



1920

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

филиал Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
в г. Новороссийске
Кафедра информатики и математики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по работе с филиалами
ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный университет»
А.А. Евдокимов



« 31 » мая 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) Б1.О.32 «Дискретное программирование»

Направление

подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)/специализация

Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности

Форма обучения очная

Квалификация Бакалавр

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования № 9 от 10.01.2018 по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Программу составил(и):

Дьяченко С.В., канд.физ.мат. наук, доцент, доцент кафедры информатики и математики

Рзун И.Г., канд.физ.мат.наук, доцент, доцент кафедры информатики и математики

Маслова Е.Ю. преподаватель кафедры информатики и математики

Рабочая программа дисциплины у т в е р ж д е н а на заседании кафедры информатики и математики протокол №10 от 19.05.2022

Заведующий кафедрой канд.физ.мат.наук, доцент, И.Г.Рзун

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии филиала протокол № 9 «19» мая 2022 г.

Председатель УМК Дьяченко С.В., канд. физ.мат.наук, доцент, доцент кафедры информатики и математики

Рецензенты:

1. О.В.Ковалёва – директор ООО «Форкода»
2. М.К.Кунина - директор по развитию ООО «АЙТИ БИЗНЕС ЮГ»

1. Цели и задачи учебной дисциплины

1.1 Цели изучения дисциплины определены государственным образовательным стандартом высшего образования и соотнесены с общими целями ООП ВО по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика», в рамках которой преподается дисциплина.

Целью освоения учебной дисциплины «Дискретное программирование» является развитие профессиональных компетентностей приобретения практических навыков использования математических моделей теории графов и методов дискретной оптимизации, реализующих инновационный характер в высшем образовании.

1.2 Задачи дисциплины:

- обучить студентов понятиям и методам дискретного программирования;
- познакомить студентов с понятиями и методами дискретного программирования, необходимыми для изучения математических методов и моделей в экономике;
- подготовить студентов к самостоятельному изучению тех разделов теории дискретного программирования, которые могут потребоваться дополнительно в практической и исследовательской работе.

1.3 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Данная дисциплина (Дискретное программирование) тесно связана с дисциплинами: «Теория вероятностей и математическая статистика», «Методы оптимизации», «Теория игр и исследование операций». Она направлена на формирование знаний и умений обучающихся решать задачи дискретной оптимизации и сетевого программирования в экономике, экологии и других областях. В курсе «Дискретное программирование» основное внимание уделяется модельному аспекту теории: от постановок задач дискретного и сетевого программирования и анализа возможных принципов оптимальности, до численных методов их решения. Она обеспечивает способность у обучающихся к теоретико-методологическому анализу проблем математического моделирования; формирование компетенций в решении дискретных оптимизационных задач в экономике, экологии и других областях. В совокупности изучение этой дисциплины готовит студентов, как к различным видам практической экономической деятельности, так и к научно-теоретической, исследовательской деятельности.

Изучение данной дисциплины базируется на ООП бакалавриата, а также на знаниях, полученных в рамках дисциплин ООП бакалавриата.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения курса «Дискретное программирование»:

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-3	Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области	Постановки задач дискретного и сетевого программирования	Решать дискретные оптимизационные задачи в экономике,	Обеспечивать способность у обучающихся к теоретико-методологи-

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		профессиональной деятельности.	ния, возможные принципы оптимальности, численные методы их решения.	экологии и других.	ческому анализу проблем математического моделирования, используя современные образовательные и информационные технологии.
2.	ПК-2	Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках.	Как обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	Собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	Способностью обрабатывать и собирать, интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.

1. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		5			
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	50	50			
Занятия лекционного типа	34	34	-	-	-
Лабораторные занятия	16	16	-	-	-

Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2			
Самостоятельная работа, в том числе:					
<i>Курсовая работа</i>	-	-	-	-	-
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	16	16	-	-	-
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	-	-	-	-	-
<i>Реферат</i>	-	-	-	-	-
Подготовка к текущему контролю	3,8	3,8	-	-	-
Контроль:					
Подготовка к экзамену	-	-			
Общая трудоемкость	час.	72	72	-	-
	в том числе контактная работа	52,2	52,2		
	зач.ед	2	2		

2.2 Структура учебной дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

Учебно-тематический план очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела, темы	Итого акад.ч асов	Лек ции	Лб	СР
	Раздел 1. Комбинаторные задачи оптимизации				
1.	Введение	2	2		
2.	Задача о коммивояжере	6	2	2	2
3.	Задача календарного планирования трех станков	4	2	2	
4.	Задача о назначениях	6	2	2	2
5.	Задача об одномерном ранце	4	2	2	
6.	Задача о многомерном ранце	4	2	2	
7.	Вопросы реализации алгоритмов с древовидной схемой поиска оптимального решения	2	2		
8.	Задачи дискретного программирования большой размерности	6	4		2

9.	Эволюционное моделирование	4	2		2
	Раздел 2. Задачи оптимизации на сетях				
10.	Задача проектирования оптимальной сети коммуникаций	4	2	2	
11.	Задачи поиска оптимальных путей	6	2	2	2
12.	Задачи размещения на сетях	6	4		2
13.	Анализ сетевых графиков	6	2	2	2
14.	Оптимизация сетевых графиков	4	2		2
15.	Задача о максимальном потоке в сети	5,8	2		3,8
	Всего по разделам дисциплины:	69,8	34	16	19,8
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2			
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2			
	ИТОГО по дисциплине	72	34	16	19,8

2.3 Содержание разделов дисциплины:

№ раздела	Наименование раздела/модуля	Содержание раздела/модуля	Форма текущего контроля	Разработано с участием представителей работодателей (указать организацию)
1	2	3	4	5
1	Комбинаторные задачи оптимизации	Тема 1. Введение Тема 2. Задача о коммивояжере Тема 3. Задача календарного планирования трех станков Тема 4. Задача о назначениях Тема 5. Задача об одномерном ранце Тема 6. Задача о многомерном ранце Тема 7. Вопросы реализации алгоритмов с древовидной схемой	1. Опрос по результатам индивидуального задания	

		поиска оптимального решения Тема 8. Задачи дискретного программирования большой размерности Тема 9. Эволюционное моделирование		
2	Задачи оптимизации на сетях	Тема 10. Задача проектирования оптимальной сети коммуникаций Тема 11. Задачи поиска оптимальных путей Тема 12. Задачи размещения на сетях Тема 13. Анализ сетевых графиков Тема 14. Оптимизация сетевых графиков Тема 15. Задача о максимальном потоке в сети	Задача	1. Опрос по результатам индивидуального задания

защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т)

2.3.1 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование раздела/модуля	Содержание раздела/модуля	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	<i>Комбинаторные задачи оптимизации</i>	Тема 1. Введение Предмет, задачи и содержание курса. Постановка и особенности задач дискретного программирования. Общие сведения о методах решения задач дискретного программирования. Тема 2. Задача о коммивояжере Постановка задачи. Метод ветвей и границ для задачи о коммивояжере. Приведение матрицы	1. Опрос по результатам индивидуального задания

		<p>расстояний. Ветвление. Вычисление оценок. Общий шаг алгоритма. Симметричный случай. О практической реализации метода.</p> <p>Тема 3. Задача календарного планирования трех станков Постановка задачи. Метод ветвей и границ для задачи календарного планирования трех станков. Приведение матрицы расстояний. Ветвление. Вычисление оценок. Общий шаг алгоритма. О практической реализации метода.</p> <p>Тема 4. Задача о назначениях Постановка задачи. Метод ветвей и границ для задачи о назначениях. Приведение матрицы расстояний. Ветвление. Вычисление оценок. Общий шаг алгоритма. О практической реализации метода.</p> <p>Тема 5. Задача об одномерном ранце Постановка задачи. Алгоритм Данцига для линейной одномерной задачи о ранце. Метод ветвей и границ для одномерной задачи о ранце. Приведение матрицы расстояний. Ветвление. Вычисление оценок. Общий шаг алгоритма. О практической реализации метода.</p> <p>Тема 6. Задача о многомерном ранце Постановка задачи. Методы приближенного решения задачи о многомерном ранце. Алгоритмы улучшения начального решения. Комбинированные эвристические алгоритмы для задачи о ранце.</p> <p>Тема 7. Вопросы реализации алгоритмов с древовидной схемой поиска оптимального решения Структура информации о дереве подзадач. Операции на дереве подзадач. Структура информации о подзадаче.</p> <p>Тема 8. Задачи дискретного программирования большой размерности Постановка задачи. Декомпозиция. Иерархические процедуры декомпозиции. Последовательная декомпозиция.</p> <p>Тема 9. Эволюционное моделирование Определение и структура генетических алгоритмов. Генетическое программирование. Решение комбинаторных задач генетическими алгоритмами. Роевые алгоритмы и их применение для решения задач дискретного программирования.</p>	
2	<i>Задачи оптимизации и на сетях</i>	<p>Тема 10. Задача проектирования оптимальной сети коммуникаций Постановка задачи. Алгоритм построения покрывающего дерева. Алгоритм построения покрывающего дерева минимального веса. Алгоритм построения покрывающего дерева максимального</p>	1.Опрос по результа там индивидуального задания

		<p>веса.</p> <p>Тема 11. Задачи поиска оптимальных путей Постановка задач. Алгоритм построения кратчайшего пути. Дерево кратчайших путей. Алгоритм построения пути наибольшей пропускной способности. Дерево путей наибольшей пропускной способности. Алгоритм поиска всех кратчайших путей.</p> <p>Тема 12. Задачи размещения на сетях Постановка задач. Задачи поиска центра. Задачи поиска медиан.</p> <p>Тема 13. Анализ сетевых графиков Постановка задачи. Временные параметры сетевого графика. Критические операции. Метод критического пути.</p> <p>Тема 14. Оптимизация сетевых графиков Постановка задач. Коэффициент напряженности операции. Оптимизация сетевого графика методом «время-стоимость».</p> <p>Тема 15. Задача о максимальном потоке в сети Постановка задачи. Алгоритм поиска максимального потока в сети. Сведение задачи о максимальном потоке к задаче линейного программирования.</p>	
--	--	--	--

2.3.2 Семинарские занятия - не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	Комбинаторные задачи оптимизации	Решение задачи о коммивояжере методом ветвей и границ	Проверка выполнения лабораторных работ № 1.
		Решение задачи календарного планирования трех станков методом ветвей и границ	Проверка выполнения лабораторных работ № 2

		Метод ветвей и границ для задачи о назначениях	Проверка выполнения лабораторных работ № 3
		Метод ветвей и границ для одномерной задачи о ранце	Проверка выполнения лабораторных работ № 4
		Методы приближенного решения задачи о многомерном ранце	Проверка выполнения лабораторных работ № 5
2.	Задачи оптимизации на сетях	Задача проектирования оптимальной сети коммуникаций	Проверка выполнения лабораторных работ № 6
		Задачи поиска кратчайших путей из заданного пункта	Проверка выполнения лабораторных работ № 7
		Анализ сетевых графиков	Проверка выполнения лабораторных работ № 8
		Построение максимального потока	Проверка выполнения лабораторных работ №9
		Оптимизация сетевых графиков	Проверка выполнения результатов контрольной работы

2.3.4 Курсовые работы - не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине

Целью самостоятельной работы студента является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Вырабатываются навыки самостоятельной работы. Закрепляются опыт и знания, полученные во время лабораторных занятий. Помещения для самостоятельной работы студентов - аудитория № 102-А и читальный зал.

№	Вид самостоятельной работы	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка и повторение лекционного материала, материала учебной и научной литературы,	Методические указания для подготовки к лекционным и семинарским занятиям, утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г. Методические указания по выполнению самостоятельной работы,

	подготовка к семинарским занятиям	утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г.
2	Подготовка к лабораторным занятиям	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г.
3	Подготовка к решению задач и тестов	Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г.
4	Подготовка докладов	Методические указания для подготовки эссе, рефератов, курсовых работ, утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г.
5	Подготовка к решению расчетно-графических заданий (РГЗ)	Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий, утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г. Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г.
6	Подготовка к текущему контролю	Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем факультета компьютерных технологий и прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 22.05.2020 г.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

С точки зрения применяемых методов используются как традиционные информационно-объяснительные лекции, так и интерактивная подача материала с мультимедийной системой. Компьютерные технологии в данном случае обеспечивают возможность разнопланового

отображения алгоритмов и демонстрационного материала. Такое сочетание позволяет оптимально использовать отведенное время и раскрывать логику и содержание дисциплины.

Лекции представляют собой систематические обзоры по дискретному программированию.

Лабораторное занятие позволяет научить студента применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач. Лабораторные занятия проводятся в традиционных аудиториях. Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами при проведении анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе исследования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. Каждая конкретная задача при своем исследовании имеет множество подходов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Занятия, проводимые с использованием интерактивных технологий

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов	
		всего ауд. часов	интерактивные часы
1	2	3	4
1.	Комбинаторные задачи оптимизации	30	4
2.	Задачи оптимизации на сетях	20	4
	Итого по дисциплине:	50	8

3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

3.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список лабораторных работ, задач и вопросов) и итоговой аттестации (зачета).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это полностью индивидуальная форма обучения. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы.

Примерные задания на лабораторные работы

Комбинаторные задачи оптимизации.

Лабораторная работа № 1: Решение задачи о коммивояжере методом ветвей и границ
Цель работы: Освоить метод ветвей и границ для решения задачи о коммивояжере.

Задание. В задачах 1.1 - 1.4 для заданной матрицы расстояний

	—	r ₁₂	r ₁₃	c ₁₄	c ₁₅	c ₁₆
c ₂₁	—	c ₂₃	c ₂₄	c ₂₅	c ₂₆	
c ₃₁	c ₃₂	—	c ₃₄	c ₃₅	c ₃₆	
c ₄₁	c ₄₂	c ₄₃	—	c ₄₅	c ₄₆	
^c ₅₁	c ₅₂	c ₅₃	c ₅₄	—		
ч ^c ₆₁	^c ₆₂	c ₆₃	^c ₆₄	c ₆₅		

решить задачу коммивояжера.

1.1

/ - 36 16 19 37 404
 36 - 20 23 28 36
 20 12 - 18 20 16
 32 24 18 - 20 38
 37 20 12 28-32
 4 22 17 18 30 40 - /

1.2

/ - 4 31 23 7 104
 6 - 4 10 4 4
 22 10 - 20 23 26
 14 6 22 15 35
 27 10 32 39 - 16
 413 10 12 27 39 - /

1.3

/ - 6 25 17 37 234
 6 - 10 12 10 6
 29 12 - 17] 6 16
 14 14 35 - 26 26
 29 10 14 24-26
 V13 12 32 42 22 Z

1.4

Z - 10 16 14 10 8 4
 4 - 36 31 25 18
 8 17 - 33 12 17
 6 37 34 - 28 16
 6 16 39 15 - 27
 412 30 32 37 30 - 7

Лабораторная работа № 2: Решение задачи календарного планирования трех станков методом ветвей и границ

Цель работы: Освоить метод ветвей и границ для решения задач календарного планирования трех станков.

Задание. В задачах 2.1 - 2.4 для заданных пяти деталей, последовательно

обрабатываемых на трех станках, и заданной длительности обработки деталей $A = \{a_1, a_2,$

$$a_3, \{a_4, a_5\}, B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}, C =$$

$\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\}$ на

первом, втором и третьем станках соответственно, решить задачу календарного планирования трех станков.

2.1

A	7	3	6	9	8
B	4	5	1	7	8
C	8	6	5	6	5

2.2

A	3	2	2	3	3
B	2	5	6	5	1
C	8	5	9	9	7

2.3

A	8	4	8	4	3
B	7	9	9	8	6
C	7	8	7	6	1

2.4

A	1	4	9	1	3
B	8	7	8	5	9
C	3	9	7	7	6

Лабораторная работа № 3: Метод ветвей и границ для задачи о назначениях

Цель работы: Освоить метод ветвей и границ для решения задач о назначениях.

Задание. В задачах 3.1-3.4 для пяти работников и пяти видов работ заданы матрицы $C = \|c_{ij}\|$ затрат на выполнение каждым работником всех видов работ. Найти оптимальный план методом ветвей и границ.

$$3.1 C = \begin{pmatrix} 11 & 9 & 10 & 15 & 1 \\ 17 & 12 & 13 & 18 & 8 \\ 9 & 8 & 15 & 12 & 11 \\ 6 & 11 & 13 & 16 & 6 \\ 12 & 14 & 14 & 10 & 9 \end{pmatrix}, \quad 3.2 C = \begin{pmatrix} 10 & 3 & 3 & 5 & 4 \\ 5 & 6 & 3 & 4 & 6 \\ 10 & 7 & 6 & 6 & 10 \\ 8 & 9 & 1 & 11 & 6 \\ 11 & 12 & 8 & 8 & 2 \end{pmatrix}.$$

$$3.3 C = \begin{pmatrix} 7 & 5 & 12 & 1 & 11 \\ 6 & 6 & 13 & 6 & 10 \\ 10 & 2 & 13 & 7 & 12 \\ 6 & 7 & 11 & 3 & 5 \\ 6 & 4 & 4 & 5 & 7 \end{pmatrix}, \quad 3.4 C = \begin{pmatrix} 6 & 15 & 11 & 6 & 4 \\ 3 & 14 & 10 & 7 & 10 \\ 8 & 15 & 7 & 3 & 5 \\ 1 & 6 & 3 & 2 & 5 \\ 12 & 20 & 9 & 15 & 15 \end{pmatrix}.$$

Лабораторная работа № 4: Метод ветвей и границ для одномерной задачи о ранце

Цель работы: Освоить метод ветвей и границ для решения одномерной задачи линейного о ранце.

Задание. В задачах 4.1-4.4 для заданных функций стоимости и веса $f(x)$ и $g(x)$ решить задачу об одномерном ранце:

$$f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \quad \blacksquare$$

$$g_i(x) = \sum_{j=1}^{10} c_{ij} x_j \quad i=1, \dots, 3$$

4.1

c_{i1}	2	7	5	2	10	7	9	7	8	3
----------	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---

a_{i1}	3	8	4	2	9	8	2	10	2	8
----------	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---

4.2

c_{i1}	4	6	1	4	6	8	6	9	8	9
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$R = 30$

a_{i1}	5	2	4	1	6	5	10	11	4	6
----------	---	---	---	---	---	---	----	----	---	---

4.3

c_{i1}	7	10	11	6	7	2	3	10	7	7
----------	---	----	----	---	---	---	---	----	---	---

$R = 32$

a_{i1}	10	3	8	6	9	3	2	9	3	6
----------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4.4

c_{i1}	8	3	2	4	7	9	11	7	7	8
----------	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

$R = 34$

a_{i1}	5	8	8	10	7	4	3	5	7	4
----------	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---

Лабораторная работа № 5: Методы приближенного решения задачи о многомерном ранце

Цель работы: Освоить приближенные методы решения задачи о многомерном ранце.

Задание. В задачах 5.1-5.4 для заданных функций стоимости и веса $f(x)$ и $g_i(x)$ ($i = 1, 3$) решить задачу о многомерном ранце:

$$f(x) = \sum_{j=1}^{10} c_{1j} x_j \quad \max_{x_j \geq 0}$$

$$\sum_{j=1}^{10} x_j = \sum_{i=1}^3 a_i, \quad i = 1, 3$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad y = 1, 10.$$

5.1

C_i	9	7	11	5	2	3	5	7	5	2
a_{ii}	9	5	8	10	6	7	6	7	2	5
a_{2i}	2	1	9	2	3	1	8	2	4	5
a_{3i}	4	7	2	6	8	4	9	10	1	2

$$R_1 = 44$$

$$R_2 = 25$$

$$R_3 = 36$$

5.2

C_i	11	11	10	1	8	11	2	8	11	2
a_{ii}	10	9	11	8	8	6	5	9	10	2
a_{2i}	6	10	9	7	5	6	6	6	8	2
a_{3i}	9	7	3	5	8	6	5	8	6	1

$$R_1 = 52$$

$$R_2 = 44$$

$$R_3 = 39$$

5.3

C_i	9	5	3	10	3	4	3	8	2	5
a_{ii}	6	5	10	4	4	5	4	5	4	7
a_{2i}	11	3	7	10	6	4	11	7	11	9
a_{3i}	9	2	6	4	6	1	3	9	4	8

$$R_1 = 36$$

$$R_2 = 53$$

$$R_3 = 35$$

5.4

C_i	2	5	11	6	7	11	4	8	7	8
a_{ii}	2	4	11	5	4	9	10	9	7	9
a_{2i}	5	6	6	3	6	2	4	7	7	10
a_{3i}	4	2	10	7	10	8	8	7	2	9

$$R_1 = 47$$

$$R_2 = 38$$

$$R_3 = 45$$

Задачи оптимизации на сетях.

Лабораторная работа № 6: Задача проектирования оптимальной сети коммуникаций

Цель работы: Освоить методы проектирования оптимальной сети коммуникаций.

Задание. В задачах 6.1 - 6.4 для заданного графа, изображенного на рис. 1, построить покрывающее дерево максимального и минимального весов.

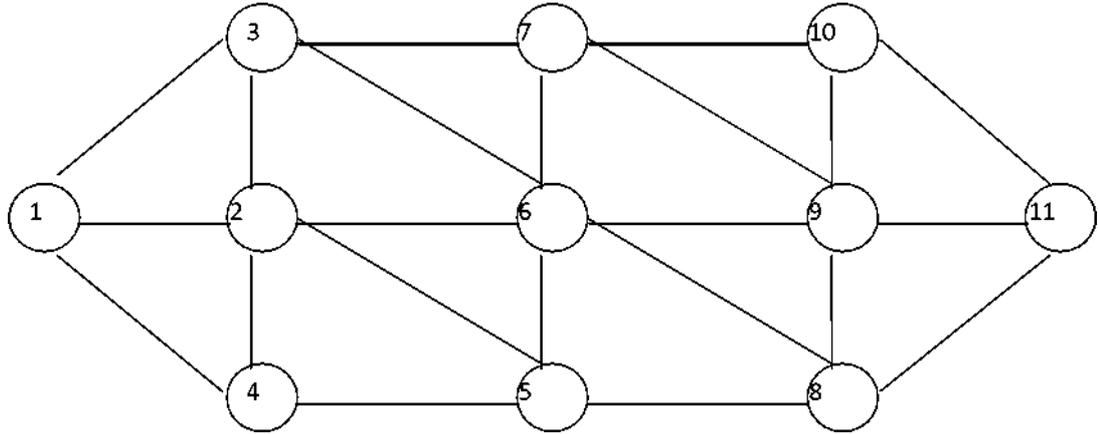


Рис. 1

6.1

(1,2)-	3	(2,4)-	11	(3,7)-	9	(6,7)-	2	(7,10)-	4	(9,11)-	5
(1,3)-	11	(2,5)-	4	(4,5)-	8	(6,8)-	8	(8,9)-	10	(10,11)-	7
(1,4)-	3	(2,6)-	1	(5,6)-	7	(6,9)-	4	(8,11)-	8		
(2,3)-	2	(3,6)-	7	(5,8)-	8	(7,9)-	8	(9,10)-	8		

6.2

(1,2)-	6	(2,4)-	4	(3,7)-	10	(6,7)-	3	(7,10)-	4	(9,11)-	4
(1,3)-	3	(2,5)-	11	(4,5)-	6	(6,8)-	4	(8,9)-	8	(10,11)-	7
(1,4)-	7	(2,6)-	5	(5,6)-	8	(6,9)-	6	(8,11)-	4		
(2,3)-	2	(3,6)-	5	(5,8)-	6	(7,9)-	8	(9,10)-	9		

6.3

(1,2)-	3	(2,4)-	9	(3,7)-	3	(6,7)-	4	(7,10)-	7	(9,11)-	10
(1,3)-	8	(2,5)-	2	(4,5)-	5	(6,8)-	9	(8,9)-	11	(10,11)-	5
(1,4)-	6	(2,6)-	8	(5,6)-	4	(6,9)-	7	(8,11)-	7		
(2,3)-	10	(3,6)-	3	(5,8)-	9	(7,9)-	3	(9,10)-	3		

6.4

(1,2)-	3	(2,4)-	8	(3,7)-	5	(6,7)-	2	(7,10)-	7	(9,11)-	11
(1,3)-	7	(2,5)-	10	(4,5)-	7	(6,8)-	8	(8,9)-	8	(10,11)-	5
(1,4)-	2	(2,6)-	2	(5,6)-	6	(6,9)-	10	(8,11)-	2		
(2,3)-	3	(3,6)-	1	(5,8)-	10	(7,9)-	8	(9,10)-	8		

Лабораторная работа № 7: Задача поиска кратчайших путей из заданного пункта

Цель работы: Освоить методы построения кратчайших путей из заданного пункта.

Задание. В задачах 7.1-7.4 для заданного графа, изображенного на рис. 2, построить дерево кратчайших путей из вершины с номером 1 и найти все максимальные пути из вершины с номером 1 во все остальные вершины графа.

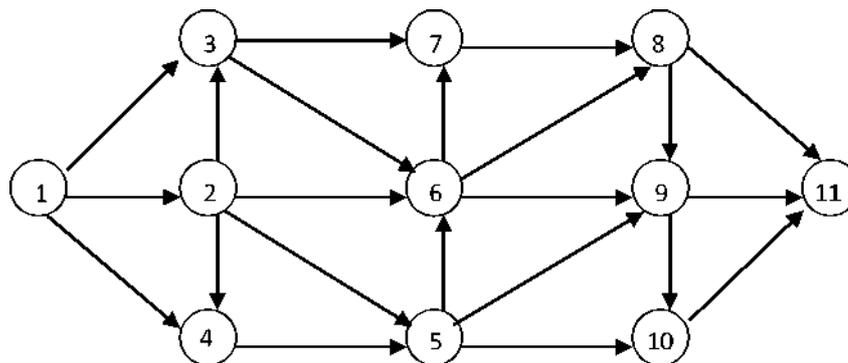


Рис. 2

7.1

(1,2)-	3	(2,4)-	9	(3,7)-	9	(5,10)-	11	(7,8)-	1	(9,11)-	5
--------	---	--------	---	--------	---	---------	----	--------	---	---------	---

(1,3)-	7	(2,5)-	2	(4,5)-	5	(6,7)-	5	(8,9)-	3	(10,11)-	8
(1,4)-	10	(2,6)-	7	(5,6)-	11	(6,8)-	6	(8,11)-	10		
(2,3)-	7	(3,6)-	5	(5,9)-	9	(6,9)-	6	(9,10)-	9		

7.2

(1,2)-	11	(2,4)-	3	(3,7)-	3	(5,10)-	5	(7,8)-	8	(9,11)-	2
(1,3)-	5	(2,5)-	1	(4,5)-	6	(6,7)-	10	(8,9)-	4	(10,11)-	3
(1,4)-	6	(2,6)-	11	(5,6)-	3	(6,8)-	9	(8,11)-	10		
(2,3)-	11	(3,6)-	4	(5,9)-	1	(6,9)-	8	(9,10)-	10		

7.3

								(9,11)-	1		
(1,2)-	9	(2,4)-	11	(3,7)-	9	(5,10)-	10	(7,8)-	4	0	
(1,3)-	3	(2,5)-	4	(4,5)-	3	(6,7)-	2	(8,9)-	10	(10,11)-	1
(1,4)-	2	(2,6)-	4	(5,6)-	8	(6,8)-	9	(8,11)-	5		
(2,3)-	6	(3,6)-	8	(5,9)-	3	(6,9)-	9	(9,10)-	10		

7.4

(1,2)-	5	(2,4)-	3	(3,7)-	1	(5,10)-	7	(7,8)-	2	(9,11)-	9
(1,3)-	2	(2,5)-	7	(4,5)-	1	(6,7)-	9	(8,9)-	11	(10,11)-	2
(1,4)-	10	(2,6)-	9	(5,6)-	2	(6,8)-	10	(8,11)-	5		
(2,3)-	3	(3,6)-	10	(5,9)-	10	(6,9)-	10	(9,10)-	6		

Лабораторная работа № 8: Анализ сетевых графиков

Цель работы: Освоить метод критического пути для анализа сетевых графиков.

Задание. Рассматривая графы, представленные в задачах 7.1-7.4, как сетевые графики, провести их анализ.

Лабораторная работа № 9: Построение максимального потока

Цель работы: Освоить методы решения задачи о максимальном потоке в сети.

Задание. Для графов, представленных в задачах 7.1-7.4, найти максимальный поток из вершины $S = 1$ (источник) в вершину $t = 11$ (сток).

3.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к зачёту

1. Основные разделы дискретного программирования.
2. Структурные характеристики задач дискретного программирования .
3. Классификация моделей задач дискретного программирования .
4. Постановка и особенности задач дискретного программирования.
5. Общие сведения о методах решения задач дискретного программирования.
6. Постановка задачи о коммивояжере.
7. Метод ветвей и границ для задачи о коммивояжере.
8. Приведение матрицы расстояний. Ветвление. Вычисление оценок. Общий шаг алгоритма ветвей и границ.
9. Симметричный случай. О практической реализации метода ветвей и границ для задачи о коммивояжере.
10. Постановка задачи календарного планирования трех станков. Метод ветвей и границ для задачи календарного планирования трех станков.
11. Приведение матрицы расстояний. Ветвление. Вычисление оценок. Общий шаг алгоритма. О практической реализации метода ветвей и границ для задачи календарного планирования трех станков.
12. Постановка задачи о назначениях. Метод ветвей и границ для задачи о назначениях. Приведение матрицы расстояний. Ветвление. Вычисление оценок.
13. Метод ветвей и границ для задачи о назначениях. Общий шаг алгоритма. О практической реализации метода.
14. Постановка задачи об одномерном ранце. Алгоритм Данцига для линейной одномерной задачи о ранце.
15. Метод ветвей и границ для одномерной задачи о ранце. Приведение матрицы расстояний. Ветвление. Вычисление оценок. Общий шаг алгоритма.
16. О практической реализации метода ветвей и границ для одномерной задачи о ранце.
17. Постановка задачи. Методы приближенного решения задачи о многомерном ранце.
18. Алгоритмы улучшения начального решения. Комбинированные эвристические алгоритмы для задачи о ранце.
19. Алгоритмы с древовидной схемой поиска оптимального решения. Структура информации о дереве подзадач.
20. Алгоритмы с древовидной схемой поиска оптимального решения. Операции на дереве подзадач.
21. Алгоритмы с древовидной схемой поиска оптимального решения. Структура информации о подзадаче.
22. Постановка задачи дискретного программирования большой размерности. Декомпозиция.
23. Постановка задачи дискретного программирования большой размерности. Иерархические процедуры декомпозиции.
24. Постановка задачи дискретного программирования большой размерности. Последовательная декомпозиция.
25. Определение и структура генетических алгоритмов.
26. Генетическое программирование. Решение комбинаторных задач генетическими алгоритмами.
27. Роевые алгоритмы и их применение для решения задач дискретного программирования.
28. Постановка задачи проектирования оптимальной сети коммуникаций. Алгоритм построения покрывающего дерева. Алгоритм построения покрывающего дерева минимального веса.
29. Постановка задачи проектирования оптимальной сети коммуникаций. Алгоритм

построения покрывающего дерева. Алгоритм построения покрывающего дерева максимального веса.

30. Постановка задач. Алгоритм построения кратчайшего пути. Дерево кратчайших путей.
31. Постановка задач. Алгоритм построения пути наибольшей пропускной способности. Дерево путей наибольшей пропускной способности.
32. Постановка задачи. Алгоритм поиска всех кратчайших путей.
33. Постановка задач размещения на сетях. Задачи поиска центра.
34. Постановка задач размещения на сетях. Задачи поиска медиан.
35. Постановка задачи анализа сетевого графика. Временные параметры сетевого графика.
36. Постановка задачи анализа сетевого графика. Критические операции. Метод критического пути.
37. Постановка задач оптимизации сетевых графиков. Коэффициент напряженности операции. Оптимизация сетевого графика методом «время- стоимость».
38. Постановка задач оптимизации сетевых графиков. Оптимизация сетевого графика методом «время-стоимость».
39. Постановка задачи о максимальном потоке. Алгоритм поиска максимального потока в сети.
40. Постановка задачи о максимальном потоке. Сведение задачи о максимальном потоке в сети к задаче линейного программирования.

Форма проведения - письменный опрос.

Длительность опроса - 60 минут.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется за: умение извлекать основную, полную и необходимую информацию из пройденного на лекционных занятиях материала, умение читать и понимать тексты по специальности
- оценка «не зачтено» выставляется за: отсутствие навыков изучающего, просмотрового и поискового чтения, неумение оперировать профессионально-ориентированной литературы, отсутствие понимания пройденного материала.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Учебная литература

1. Гармаш, Александр Николаевич. Экономико-математические методы и прикладные модели : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев ; под редакцией В. В. Федосеева. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 328 с. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/507819> (дата обращения: 25.08.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9916-3698-8. - Текст : электронный.
2. Кубенский, Александр Александрович. Функциональное программирование : учебник и практикум для вузов / А. А. Кубенский. - Москва : Юрайт, 2022. - 348 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/490015> (дата обращения: 15.09.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9916-9242-7. - Текст : электронный.

3. Пак, Вадим Геннадьевич. Дискретная математика: теория множеств и комбинаторный анализ. Сборник задач : учебное пособие для вузов / В. Г. Пак. - Москва : Юрайт, 2022. - 235 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/491997> (дата обращения: 20.09.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-09512-8. - Текст : электронный.
4. Балдин, К. В. Математическое программирование : учебник / К. В. Балдин, Н. А. Брызгалов, А. В. Рукосуев ; под общ. ред. К. В. Балдина. – 2-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2018. – 218 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=112201> . – ISBN 978-5-394-01457-4. – Текст : электронный.

5.2. Периодическая литература

[Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления.](#) - URL: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/71227>

Вестник Московского университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика .- URL: <https://dlib.eastview.com/browse/publication/9166>

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru/>

ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>

ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com

ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных

Scopus <http://www.scopus.com/>

ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>

Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>

Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>

Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>

Springer Journals: <https://link.springer.com/>

Springer Journals Archive: <https://link.springer.com/>

Nature Journals: <https://www.nature.com/>

Springer Nature Protocols and Methods:

<https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>

Springer Materials: <http://materials.springer.com/>

Nano Database: <https://nano.nature.com/>

Springer eBooks (i.e. 2020 eBook collections): <https://link.springer.com/>

"Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>

Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы

Консультант Плюс

Ресурсы свободного доступа

КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>;

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
<https://www.minobrnauki.gov.ru/>;

Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru/>;

Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .

Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;

Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;

Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;

Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;

Образовательный портал "Учеба" <http://www.uceba.com/>;

Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273-84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ

Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>

Электронная библиотека трудов ученых КубГУ

<http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>

Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>

База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций

<http://infoneeds.kubsu.ru/>

Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;

Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Википедия, свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. - Wikipedia
<http://ru.wikipedia.org>

2. Нейронные сети. Электронный учебник. StatSoft.
<http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stneunet.html>

3. ALGLIB User Guide - Классификация, регрессия, кластеризация, работа с данными - Нейронные сети
<http://alglib.sources.ru/dataanalysis/neuralnetworks.php>

4. Введение в теорию нейронных сетей. PC Noon.
<http://www.orc.ru/~stasson/neurox.html>

5. Лекции по теории и приложениям искусственных нейронных сетей
http://alife.narod.ru/lectures/neural/Neu_ch05.htm

6. Проектирование систем управления \ Fuzzy Logic Toolbox С.Д.Штовба "Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику" <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/17.php>

7. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань». <http://e4anbook.com>

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Контрольная работа представляет собой самостоятельную реферативную работу студентов. Каждый студент выполняет работу по одной теме.

Для написания реферата необходимо подобрать литературу. Общее количество

литературных источников, включая тексты из Интернета, (публикации в журналах), должно составлять не менее 10 наименований. Учебники, как правило, в литературные источники не входят.

Рефераты выполняются на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруются, рисунки снабжаются порисуночными надписями. Текст следует печатать шрифтом №14 с интервалом между строками в 1,5 интервала, без недопустимых сокращений. В конце реферата должны быть сделаны выводы.

В конце работы приводятся списки использованных источников.

Реферат должен быть подписан студентом с указанием даты его оформления.

Работы, выполненные без соблюдения перечисленных требований, возвращаются на доработку.

Выполненная студентом работа определяется на проверку преподавателю в установленные сроки. Если у преподавателя есть замечания, работа возвращается и после исправлений либо вновь отправляется на проверку, если исправления существенные, либо предъявляется на зачете, где происходит ее защита.

Для разъяснения непонятных вопросов лектором и ассистентом еженедельно проводятся консультации, о времени которых группы извещаются заранее.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) - дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Творческие задания (проекты), способствующие формированию компетенций базовой части ООП

Технологии эволюционного моделирования в математике сегодня рассматриваются как одно из главных новых направлений при решении задач дискретного и сетевого программирования.

Основные направления роевых и нейросетевых технологий в математике:

- Генетические алгоритмы;
- Искусственные нейронные сети;
- Роевые алгоритмы.

Проведите анализ по одной из выбранных вами тематик (не менее 10 слайдов и 20 листов текста). Возможно использование звукового сопровождения, анимации (аудио-, и видеоматериала).

На первой странице слайда обязательно укажите Ф.И.О. автора, курс. Оценивается работа по следующим критериям:

- полнота представленного материала;
- оформление;
- представление и защита.

Темы презентаций и докладов

- Генетические алгоритмы и их программная поддержка.
- Роевые алгоритмы и их программная поддержка.
- Нейросетевые алгоритмы и их программная поддержка.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows (разделы 2, 3, 5 дисциплины).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (разделы 1, 2 дисциплины).

3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет (разделы 1,2 дисциплины).
4. Statisticn Neural Network (раздел 2 дисциплины).
5. Matlab Neural Networks Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, ANFIS (разделы 1 и 2 дисциплины).

8.2 Перечень информационных справочных систем

Обучающимся должен быть обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, профессиональным справочным и поисковым системам:

Электронная библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека ONLINE» (<http://www.biblioclub.ru>)

Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.com>)

Электронная библиотечная система «Юрайт» (<http://www.biblio-online.ru>)

Электронная библиотечная система «ZNANIUM.COM» (<https://znanium.com>)

Электронно-библиотечная система (ЭБС) BOOK.ru (<http://www.book.ru>)

Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)

Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)

Справочно-правовая система «Гарант» (<http://www.garant.ru>)

«Консультант студента» (www.studentlibrary.ru)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Номера аудиторий / кабинетов
1.	учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	501,502,503,505,506,507,508, 509, 510,513,514
2.	учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа	501,502,503,505,506,507,508, 509, 510,513,514
3.	Компьютерные классы с выходом в Интернет	503,509,510
4.	учебные аудитории для выполнения научно – исследовательской работы (курсового проектирования)	Кабинет курсового проектирования (выполнения курсовых работ) - № 503, №509, № 510 Оборудование: мультимедийный проектор, экран, персональные компьютеры, учебная мебель, доска учебная, выход в Интернет, учебно-наглядные пособия (тематические иллюстрации), принтер, презентации на электронном носителе, сплит-система
5.	учебные аудитории для самостоятельной работы, с рабочими местами, оснащенными компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением неограниченного доступа в электронную информационно-образовательную среду организации для каждого обучающегося, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин	Кабинет для самостоятельной работы - № 504, № 509, №510 Оборудование: персональные компьютеры, учебная мебель, доска учебная, выход в Интернет

6.	Исследовательские лаборатории (центров), оснащенные лабораторным оборудованием	Компьютерный класс № 510 : мультимедийный проектор, экран, персональные компьютеры, учебная мебель, доска учебная, выход в Интернет, наглядные пособия. Сетевое оборудование CISCO (маршрутизаторы, коммутаторы, 19-ти дюймовый сетевой шкаф) сплит-система, стенд «Архитектура ПЭВМ»
7.	учебные аудитории групповых и индивидуальных консультаций	№508 Оборудование: персональный компьютер, учебная мебель, доска учебная, учебно-наглядные пособия (тематические иллюстрации), сканер, доска магнитно-маркерная, стеллажи с учебной и периодической литературой
8.	Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Помещение № 511, Помещение № 516, Помещение № 517, Помещение № 518
9.	учебные аудитории для проведения текущей и промежуточной аттестации	501,502,503,505,506,507,508, 509, 510,513,514