линейного программирования. Начальное базисное решение. Метод Гаусса – Жордана. Условие оптимальности. Условие допустимости.						*
<i>Раздел 4. Интерпретация симплекс – таблиц. Анализ модели на чувствительность.</i>						
Тема 4.1 Интерпретация симплекс таблиц для оптимального решения относительно статуса ресурсов, ценности ресурсов, запаса					*	

изменениям коэффициента удельной прибыли (стоимости).						
Тема 4.2 Линейное программирование: двойственность. Определение двойственной задачи. Соотношение двойственности.					*	
<i>Раздел 5. Транспортная модель.</i>						
Тема 5.1 Решение транспортной задачи. Метод решения транспортной задачи. Нахождение начального базисного решения методом потенциалов. Нахождение переменной выводимой из базиса, построение цикла.						*
Тема 5.2 Улучшенное начальное решение. Получение наилучшего начального решения. Метод наименьшей стоимости. Приближенный метод Фогеля						*
<i>Раздел 6. Примеры решения транспортных задач.</i>						
Тема 6.1 Стандартная транспортная модель. Сбалансированная транспортная модель.						*
Тема 6.2 Многопродуктовая транспортная модель. Модель производства с запасами.						*
Тема 6.3 Задача о назначениях. Транспортная модель с промежуточными пунктами.						*

2.2 Содержание дисциплины (модуля)

Раздел 1. Основы системного подхода к изучению объектов и явлений, методология системного анализа. Литература: [2, стр.9-41]

Тема 1.1 Предварительная классификация моделей исследования операций. Рассматриваются имитационные, эвристические модели. Рассматриваются имитационные, эвристические модели. Приводится постановка задачи линейного программирования в общем виде.

Тема 1.2 Постановка задачи линейного программирования в общем виде. Построение математической модели для задачи линейного программирования. Общий случай задачи распределения ресурсов. Построение математической модели для задачи линейного программирования. Общий случай задачи распределения ресурсов.

Раздел 2. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов. Литература: [2, стр.51-161]

Тема 2.1 Построение математической модели для задачи линейного программирования. Общий случай задачи распределения ресурсов.

Тема 2.2 Примеры применения методов линейного программирования. Задача об ассортименте продукции. Минимизация дисбаланса на линии сборки. Построение математических моделей.

Раздел 3. Симплекс-метод Литература: [2, стр.145-161]

Тема 3.1 Представление пространства решений стандартной задачи линейного программирования. Понятие базисного решения, начального базисного решения, базисные, небазисные переменные.

Тема 3.2 Вычислительные процедуры симплекс – метода. Алгоритм решения задачи линейного программирования. Начальное базисное решение. Метод Гаусса – Жордана. Условие оптимальности. Условие допустимости.

Раздел 4. Интерпретация симплекс – таблиц. Анализ модели на чувствительность. Литература: [3, стр.18-21]

Тема 4.1 Интерпретация симплекс таблиц для оптимального решения относительно статуса ресурсов, ценности ресурсов, запаса изменениям коэффициента удельной прибыли (стоимости).

Тема 4.2 Линейное программирование: двойственность. Определение двойственной задачи. Соотношение двойственности.

Раздел 5. Транспортная модель. Литература: [3, стр.21-24]

Тема 5.1 Решение транспортной задачи. Метод решения транспортной задачи. Нахождение начального базисного решения методом потенциалов. Нахождение переменной выводимой из базиса, построение цикла.

Тема 5.2 Улучшенное начальное решение. Получение наилучшего начального решения. Метод наименьшей стоимости. Приближенный метод Фогеля.

Раздел 6. Примеры решения транспортных задач. Литература: [1, стр.25-32]

Тема 6.1 Стандартная транспортная модель. Сбалансированная транспортная модель.

Тема 6.2 Многопродуктовая транспортная модель. Модель производства с запасами.

Тема 6.3 Задача о назначениях. Транспортная модель с промежуточными пунктами.

2.3 Курсовой проект/курсовая работа

При изучении дисциплины "Методы оптимизации" выполняется курсовая работа.

Цель выполнения курсовой работы - закрепление и практическое усвоение разделов дисциплины. В процессе выполнения курсовой работы формируются компетенция ОПК-3.

Перед студентами ставится задача самостоятельной проработки темы, согласованной с преподавателем. Задание курсовой работы оформляется индивидуально для каждого студента и содержит тему курсовой работы, список задач, подлежащих разработке в курсовой работе и требования к степени детализации проектных решений. К заданию прикладывается график выполнения курсовой работы.

В процессе проектирования подготавливается пояснительная записка с графическим материалом.

Требования к оформлению пояснительной записки к курсовой работе. Работа выполняется на одной стороне листа формата А4, размер левого поля

– 30мм, остальных – 15 - 25 мм. Листы, за исключением титульного, должны быть пронумерованы. Объем курсовой работы должен составлять не менее 20, но не более 35 страниц текста, выполненного через 1 – 1,5 интервала. Первым листом работы является титульный лист, где указывается вуз, факультет, кафедра, по которой выполняется курсовая работа, тема работы, группа, фамилия и инициалы студента, научный руководитель, год и место написания. На следующей странице (№ 2) дается тема курсовой работы, затем - оглавление работы с наименованием глав, разделов и т. п. с указанием соответствующих страниц.

В работе обязательны ссылки в виде сносок на использованную в работе литературу. Приведенные в конце работы источники должны быть упомянуты по тексту работы (приведены в квадратных скобках вида []). Взятые из монографий, статей и т.д. цитаты должны быть отмечены в качестве таковых.

Работа должна быть оформлена с соблюдением требований действующих ГОСТов к ширине полей и к оформлению списка литературы. Размер шрифта – 12–14 pt., тип шрифта – Times. Количество ссылок на использованные источники (учебники, статьи, Интернет-сайты и др.) – не менее пяти, при этом большая часть источников должна быть издана (обновлена) не ранее, чем пять лет назад.

Ссылки на литературу рекомендуется также выносить в нижнюю подстрочную часть страницы, отделенную от текста горизонтальной чертой. При этом в ссылке указывается не только название той или иной книги, научной статьи или учебника, но и указывается конкретная страница, откуда позаимствован материал.

Работа должна включать в себя: введение, главы (от трех до пяти), заключение, приложение и список использованных источников.

Курсовая работа заключается в раскрытии и описании одного из теоретических вопросов, примерный перечень которых приведен в Приложении.

При этом для пояснительной записки вместе с приложениями суммарный объем не должен превышать 35 стр., для всех приложений - не должен превышать 7 стр., а для списка использованных источников - не должен превышать 2 стр.

Защита курсовой работы. Согласно Положению о балльно-рейтинговой системе на 6-й неделе семестра проводится первое контрольное мероприятие. На данное контрольное мероприятие студент должен предоставить: развернутый план курсовой работы (название глав, разделов с аннотацией на каждый раздел в объеме не менее 3-х строк на листе формата А4, шрифт 14, тип шрифта – Times, ширина левого и правого полей – 30 и 20 мм,

соответственно), а также перечень источников, которые предполагается использовать в курсовой работе.

Защита курсовой работы производится во время третьего контрольного мероприятия на 17-й неделе семестра. Перед защитой пояснительная записка по курсовой работе должна быть предъявлена на рецензию. Защита курсовой работы осуществляется каждым студентом индивидуально. Студент подготавливает устное сообщение о содержании проектных решений и презентацию.

РАЗДЕЛ 3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И КРИТЕРИИ ОЦЕНОК ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

3.1 Оценочные средства для текущего контроля

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля (ФОС ТК) является составной частью РП дисциплины (модуля) и хранится на кафедре.

Таблица 5

Фонд оценочных средств текущего контроля

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Вид оценочных средств	Примечание
1	2	3	4
1.	Основы системного подхода к изучению объектов и явлений, методология системного анализа	ФОС ТК-1	Вопросы для собеседования. Задания для лабораторных и практических работ. Тест текущего контроля дисциплины по первому разделу (модулю) (ФОС ТК-1)
2.	Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.	ФОС ТК-2	Вопросы для собеседования. Задания для лабораторных и практических работ. Тест текущего контроля дисциплины по второму разделу (модулю) (ФОС ТК-2)
3.	Симплекс-метод	ФОС ТК-3	Вопросы для собеседования. Задания для лабораторных и практических работ. Тест текущего контроля дисциплины по третьему разделу (модулю) (ФОС ТК-3)
4.	Интерпретация симплекс – таблиц. Анализ модели на чувствительность.	ФОС ТК-4	Вопросы для собеседования. Задания для лабораторных и практических работ. Тест текущего контроля дисциплины по четвертому разделу (модулю) (ФОС ТК-4)
5.	Транспортная модель.	ФОС ТК-5	Вопросы для собеседования. Задания для лабораторных и практических работ. Тест текущего контроля дисциплины по пятому разделу (модулю) (ФОС ТК-5)
6.	Примеры решения транспортных задач.	ФОС ТК-6	Вопросы для собеседования. Задания для лабораторных и практических работ. Тест текущего контроля дисциплины по шестому разделу (модулю) (ФОС ТК-6)

Типовые оценочные средства для текущего контроля

Перечень вопросов для собеседования

1. Введение. Искусство моделирования.
2. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.
3. Построение математической модели. Свойства линейности модели.
4. Стандартная форма линейных оптимизационных моделей.
5. Представление пространства решений стандартной задачи линейного программирования (ЛП).
6. Вычислительные процедуры симплекс - метода.
7. Условие оптимальности.
8. Условие допустимости.
8. Метод Гаусса – Жордана.
9. Стандартная форма линейных оптимизационных моделей.
10. Свойство аддитивности.
11. Свойство пропорциональности.
12. Нахождение начального базисного решения.
13. Определение базисных переменных.
14. Определение небазисных переменных.
15. Определение начального базисного решения.
16. Задача имеет оптимальное решение если . . .
17. Нахождение переменной вводимой в базис.

Примеры лабораторных и практических работ

по теме 2.1 Построение математической модели для задачи линейного программирования. Общий случай задачи распределения ресурсов.

Лабораторная работа №4

МЕТОД ГАУССА В НАХОЖДЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Содержание работы направлено на разработку математических моделей для систем с линейной характеристикой.

Задание для выполнения работы. В рамках технологической подготовки операции электроэрозионного вырезания на станке с ЧПУ для разработки управляющей программы формообразования исполнительной поверхности шаблона необходимо определить положение узловой точки М (ее координаты), опираясь на исходные данные, представленные на рис.3

Практическая работа № 4

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рассмотрим пример построения математической модели и решение оптимизационной задачи:

Процесс изготовления двух видов промышленных изделий состоит в последовательной обработке каждого из них на трех станках. Время использования этих станков для производства данных изделий ограничено 10ч. в сутки. Время обработки и прибыль от продажи одного изделия каждого вида приведены в таблице. Найдите оптимальные объемы производства изделий каждого вида.

Таблица 6.

Изделие	Время обработки одного изделия, мин.			Удельная прибыль
	Станок 1	Станок 2	Станок 3	
1	15	5	9	3 у.е.
2	4	25	20	4 у.е.

Математическая модель будет выглядеть следующим образом:

Максимизировать $Z = 3x_1 + 4x_2$

При ограничениях: $15x_1 + 4x_2 \leq 600$;

$5x_1 + 25x_2 \leq 600$;

$9x_1 + 20x_2 \leq 600$; где $x_1, x_2 \geq 0$

Таблица 7

Примеры тестовых заданий

№	Вопрос	Ответ
1	2	3
1	Для построения математической модели необходимо 1. иметь представление о цели функционирования исследуемой системы 2. располагать информацией об ограничениях 3. представлять результат исследования	1
2	Отличие упрощенного образа реальной системы от самой системы 1. Содержит максимум информации о системе 2. Содержит только доминирующие факторы 3. Содержит максимум переменных, ограничений и параметров	2
3	Реальная система - это 1. соотношения в виде целевой функции и совокупности ограничений 2. соотношения только доминирующих факторов 3. соотношения максимальной информации о системе	3
4	Математическая модель - это 1. Количественное представление переменных, параметров, ограничений и целевой функции 2. Качественное представление переменных, параметров, ограничений и целевой функции 3. Количественное представление переменных	1
5	$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$ - это 1. условие положительности переменных	2

	2. условие неотрицательности переменных	
6	$Z = f(X_1, \dots, X_n)$ - это 1. ограничения математической модели 2. Целевая функция математической модели	2
7	Имитационные модели 1. являются количественным представлением переменных, параметров, ограничений и целевой функции 2. базируются на интуитивно или эмпирически выбираемых правилах 3. воспроизводят поведение системы	3
8	Статическое моделирование 1. Отображает процессы, в которых предполагается отсутствие случайных воздействий. 2. Учитывает вероятностные процессы и события. 3. Служит для описания состояния объекта в фиксированный момент времени. 4. Служит для исследования объекта во времени.	3
9	Эвристические модели 1. являются количественным представлением переменных, параметров, ограничений и целевой функции 2. базируются на интуитивно или эмпирически выбираемых правилах, которые позволяют исследователю улучшить уже имеющееся решение 3. "воспроизводят" поведение системы на протяжении некоторого промежутка времени	1
10	Имитационным моделям характерно 1. наличие экспериментальных ошибок 2. наличие математических ошибок 3. возможность имитации поведения очень сложных систем 4. более точное представление системы	1
11	Имитационные модели 1. позволяют получить решение поставленной задачи в общем виде 2. не позволяют получить решение поставленной задачи в общем виде 3. требуют проверки статистических данных 4. требуют проведения множества экспериментов	1
12	К качественным методам описания систем не относятся: 1. Методы типа мозговой атаки. 2. Морфологические методы. 3. Методы типа сценариев. 4. Методы экспертных оценок. 5. Символические методы. 6. Методы типа «Дельфи». 7. Методы типа дерева целей.	5
13	К методам экспертных оценок относятся: 1. Ранжирование. 2. Сценарии. 3. Дерево целей.	1
14	Среда это: 1. Множество объектов вне элемента. 2. Множество объектов вне системы. 3. 1 и 2.	2

3.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации (ФОС ПА) является составной частью РП дисциплины, разработан в виде отдельного документа, в соответствии с положением о ФОС ПА.

Таблица 8

Первый этап: примеры тестовых заданий

№	Вопрос	Ответ
1	2	3
1	Для построения математической модели необходимо 1. иметь представление о цели функционирования исследуемой системы 2. располагать информацией об ограничениях 3. представлять результат исследования	1
2	Отличие упрощенного образа реальной системы от самой системы 1. Содержит максимум информации о системе 2. Содержит только доминирующие факторы 3. Содержит максимум переменных, ограничений и параметров	2
3	Реальная система - это 1. соотношения в виде целевой функции и совокупности ограничений 2. соотношения только доминирующих факторов 3. соотношения максимальной информации о системе	3
4	Математическая модель - это 1. Количественное представление переменных, параметров, ограничений и целевой функции 2. Качественное представление переменных, параметров, ограничений и целевой функции 3. Количественное представление переменных	1
5	$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$ - это 1. условие положительности переменных 2. условие неотрицательности переменных	2
6	$Z = f(X_1, \dots, X_n)$ - это 1. ограничения математической модели 2. Целевая функция математической модели	2
7	Имитационные модели 1. являются количественным представлением переменных, параметров, ограничений и целевой функции 2. базируются на интуитивно или эмпирически выбираемых правилах 3. воспроизводят поведение системы	3
8	Статическое моделирование 1. Отображает процессы, в которых предполагается отсутствие случайных воздействий. 2. Учитывает вероятностные процессы и события. 3. Служит для описания состояния объекта в фиксированный момент времени. 4. Служит для исследования объекта во времени.	3
9	Эвристические модели 1. являются количественным представлением переменных, параметров, ограничений и целевой функции 2. базируются на интуитивно или эмпирически выбираемых правилах, которые позволяют исследователю улучшить уже имеющееся решение	1

	3. “воспроизводят” поведение системы на протяжении некоторого промежутка времени	
10	Имитационным моделям характерно 1. наличие экспериментальных ошибок 2. наличие математических ошибок 3. возможность имитации поведения очень сложных систем 4. более точное представление системы	1
11	Имитационные модели 1. позволяют получить решение поставленной задачи в общем виде 2. не позволяют получить решение поставленной задачи в общем виде 3. требуют проверки статистических данных 4. требуют проведения множества экспериментов	1
12	К качественным методам описания систем не относится: 1. Методы типа мозговой атаки. 2. Морфологические методы. 3. Методы типа сценариев. 4. Методы экспертных оценок. 5. Символические методы. 6. Методы типа «Дельфи». 7. Методы типа дерева целей.	5
13	К методам экспертных оценок относятся: 1. Ранжирование. 2. Сценарии. 3. Дерево целей.	1
14	Среда это: 1. Множество объектов вне элемента. 2. Множество объектов вне системы. 3. 1 и 2.	2

Второй этап: примерные вопросы к устному собеседованию на экзамене

1. Введение. Искусство моделирования.
2. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.
3. Построение математической модели. Свойства линейности модели.
4. Стандартная форма линейных оптимизационных моделей.
5. Представление пространства решений стандартной задачи линейного программирования (ЛП).
6. Вычислительные процедуры симплекс - метода.
7. Условие оптимальности.
8. Условие допустимости.
8. Метод Гаусса – Жордана.
9. Стандартная форма линейных оптимизационных моделей.
10. Свойство аддитивности.
11. Свойство пропорциональности.
12. Нахождение начального базисного решения.
13. Определение базисных переменных.
14. Определение небазисных переменных.

15. Определение начального базисного решения.
16. Задача имеет оптимальное решение если . . .
17. Нахождение переменной вводимой в базис.
18. Определение вводимой в базис переменной.
19. Нахождение переменной выводимой из базиса.
20. Определение выводимой из базиса переменной.
21. Определение ведущей строки.
22. Определение ведущего столбца.
23. Определение ведущего элемента.
24. Новая ведущая строка.
25. Новое ведущее уравнение.
26. Определение транспортной модели и ее применение.
27. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.
28. Определение двойственной задачи. Соотношение двойственности.
29. Построение математической модели. Свойства линейности модели.
30. Интерпретация симплекс – таблиц относительно максимального изменения коэффициентов удельной прибыли (стоимости).
31. Стандартная форма линейных оптимизационных моделей.
32. Интерпретация симплекс – таблиц относительно чувствительности относительного решения к изменению запасов ресурсов.
33. Симплекс - метод. Представление пространства решений стандартной задачи ЛП.
34. Интерпретация симплекс – таблиц относительно ценности ресурсов.
35. Вычислительные процедуры симплекс - метода.
36. Интерпретация симплекс – таблиц относительно статуса ресурсов.
37. Вычислительные процедуры симплекс - метода. Условие оптимальности. Условие допустимости.
38. Интерпретация симплекс – таблиц относительно оптимального решения.
39. Вычислительные процедуры симплекс - метода. Метод Гаусса – Жордана.
40. Искусственное начальное решение. Двухэтапный метод.
41. Определение транспортной модели и ее применение.
42. Искусственное начальное решение. М – метод.
43. Определение двойственной задачи. Соотношения двойственности.
44. Искусственное начальное решение.
45. Стандартная форма линейных оптимизационных моделей.
46. Метод потенциалов.
47. Нахождение выводимой из базиса переменной для транспортной модели.
48. Построение цикла для транспортной модели.
49. Определение двойственной задачи.
50. Метод наименьшей стоимости.
51. Приближенный алгоритм Фогеля.

3.3 Форма и организация промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля)

По итогам освоения дисциплины (модуля) экзамен проводится в два этапа: тестирование и устное собеседование.

Первый этап проводится в виде тестирования.

Тестирование ставит целью оценить пороговый уровень освоения обучающимися заданных результатов, а также знаний и умений, предусмотренных компетенциями.

Для оценки превосходного и продвинутого уровня усвоения компетенций проводится второй этап в виде устного собеседования и письменного ответа на вопрос.

3.4 Критерии оценки промежуточной аттестации

Результаты промежуточного контроля заносятся в АСУ «Деканат» в баллах.

Таблица 9

Система оценки промежуточной аттестации

Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций	Выражение в баллах	Словесное выражение
Освоен превосходный уровень усвоения компетенций	от 86 до 100	Отлично
Освоен продвинутый уровень усвоения компетенций	от 71 до 85	Хорошо
Освоен пороговый уровень усвоения компетенций	от 51 до 70	Удовлетворительно
Не освоен пороговый уровень усвоения компетенций	до 51	Не удовлетворительно

РАЗДЕЛ 4 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1.1 Основная литература

1. Введение в математическое моделирование. [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Б.А. Вороненко [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2014. — 44 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/70823>

2. Ашманов С.А., Тимохов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях. [Электронный ресурс] / М.П. Силич, В.А. Силич. – Электрон. дан. – М.: Издательство «Лань», 2012. – 448 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3799>

3. Арановский С.В., Гриценко П.А. Инструменты численного решения задач оптимизации. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: Издательство «Лань», 2016. – 30 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91397>

4.1.2 Дополнительная литература

4. Арановский С.В., Гриценко П.А. Инструменты численного решения задач оптимизации. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: Издательство «Лань», 2016. – 30 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91397>

4.1.3 Методическая литература к выполнению лабораторных работ

4. Е.И. Егорова. Методические указания к выполнению лабораторно – практических работ по дисциплине: «Математическое моделирование и оптимизация» - Альметьевск: Альметьевский филиал КНИТУ-КАИ 2017.-32

4.1.4 Методические рекомендации для обучающихся, в том числе по выполнению самостоятельной работы

Успешное освоение материала обучающимися обеспечивается посещением лекций, практических и лабораторных занятий, написанием конспекта по темам самостоятельной работы, прочтением будущей лекции по электронному конспекту лекций, ознакомление с будущей темой лабораторных занятий. Работа обучающегося при подготовке к собеседованию будет способствовать освоению практических навыков дискуссии, построению системы аргументации. При подготовке к экзамену рекомендуется повторить материал лекций. При недостаточном понимании теоретических вопросов следует посещать консультации преподавателя.

4.1.5 Методические рекомендации для преподавателей

Успешное освоение материала обеспечивается тесной связью теоретического материала, преподносимого на лекциях и теоретико-практической и проектной работой обучающихся на практических занятиях.

Изучение дисциплины (модуля) производится последовательно в соответствии с тематическим планом.

Лекция предусматривает дидактические и воспитательные цели:

- дать обучающимся современные целостные, взаимосвязанные знания, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- обеспечить в процессе лекции их творческую работу совместно с преподавателем;
- воспитывать у обучающихся профессионально значимые качества, интерес к предмету и развивать у них самостоятельное творческое мышление.

Цель лабораторных работ – помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера, научить обучающихся конкретным методам исследования и системного анализа, логике аналитического мышления, способствовать овладению навыками и умениями расчетов, анализа и принятия решений, методами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

Предшествовать лабораторным работам должны лекции, которые методически связаны с лабораторными занятиями. Важнейшим элементом занятия дисциплины (модуля) «Математическое моделирование и

оптимизация» являются ответы на спорные вопросы современного системного подхода.

4.2 Информационное обеспечение дисциплины (модуля)

4.2.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Журнал Математическое моделирование - <http://www.mathnet.ru/>

4.2.2 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows
2. Microsoft Office
3. Emracadero RAD Studio 10.2

4.3 Кадровое обеспечение

4.3.1 Базовое образование

Высшее образование в предметной области автоматизации технологических процессов и производств и /или наличие ученой степени и/или ученого звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального образования – профессиональной переподготовки в области автоматизации технологических процессов и производств и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.

4.3.2 Профессионально-предметная квалификация преподавателей

Наличие научных и/или методических работ по организации или методическому обеспечению образовательной деятельности по направлению технология машиностроения выполненных в течение трех последних лет.

4.3.3 Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей

К ведению дисциплины допускаются кадры, имеющие стаж научно-педагогической работы (не менее 1 года); практический опыт работы в области автоматизации технологических процессов и производств на должностях руководителей или ведущих специалистов более 3 последних лет.

Обязательное прохождение повышения квалификации (стажировки) не реже чем один раз в три года соответствующее области автоматизации технологических процессов и производств.

4.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

В табличной форме указывается наименование основных и специализированных учебных лабораторий/аудиторий/кабинетов с перечнем специализированной мебели и технических средств обучения, средств

измерительной техники и др., необходимых для освоения заданных компетенций.




Таблица 6



Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)



Наименование раздела (темы) дисциплины	Наименование учебной лаборатории, аудитории, класса (с указанием номера аудитории и учебного здания)	Перечень лабораторного оборудования, специализированной мебели и технических средств обучения
<p>Раздел 1. Основы системного подхода к изучению объектов и явлений, методология системного анализа</p> <p>Раздел 2. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.</p> <p>Раздел 3. Симплекс-метод</p> <p>Раздел 4. Интерпретация симплекс – таблиц. Анализ модели на чувствительность.</p> <p>Раздел 5. Транспортная модель.</p> <p>Раздел 6. Примеры решения транспортных задач.</p>	<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа №309</p>	<p>Комплект учебной мебели: столы аудиторные двухместные, столы аудиторные трехместные, блоки стульев двухместные, блоки стульев трехместные, стол преподавателя, стул полумягкий, доска настенная.</p> <p>Проектор SONY VPL-DX120 3LCD (0.63"); настенный экран Lumien Master Picture; ноутбук HP 500</p>
<p>Раздел 1. Основы системного подхода к изучению объектов и явлений, методология системного анализа</p> <p>Раздел 2. Задача линейного программирования как задача распределения ресурсов.</p> <p>Раздел 3. Симплекс-метод</p> <p>Раздел 4. Интерпретация симплекс – таблиц. Анализ модели на чувствительность.</p> <p>Раздел 5. Транспортная модель.</p>	<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа №208 - компьютерный класс</p>	<p>Комплект учебной мебели: столы компьютерные, столы аудиторные двухместные, столы аудиторные трехместные, блоки стульев двухместные, блоки стульев трехместные, стол преподавателя, стулья жесткие, стул полумягкий, трибуна, доска напольная на колесиках.</p> <p>Мультимедиа-проектор BenQ MS500DLP, Акустическая система GeniusSP-S200, настенный экран Lumien Master Picture 15 раб. мест. Системный блок: Intel Core i3, 3.3 GHz, 4GB ОЗУ, 500 GB, Монитор ViewSonic VA2248-LED; коммутатор D-Link DES-1026G/E 24 port</p>

Раздел 6. Примеры решения транспортных задач.		
Самостоятельная работа обучающихся	Учебная аудитория для самостоятельной работы №104	Комплект учебной мебели: столы аудиторные двухместные, столы аудиторные трехместные, блоки стульев двухместные, блоки стульев трехместные, стол преподавателя, столы компьютерные, стулья полумягкие, трибуна, доска настенная. Проектор SONY VPL-DX120 3LCD (0.63"); настенный экран Lumien Master Picture 6 раб. мест: Системный блок: Intel Core 2 Duo, 2.9 GHz, 2 GB ОЗУ, 250 GB; Монитор Samsung SyncMaster 740n; коммутатор D-Link DES-1026G/E 24 port Плакаты, стенды
Групповые и индивидуальные консультации	Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций №104	Комплект учебной мебели: столы аудиторные двухместные, столы аудиторные трехместные, блоки стульев двухместные, блоки стульев трехместные, стол преподавателя, столы компьютерные, стулья полумягкие, трибуна, доска настенная. Проектор SONY VPL-DX120 3LCD (0.63"); настенный экран Lumien Master Picture 6 раб. мест: Системный блок: Intel Core 2 Duo, 2.9 GHz, 2 GB ОЗУ, 250 GB; Монитор Samsung SyncMaster 740n; коммутатор D-Link DES-1026G/E 24 port Плакаты, стенды
Текущий контроль и промежуточная аттестация	Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс №208)	Комплект учебной мебели: столы компьютерные, столы аудиторные двухместные, столы аудиторные трехместные, блоки стульев двухместные, блоки стульев трехместные, стол преподавателя, стулья жесткие, стул полумягкий, трибуна, доска напольная на колесиках. Мультимедиа-проектор BenQ MS500DLP, Акустическая система GeniusSP-S200, настенный экран Lumien Master Picture 15 раб. мест. Системный блок: Intel Core i3, 3.3 GHz, 4GB ОЗУ, 500 GB, Монитор ViewSonic VA2248-LED; коммутатор D-Link DES-1026G/E 24 port
Хранение и профилактическое обслуживание учебного оборудования	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования №11	Стол-верстак (с тисками), сверлильный станок, станок наждачный настольный, столы аудиторные, стулья п/мягкие, кресло, стеллаж, инструменты для наладки и обслуживания оборудования, набор инструментов для телекоммуникационных сетей.


ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» заведующий кафедрой, реализующей дисциплину
1	2	3	4	5
1		01.02.2019	Изменение наименования учредителя университета. В соответствии с утверждением устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ" в новой редакции (Приказ №1042 от 26.11.2018) наименование "Министерство образования и науки Российской Федерации" читать как "Министерство науки и высшего образования Российской Федерации".	
2	2.2	27.08.2020	Заменить разделы 1-5 на разделы, осваиваемые с использованием онлайн-курса «Компьютерное моделирование» КНИТУ-КАИ, размещенное на открытой образовательной платформе Stepik.	
3	2.3	27.08.2020	<p>После раздела 2.3. «Курсовая работа» добавить разделы онлайн-курса «Компьютерное моделирование» КНИТУ-КАИ, размещенного на открытой образовательной платформе Stepik:</p> <p>2.4. Взаимодействие «Студент-Контент» В состав методического материала каждой темы входят:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Видео-лекция со слайдами. 2. Текст лекции. 3. Описание практического занятия (если предусмотрено в данной теме). 4. Описание лабораторной работы (если предусмотрена в данной теме). 5. Контрольные задания в виде тестов (вопросы типа «Множественный выбор», «Пропуски», «Численная задача»). <p>2.5. Темы видео-лекций Построение аналитической модели по вербальному описанию Построение аналитической модели по данным экспериментов</p>	

			<p>Моделирование случайных величин и случайных событий</p> <p>Моделирование случайных процессов</p> <p>Моделирование систем массового обслуживания</p> <p>Введение в искусственные нейронные сети нейронов в сети.</p> <p>Многослойные перцептроны: построение, обучение, применение</p> <p>Самообучающиеся нейронные сети</p> <p>Рекуррентные нейронные сети</p> <p>Нечеткие логические системы</p>	
4	3.1	27.08.2020	<p>Добавить в наименования оценочных средств текущего контроля по видам учебной работы «Лекции» и «Лабораторные работы», проводимым с использованием онлайн-курса «Компьютерное моделирование» КНИТУ-КАИ, размещенного на открытой образовательной платформе Stepik, тестовые задания.</p> <p>Примеры тестовых заданий текущего контроля по разделу 1 «Компьютерное моделирование систем»:</p> <p>1. Отметьте правильный ответ.</p> <p>Моделированием называется:</p> <p>А. замещение модели системой, и проведение экспериментов с системой (или над системой), исследование свойств системы, опираясь на результаты экспериментов с целью получения информации о модели.</p> <p>Б. важная сфера применения средств вычислительной техники, когда положения теории моделирования используются в различных областях науки, производства и техники.</p> <p>В. замещение системы моделью, и проведение экспериментов с моделью (или на модели), исследование свойств модели, опираясь на результаты экспериментов с целью получения информации о системе.</p> <p>2. Укажите все возможные правильные ответы.</p> <p>Неопределенные системы подразделяются на:</p> <p>А. системы с неизученными взаимосвязями</p> <p>Б. природные</p> <p>В. статические</p> <p>Г. динамические</p> <p>Д. детерминированные</p> <p>Е. неопределенные</p> <p>Ж. игровые</p> <p>З. случайные</p> <p>И. недетерминированные</p> <p>К. непрерывные</p>	

			<p>Примеры тестовых заданий текущего контроля по разделу 2 «Моделирование интеллектуальных систем»:</p> <p>1. Отметьте все правильные ответы. Для проверки согласия построенной модели регрессии с результатами эксперимента обычно вычисляют:</p> <p>А. дисперсию Б. коэффициент корреляции В. коэффициент детерминации Г. среднеквадратическую ошибку Д. формулы Крамера Е. наилучшие значения коэффициентов регрессии</p> <p>2. Отметьте все правильные ответы. Что из вышеперечисленного является способом оценки адекватности аналитической модели, построенной по данным эксперимента?</p> <p>А. Определение среднеквадратического отклонения Б. Определение автоматического ожидания В. Определение дисперсии Г. Определение коэффициента корреляции Д. Определение коэффициента детерминации Е. Определение средневзвешенной ошибки</p>	
5	3.2	27.08.20	<p>Заменить 3.1.1. Типовые оценочные средства ТК-1 и 3.1.2. Типовые оценочные средства ТК-2 следующими примерами тестовых заданий, представленными в разделах 1 – 2 онлайн-курса «Компьютерное моделирование»:</p> <p><i>Типовые тестовые задания по модулю 1 (примеры)</i></p> <p>Вопрос №1 (тип Множественный выбор) Систем какого вида НЕ существует?</p> <p>1. Динамических 2. Стохастических 3. Неопределенных 4. Эмпирических 5. Дискретных 6. Детерминированных</p> <p>Вопрос №2 (тип Множественный выбор) Неопределенные системы подразделяются на:</p> <p>1. Системы с неизученными взаимосвязями 2. Природные 3. Статические 4. Динамические 5. Детерминированные 6. Неопределенные 7. Игровые 8. Случайные 9. Недетерминированные 10. Непрерывные</p>	

			<p>Вопрос №3 (тип Пропуски) Детерминированные системы можно разделить на <u>статические</u> и <u>динамические</u>.</p> <p>Вопрос №4 (тип Пропуски) Стохастические динамические системы можно разделить на <i>непрерывные</i> и <i>дискретные</i>.</p> <p>Типовые тестовые задания по модулю 2 (примеры)</p> <p>Вопрос №1 (тип Пропуски) Дано вербальное описание задачи: <i>Автогараж располагает 3 видами грузовых машин: А,Б,В грузоподъемностью 8т, 4т и 3т соответственно. Одна машина типа А тратит на выполнение работы 60л бензина, типа Б - 30л, типа С - 20л. Найти число машин, исходя из следующих условий:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> затраты бензина не превосходят 3000л, <input type="checkbox"/> объем перевозок не менее 300т, <input type="checkbox"/> суммарное количество машин минимально. <p>Заполните пропуски построенной для этой задачи аналитической модели (здесь X_1 – количество машин вида А, X_2 – количество машин вида Б, X_3 – количество машин вида В).</p> <p>Целевая функция: $F(X) = _1_X_1 + _1_X_2 + _1_X_3 \Rightarrow \min$</p> <p>Ограничения: $60X_1 + 30X_2 + 20X_3 \leq 3000$ $8X_1 + 4X_2 + 3X_3 \geq 300$ $X_i \geq 0, (i=1,3)$</p> <p>Вопрос №2 (тип Множественный выбор) Дано вербальное описание задачи: <i>Проверка деятельности частного предприятия налоговыми органами. Предприниматель получает или теряет при проведении сделки определенную сумму. Всего за отчетный период было проведено три сделки, однако отчет за первую сделку представлен не был.</i></p>	
6	4.1	27.08.20	<p><i>Дополнить списки основной и дополнительной литературы следующими учебными изданиями:</i></p> <p>4.1.1. Основная литература:</p> <p>1. Строгалева, Валерий Петрович Имитационное моделирование: учеб. пособие / В. П. Строгалева, И. О. Толкачева.- 4-е изд. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018.- 295 с. - ISBN 978-5-7038-4825-8 : 386.</p> <p>2. Глухих И.Н. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие для студентов высш. проф. обр-я – М: Академия, 2010г. – 112с.</p>	

			<p>4.1.2 Дополнительная литература:</p> <p>1. Дворецкий С. И. Моделирование систем: учебник для студ. вузов / С. И. Дворецкий [и др.]. - М.: Академия, 2009. - 320 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-4737-9: 342.</p> <p>2. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории.-М: Горячая линия-Телеком, 2015г. – 496с. <i>Дополнить</i></p> <p>4.1.4 Перечень информационных технологий и электронных ресурсов, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю):</p> <p>1. С.В. Новикова, Н.Л. Валитова, Э.Ш. Кремлева. Массовый открытый онлайн-курс (МООК) "Компьютерное моделирование". Ссылка на курс: https://online.edu.ru/public/course?faces-redirect=true&cid=11093417</p>	
--	--	--	---	---