

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор  
Хагуров Т.А.  
подпись

«26» мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.02.02 «Теория абстрактных графов»**

Направление подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и  
администрирование информационных систем

Направленность (профиль) Технологии разработки программных систем

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины «Теория абстрактных графов» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем.

Программу составил(и):

Е. Н. Калайдин, профессор кафедры прикладной математики, д. ф.-м. н.



Рабочая программа дисциплины «Теория абстрактных графов» утверждена на заседании кафедры прикладной математики протокол №10 от 18.05.23 г.

Заведующий кафедрой (разработчик)  
Письменский А.В.



подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры информационных технологий протокол №16 от 16.05.2023

Заведующий кафедрой (выпускающей)  
В. В. Подколзин



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики протокол №5 от №5 от 19.05.23 г.

Председатель УМК факультета  
А. В. Коваленко



подпись

Рецензенты:

Трофимов Виктор Маратович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, профессор Кафедры информационных систем и программирования ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Попова Елена Витальевна, доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, Заведующий кафедрой информационных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

# 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

## 1.1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Теория абстрактных графов» является ознакомление студентов с основными теоремами, проблемами и методами теории графов.

## 1.2 Задачи дисциплины:

- формирование у студентов системы представлений о начальных понятиях и фактах теории графов;
- формирование способности действовать алгоритмически при решении некоторых основных оптимизационных задач;
- формирование способности применять методы теории графов при решении нестандартных задач, задач занимательных и олимпиадного характера
- воспитание самостоятельности и настойчивости студентов в достижении поставленной цели.

## 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория абстрактных графов» относится к «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Данная дисциплина (Теория абстрактных графов) тесно связана с дисциплинами: «Теория вероятностей с элементами математической статистики», «Задачи условной и безусловной оптимизации», «Фундаментальные дискретные модели».

## 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1

### **ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и(или) естественных наук, программирования и информационных технологий**

#### ***ИД-1.ПК-1 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области построения математических моделей, программирования и информационных технологий***

*Знать: Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации*

*уметь: Применять методы анализа научно-технической информации*

*владеть: Анализ возможностей реализации требований к программному обеспечению  
Сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний*

*Подготовка предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов*

*Деятельность, направленная на решение задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач*

#### ***ИД-2.ПК-1 Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в конкретной проблемной области***

*знать: Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации*

*уметь: Применять методы анализа научно-технической информации*

*владеть: Проектирование структур данных  
Сбор, обработка, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний*

*Деятельность, направленная на решение задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач*

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)					
		6					
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>72,5</b>	<b>72,5</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>68</b>	<b>68</b>					
Занятия лекционного типа	34	34					
Лабораторные занятия	34	34					
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)							
<b>Иная контактная работа:</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,5					
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>35,8</b>	<b>35,8</b>					
Курсовая работа							
Проработка учебного (теоретического) материала	15	15					
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	15	15					
Реферат	5,8	5,8					
Подготовка к текущему контролю							
<b>Контроль:</b>	<b>35,7</b>	<b>35,7</b>					
Подготовка к экзамену	35,7	35,7					
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>				
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>72,5</b>	<b>72,5</b>				
	<b>зач. ед</b>	<b>4</b>	<b>4</b>				

### 2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Всего	Количество часов			Внеаудиторная работа СРС
			Аудиторная работа			
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия теории графов	12	4		4	4
2.	Метрические и топологические характеристики графов	12	4		4	4
3.	Оптимизационные задачи на графах	12	4		4	4
4.	Потоковые алгоритмы. Задачи о почтальоне и коммивояжере.	12	4		4	4

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
5.	Сведение задач комбинаторной оптимизации к задачам линейного программирования	18	6		6	6
6.	Задачи многокритериальной дискретной оптимизации на графа	12	4		4	4
7.	Балансовые и функциональные графы	12	4		4	4
8.	Современные приложения теории графов	13	4		4	5,8
<b>ИТОГО по разделам дисциплины</b>			<b>34</b>		<b>34</b>	<b>35,8</b>
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4				
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5				
Подготовка к текущему контролю		35,7				
<b>Общая трудоемкость по дисциплине</b>		<b>144</b>				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия/семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование темы	Содержание темы	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основные понятия теории графов	1. Определение графа. Вершины и ребра графа. Графическое представление графа. 2. Ориентированные графы. Путь, цепь и цикл на графе. Связные графы. Эйлеровы цепь и цикл. Задача о кенигсбергских мостах. 3. Матрицы смежности и инцидентности. Дерево. Остовное дерево графа.	Контрольные вопросы
2.	Метрические и топологические характеристики графов	1. Метрические характеристики. Эксцентриситет, радиус, и диаметр графа. 2. Топологические характеристики. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера.	Контрольные вопросы
3.	Оптимизационные задачи на графах	1. Покрытия графов. Алгоритмы поиска остовного дерева минимального веса. 2. Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути между двумя вершинами. Модифицированный алгоритм Дейкстры (алгоритм Форда). Алгоритмы Флойда и Данцига поиска всех кратчайших путей на графе. 3. Наилучшая стратегия размещения капитала как задача о кратчайшем пути.	Контрольные вопросы
4.	Потоковые алгоритмы. Задачи о почтальоне и коммивояжере.	1. Задача о максимальном потоке в сети. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Решение задачи о поиске потока минимальной стоимости. 2. Задача о почтальоне для ориентированного и неориентированного графов. Задача о коммивояжере. Гамильтонов контур. Оптимальный гамильтонов контур. Методы решения задачи о коммивояжере.	Контрольные вопросы

5.	Сведение задач комбинаторной оптимизации к задачам линейного программирования	Задача о наименьшем доминирующем множестве вершин. Задача о кратчайшем гамильтоновом цикле. Задача о максимальном потоке в сети. Решение задач комбинаторной оптимизации средствами MS Excel.	Контрольные вопросы
6.	Задачи многокритериальной дискретной оптимизации на графа	1. Общая постановка многокритериальной задачи дискретной оптимизации. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач дискретной оптимизации. 2. Графический метод решения двукритериальной задачи дискретной оптимизации. Задача покрытия графа множеством кратчайших цепей минимальной мощности.	Опрос по результатам индивидуального задания
7.	Балансовые и функциональные графы	1. Знаковые графы и теория структурного баланса. Применение взвешенных орграфов и импульсных процессов для моделирования сложных систем. 2. Методы бинарных отношений в задачах корпоративного управления.	Промежуточное тестирование.
8.	Современные приложения теории графов	1. Моделирование социальных сетей. Малые миры и безмасштабные сети. 2. Дискретные модели финансовых систем и криптовалютных платежных систем. Граф фондового рынка. Модель взаимодействия в межбанковской сети.	Опрос по результатам индивидуального задания

Примечание: ЛР – отчет/защита лабораторной работы, КП - выполнение курсового проекта, КР - курсовой работы, РГЗ - расчетно-графического задания, Р - написание реферата, Э - эссе, К - коллоквиум, Т – тестирование, РЗ – решение задач.

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Занятия семинарского типа не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование темы	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основные понятия теории графов	1. Определение графа. Вершины и ребра графа. Графическое представление графа. 2. Ориентированные графы. Путь, цепь и цикл на графе. Связные графы. Эйлеровы цепь и цикл. Задача о кенигсбергских мостах. 3. Матрицы смежности и инцидентности. Дерево. Остовное дерево графа.	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)
2.	Метрические и топологические характеристики графов	1. Метрические характеристики. Эксцентриситет, радиус, и диаметр графа. 2. Топологические характеристики. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера.	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)
3.	Оптимизационные задачи на графах	1. Покрытия графов. Алгоритмы поиска остовного дерева минимального веса. 2. Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути между двумя вершинами. Модифицированный алгоритм Дейкстры (алгоритм Форда). Алгоритмы Флойда и Данцига поиска всех кратчайших путей на графе. 3. Наилучшая стратегия размещения капитала как задача о кратчайшем пути.	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)
4.	Потоковые алгоритмы. Задачи о почтальоне и коммивояжере.	1. Задача о максимальном потоке в сети. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Решение задачи о поиске потока минимальной стоимости. 2. Задача о почтальоне для ориентированного и неориентированного графов. Задача о коммивояжере. Гамильтонов контур. Оптимальный гамильтонов контур. Методы решения задачи о коммивояжере.	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)

№	Наименование темы	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
5.	Сведение задач комбинаторной оптимизации к задачам линейного программирования	Задача о наименьшем доминирующем множестве вершин. Задача о кратчайшем гамильтоновом цикле. Задача о максимальном потоке в сети. Решение задач комбинаторной оптимизации средствами MS Excel.	Аудиторная контрольная работа №1
6.	Задачи многокритериальной дискретной оптимизации на графах	1. Общая постановка многокритериальной задачи дискретной оптимизации. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач дискретной оптимизации. 2. Графический метод решения двукритериальной задачи дискретной оптимизации. Задача покрытия графа множеством кратчайших цепей минимальной мощности.	Проверка выполнения домашних работ, КСР
7.	Балансовые и функциональные графы	1. Знаковые графы и теория структурного баланса. Применение взвешенных орграфов и импульсных процессов для моделирования сложных систем. 2. Методы бинарных отношений в задачах корпоративного управления.	Проверка выполнения домашних работ. Тест
8.	Современные приложения теории графов	1. Моделирование социальных сетей. Малые миры и безмасштабные сети. 2. Дискретные модели финансовых систем и криптовалютных платежных систем. Граф фондового рынка. Модель взаимодействия в межбанковской сети.	Аудиторная контрольная работа №2, КСР

Примечание: ЛР – отчет/защита лабораторной работы, КП - выполнение курсового проекта, КР - курсовой работы, РГЗ - расчетно-графического задания, Р - написание реферата, Э - эссе, К - коллоквиум, Т – тестирование, РЗ – решение задач.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой информационных технологий, протокол №1 от 30.08.2019
2	Решение задач	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой информационных технологий, протокол №1 от 30.08.2019

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,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

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,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии**

В соответствии с требованиями ФГОС в программа дисциплины предусматривает использование в учебном процессе следующих образовательные технологии: чтение лекций с использованием мультимедийных технологий; метод малых групп, разбор практических задач и кейсов.

При обучении используются следующие образовательные технологии:

– Технология коммуникативного обучения – направлена на формирование коммуникативной компетентности студентов, которая является базовой, необходимой для адаптации к современным условиям межкультурной коммуникации.

– Технология разноуровневого (дифференцированного) обучения – предполагает осуществление познавательной деятельности студентов с учётом их индивидуальных способностей, возможностей и интересов, поощряя их реализовывать свой творческий потенциал. Создание и использование диагностических тестов является неотъемлемой частью данной технологии.

– Технология модульного обучения – предусматривает деление содержания дисциплины на достаточно автономные разделы (модули), интегрированные в общий курс.

– Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) - расширяют рамки образовательного процесса, повышая его практическую направленность, способствуют интенсификации самостоятельной работы учащихся и повышению познавательной активности. В рамках ИКТ выделяются 2 вида технологий:

– Технология использования компьютерных программ – позволяет эффективно дополнить процесс обучения языку на всех уровнях.

– Интернет-технологии – предоставляют широкие возможности для поиска информации, разработки научных проектов, ведения научных исследований.

– Технология индивидуализации обучения – помогает реализовывать личностно-ориентированный подход, учитывая индивидуальные особенности и потребности учащихся.

– Проектная технология – ориентирована на моделирование социального взаимодействия учащихся с целью решения задачи, которая определяется в рамках профессиональной подготовки, выделяя ту или иную предметную область.

– Технология обучения в сотрудничестве – реализует идею взаимного обучения, осуществляя как индивидуальную, так и коллективную ответственность за решение учебных задач.

– Игровая технология – позволяет развивать навыки рассмотрения ряда возможных способов решения проблем, активизируя мышление студентов и раскрывая личностный потенциал каждого учащегося.

– Технология развития критического мышления – способствует формированию разносторонней личности, способной критически относиться к информации, умению отбирать информацию для решения поставленной задачи.

Комплексное использование в учебном процессе всех вышеназванных технологий стимулируют личностную, интеллектуальную активность, развивают познавательные процессы, способствуют формированию компетенций, которыми должен обладать будущий специалист.

Основные виды интерактивных образовательных технологий включают в себя:

– работа в малых группах (команде) - совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путём творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности;

– проектная технология - индивидуальная или коллективная деятельность по отбору, распределению и систематизации материала по определенной теме, в результате которой составляется проект;

– анализ конкретных ситуаций - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в соответствующей области профессиональной деятельности, и поиск вариантов лучших решений;

– развитие критического мышления – образовательная деятельность, направленная на развитие у студентов разумного, рефлексивного мышления, способного выдвинуть новые идеи и увидеть новые возможности.

Подход разбора конкретных задач и ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами во время лекций, лабораторных занятий и анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что при исследовании и решении каждой конкретной задачи имеется, как правило, несколько методов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций.

Семестр	Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	количество интерактивных часов
6	Л, ЛР	Лабораторные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент» и «студент – студент»	16
<b>Итого</b>			<b>16</b>

*Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия/семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента*

Темы, задания и вопросы для самостоятельной работы призваны сформировать навыки поиска информации, умения самостоятельно расширять и углублять знания, полученные в ходе лекционных и практических занятий.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами при проведении анализа результатов самостоятельной работы.

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

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.

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

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

#### **4. Оценочные и методические материалы**

#### 4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Теория абстрактных графов».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, ролевой игры, ситуационных и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к экзамену и контрольная работа к зачету.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации 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.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Основные понятия теории графов	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)	Вопрос на экзамене 1-6
2	Метрические и топологические характеристики графов	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)	Вопрос на экзамене 4-7
3	Оптимизационные задачи на графах	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)	Вопрос на экзамене 8-11

4	Потоковые алгоритмы. Задачи о почтальоне и коммивояжере.	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1;	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)	Вопрос на экзамене 12-15
5	Сведение задач комбинаторной оптимизации к задачам линейного программирования	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1	Аудиторная контрольная работа №1 Проверка выполнения домашних работ, КСР	Вопрос на экзамене 10-20
6	Задачи многокритериальной дискретной оптимизации на графа	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)	Вопрос на экзамене 8-11
7	Балансовые и функциональные графы	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)	Вопрос на экзамене 12-15
8	Современные приложения теории графов	ИД-1.ПК-1; ИД-2.ПК-1	Проверка выполнения домашних работ (РЗ)	Вопрос на экзамене 10-20

#### Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

Код и наименование компетенции	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		
	Удовлетворительно / зачтено	Хорошо / зачтено	Отлично / зачтено
ПК-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и(или) естественных наук, программирования и информационных технологий	<p><i>Знать:</i> термины, конкретные факты, методы и процедуры, основные понятия, теоремы, правила теории абстрактных графов;</p> <p><i>Уметь:</i> использовать стандартные понятия, правила и принципы теории абстрактных графовки.</p> <p><i>Владеть:</i> методами теории абстрактных графовки, необходимых для решения экономико-математических задач.</p> <p><i>Бакалавр показывает не достаточный уровень знаний</i></p>	<p><i>Знать:</i> Теоремы теории абстрактных графов, необходимые для решения стандартных экономико-математических задач.</p> <p><i>Уметь:</i> использовать процедуры и методы теории абстрактных графовки для решения экономико-математических задач, в том числе и нестандартных ситуациях.</p> <p><i>Владеть:</i> методами теории абстрактных графовки,</p>	<p><i>Знать:</i> Теоремы теории абстрактных графов, необходимые для решения экономико-математических нестандартных задач.</p> <p><i>Уметь:</i> применять теории абстрактных графовки в конкретных практических ситуациях, в выборе инструментальных средств для обработки экономических данных в соответствии поставленными</p>

Код и наименование компетенции	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		
	Удовлетворительно / зачтено	Хорошо / зачтено	Отлично / зачтено
	учебного и лекционного материала, не в полном объеме владеет практическими навыками, чувствует себя неуверенно при анализе междисциплинарных связей. В ответе не всегда присутствует логика, аргументы привлекаются недостаточно веские. На поставленные вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания.	необходимых для решения профессиональных задач в любых, в том числе и нестандартных профессиональных ситуациях. <i>Бакалавр показывает достаточный уровень профессиональных знаний, свободно оперирует понятиями, методами оценки принятия решений, имеет представление о междисциплинарных связях, увязывает знания, полученные при изучении различных дисциплин, умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые погрешности. Вопросы, задаваемые преподавателем, не вызывают</i>	профессиональными задачами. <i>Владеть:</i> методами теории абстрактных графовки для решения экономических задач, анализирует результаты расчетов и обосновывает полученные результаты, анализа и обработки данных, необходимых для решения профессиональных задач в любых, в том числе и нестандартных профессиональных ситуациях. <i>Бакалавр показывает не только высокий уровень теоретических знаний по дисциплине, но и прослеживает междисциплинарные связи. Умеет увязывать знания, полученные при изучении различных дисциплин, анализировать практические ситуации, принимать соответствующие решения. Ответ, построен логично, материал излагается четко, ясно, хорошим языком, аргументировано. На вопросы отвечает</i>

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>базовый</b>	<b>продвинутый</b>
	<b>Оценка</b>		
	<b>Удовлетворительно / зачтено</b>	<b>Хорошо / зачтено</b>	<b>Отлично / зачтено</b>
		существенных затруднений	кратко, аргументировано, уверенно, по существу

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение дисциплины, формы внеаудиторной самостоятельной работы**

<b>Наименование тем (разделов) дисциплины</b>	<b>Перечень вопросов, отводимых на самостоятельное освоение</b>	<b>Формы внеаудиторной самостоятельной работы</b>
Тема 1. Основные понятия теории графов	Графы большой размерности. Динамические графы. Основные понятия.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 2. Метрические и топологические характеристики графов	Метрические и статистические характеристики динамических графов и графов большой размерности	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 3. Оптимизационные задачи на графах	Чувствительность и устойчивость задач дискретной оптимизации на графах.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 4. Поточковые алгоритмы задачи оптимизации на орграфах.	Потоки минимальной стоимости. Алгоритм Орлина.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 5. Сведение задач комбинаторной оптимизации к задачам линейного программирования.	Сетевой симплекс-метод. Задача потоков во времени.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 6. Задачи многокритериальной дискретной оптимизации на графах.	Методики исследования устойчивости решений задач многокритериальной дискретной оптимизации на графах	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 7. Балансовые и функциональные графы.	Модели информационного взаимодействия на графах.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.
Тема 8. Современные приложения теории графов	Моделирование структуры транзакций в криптовалютных платежных системах.	Работа с учебной литературой. Решение типовых задач. Разбор вопросов по теме занятия. Выполнение домашних заданий к каждому занятию.

## Перечень вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

### Примеры заданий контрольной работы

1. Граф задан множеством вершин  $V = \{a, b, c, d, e, f\}$  и множеством ребер  $E = \{(a, c), (a, f), (b, c), (c, d), (d, f)\}$ . Нарисуйте этот граф, постройте для него матрицы смежности и инцидентности, списки смежности.
2. В графе 30 вершин и 80 ребер, каждая вершина имеет степень 5 или 6. Сколько в нем вершин степени 5?
3. В графе каждая вершина имеет степень 3, а число ребер заключено между 16 и 20. Сколько вершин в этом графе?
4. Найдите все абстрактные графы с 4 вершинами.
5. Найдите все абстрактные графы с набором степеней а)  $(2, 2, 2, 3, 3, 4)$ ; б)  $(2, 2, 2, 3, 3, 3)$ .
6. Граф  $G$  имеет множество вершин  $\{1, 2, \dots, n\}$ . Число ребер в подграфе, полученном удалением вершины  $i$ , равно  $m_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Сколько ребер в графе  $G$ ?
7. Граф имеет  $n$  вершин и  $m$  ребер. Сколько у него различны  
а) остовных;  
б) порожденных подграфов?
8. Представьте граф  $C_6$  как объединение трех графов с множествами вершин  $\{1, 2, 3, 4\}$ ,  $\{1, 2, 5, 6\}$ ,  $\{3, 4, 5, 6\}$ .
9. Верно ли, что любой граф с 6 вершинами можно представить как объединение трех графов с такими множествами вершин? Верно ли, что любой граф с 6 вершинами можно представить как объединение трех графов с множествами вершин  $\{1, 2, 3\}$ ,  $\{3, 4, 5\}$ ,  $\{5, 6, 1\}$ ?
10. Какой наибольший диаметр может быть у графа с  $n$  вершинами? Сколько имеется (абстрактных) графов с таким диаметром?
11. Найдите все (с точностью до изоморфизма) графы с 5 вершинами диаметра 3.
12. Может ли радиус графа в результате добавления одного нового ребра  
а) увеличиться; б) уменьшиться; в) остаться прежним?
13. Найдите все (с точностью до изоморфизма) графы с 5 вершинами радиуса 1.
14. Найдите все (с точностью до изоморфизма) графы с 4 вершинами, имеющие точно одну центральную вершину.
15. Найдите диаметр и радиус графа  $C_3 \times C_5$ .
16. Постройте граф пересечений а) граней трехмерного куба; б) ребер графа  $K_4$ .
17. Сколько ребер в графе пересечений ребер графа  $K_n$ ?
18. Граф пересечений семейства интервалов на прямой называют графом интервалов.
19. Какие из следующих графов являются графами интервалов:  $C_3$ ,  $P_4$ ,  $C_4$ ,  $K_4$ ,  $C_5$ ,  $K_{2,3}$ ,  $K_{1,5}$ ?
20. Граф пересечений семейства дуг окружности называют графом дуг. Какие из графов предыдущей задачи являются графами дуг?
21. Сколько имеется неориентированных графов с  $n$  вершинами, в которых допускаются петли?
22. Найдите число ориентированных графов с  $n$  вершинами, в которых  
а) возможны петли;  
б) петлей нет;  
в) петлей нет и каждая пара различных вершин соединена не более чем одним ребром;  
г) возможны петли и каждая пара вершин соединена не более чем одним ребром;  
д) петлей нет и каждая пара различных вершин соединена точно одним ребром.
23. Найдите число графов с  $n$  вершинами, в которых возможны и ориентированные и неориентированные ребра (но не петли), причем две вершины могут быть соединены не более чем одним ребром.

24. Найдите число неориентированных мультиграфов без петель, в которых для каждой пары вершин имеется не более четырех соединяющих эти вершины ребер.
25. Найдите число графов с  $n$  вершинами, в которых  $k$  вершин являются изолированными (имеют степень 0);
26. б) нет изолированных вершин. Верно ли, что почти все графы не имеют изолированных вершин?
27. Если к графу с  $n - 1$  вершиной добавить еще одну вершину и соединить ее ребрами со всеми вершинами нечетной степени, то получится граф с  $n$  вершинами, в котором степени всех вершин четны. Сколько имеется графов, у которых степени всех вершин четны? Верно ли, что почти все графы имеют вершины нечетной степени?
28. Сколько имеется помеченных графов с  $n$  вершинами, у которых степень каждой вершины равна 1?
29. Сколько различных помеченных графов можно получить, добавляя одно новое ребро к графу  $C_n$ ?
30. Сколько различных абстрактных графов можно получить, добавляя одно ребро к графу  $C_n$ ?
31. Сколько различных помеченных графов можно получить, добавляя одно ребро к графу  $P_n$ ?
32. Сколько различных абстрактных графов можно получить, добавляя одно ребро к графу а)  $P_7$ ? б)  $P_8$ ?
33. Сколько различных помеченных графов можно получить, перенумеровывая вершины графа  
а)  $K_{1,q}$ ? б)  $P_5$ ? в)  $C_5$ ?
34. Сколько ребер в графе с  $n$  вершинами, если в нем имеется единственный цикл?
35. Перечислите все абстрактные деревья с 6 (7) вершинами.
36. В дереве имеется 40 вершин степени 4, все остальные вершины – листья. Сколько листьев в этом дереве?
37. В дереве имеется ровно три листа  $a, b, c$ , причем  $d(b, c)=21$ ,  $d(a, b)=37$ ,  $d(a, c)=44$ . Сколько всего вершин в этом дереве?
38. Дерево имеет две центральные вершины, а его радиус равен 6. Чему равен диаметр о дерева?
39. Сколько различных абстрактных двудольных графов можно получить, добавляя одно ребро к графу а)  $P_7$ ; б)  $P_8$ ; в)  $C_{12}$ ?
40. Какое наименьшее число ребер нужно удалить из графа  $K_8$ , чтобы получился двудольный граф?
41. Двудольный граф имеет  $k$  компонент связности. Каким числом способов его можно разбить на две доли?
42. Сколько существует абстрактных эйлеровых графов с 5 вершинами?
43. Граф  $K_{3,5}$  нужно превратить в эйлеров, изменяя (удаляя и добавляя) ребра. Каково наименьшее число изменений, если разрешается  
а) только удалять ребра;  
б) только добавлять ребра;  
в) и удалять, и добавлять?
44. Проследите работу алгоритма построения эйлерова цикла на графе  $K_{4,4}$ . Вершины одной доли имеют номера 1-4, другой – номера 5-8, старт в вершине 1. Всякий раз, когда имеется несколько непройденных ребер, по которым можно продолжить движение, выбирается то из них, которое ведет в вершину с наименьшим номером.
45. Алгоритм построения эйлерова цикла применяется к графу  $P_n$ . Каков будет ответ (содержимое стека  $S$  в конце работы алгоритма)?

46. Что нужно изменить в алгоритме построения эйлера цикла, чтобы получился алгоритм построения эйлера пути в графе с двумя вершинами нечетной степени?
47. Сколь существует абстрактных графов с 5 вершинами, имеющих гамильтонов цикл?
48. В каких из следующих графов имеется гамильтонов цикл?  
1)  $K_{3,3}$ ; 2)  $K_{3,4}$ ; 3)  $P_3 \times P_3$ ; 4)  $P_3 \times P_4$ ; 5)  $P_4 \times P_4$ .
49. При каких  $p$  и  $q$  в графе  $K_{p,q}$  имеется а) гамильтонов цикл? б) гамильтонов путь?
50. При каких  $n$  существует гамильтонов цикл в графе а)  $P_3 \times P_n$ ; б)  $P_4 \times P_n$ ?
51. Найдите хроматическое число графов  $K_{p,q}$ ,  $P_n$ ,  $C_n$ ,  $Q_n$ .
52. Найдите хроматическое число графа  $C_4 \times C_7$ .
53. Для каких из следующих графов алгоритм последовательной раскраски дает точный результат при любом упорядочении вершин:  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $C_4$ ,  $C_6$ .
54. Верно ли, что алгоритм последовательной раскраски, примененный к двудольному графу, всегда дает оптимальную раскраску?
55. Найдите хроматический индекс графов  $C_6$ ,  $C_7$ ,  $K_{3,3}$ ,  $K_{4,4}$ ,  $K_4$ ,  $K_5$ .
56. Какие из следующих утверждений верны для любого взвешенного графа?  
Если в графе имеется единственное ребро наименьшего веса, то оно принадлежит каждому оптимальному каркасу.  
Если в графе имеются точно два ребра наименьшего веса, то они оба принадлежат каждому оптимальному каркасу.  
Если в графе имеются точно три ребра наименьшего веса, то все они принадлежат каждому оптимальному каркасу.  
Каждое ребро минимального веса принадлежит какому-нибудь оптимальному каркасу.
57. Вершины полного графа  $K_{p,q}$  размещаются в целочисленных точках прямоугольника  $[1, p] \times [1, q]$ . Вес каждого ребра равен евклидовой длине отрезка, соединяющего вершины этого ребра.  
Чему равен вес оптимального каркаса для этого графа?  
Каков будет вес оптимального каркаса, если из графа удалить все ребра длины 1?  
Каков будет вес оптимального каркаса, если из графа удалить все ребра с длинами 1, 2 и  $\sqrt{2}$ , а  $p=q=8$ ?  
Каков будет вес оптимального каркаса, если из графа удалить все ребра с длинами 1 и  $\sqrt{2}$ , а  $p=q=8$ ?
58. Каркасы, построенные для некоторого графа с помощью алгоритмов Прима, Краскала и Дейкстры, имеют соответственно веса  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Какое из следующих соотношений обязательно выполняется для этих чисел? а)  $a \geq c$ ; б)  $a = b$ ; в)  $b \leq c$ ; г)  $b = c$ .

### Примеры заданий практических занятий

1. Построить граф общения (связей) группы в социальной сети. Найти основные структурные характеристики (радиус, диаметр, точки сочленения и мосты, реберная и вершинная связность, гистограмму степеней вершин) построенного графа. Для поиска характеристик графа допускается использование специализированного программного обеспечения. Визуализировать построенный граф.
2. Построить граф общения (связей) группы по спискам контактов мобильных телефонов. Найти основные структурные характеристики (радиус, диаметр, точки сочленения и мосты, реберная и вершинная связность, гистограмму степеней вершин) построенного графа. Для поиска характеристик графа допускается использование специализированного программного обеспечения. Сравнить полученный граф с аналогичным графом, построенным в предыдущем задании.

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине:**

Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы содержится в разделе 2 «Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы с указанием индикаторов их достижения и планируемых результатов обучения по дисциплине».

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки индикаторов достижения компетенций, умений и знаний**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Примеры заданий для оценки индикаторов достижения компетенций</b>
ИД -1 ПК-1	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области построения математических моделей, программирования и информационных технологий	<p><b>1. Системно подходит к выбору математических методов и систем программирования для решения прикладных задач</b>  <b>Задание 1.</b>                      Проведите расчет алгоритма Дейкстры для заданного графическим способом графа в среде MS Excel.</p> <p><b>2. Разрабатывает алгоритмы решения прикладных задач с использованием математических методов</b>  <b>Задание 2.</b>                      Разработайте 2-приближенный алгоритм для задачи поиска максимального паросочетания минимального веса в неориентированном графе.</p> <p><b>3. Реализует алгоритмы с использованием современных систем программирования</b>  <b>Задание 3.</b>                      Проведите расчет алгоритма Дейкстры для заданного графическим способом графа в среде Python.</p>
ИД-2.ПК-1	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в конкретной проблемной области	<p><b>1. Владеет математическим аппаратом, необходимым для разработки вычислительных алгоритмов</b>  <b>Задание 1.</b>                      Опишите приближенную схему для задачи о конкурентных потоках, используя приближенную схему для задачи о многопродуктовом потоке в качестве подпрограммы.</p> <p><b>2. Разрабатывает вычислительные алгоритмы для решения задач в области экономики и финансов</b>  <b>Задание 2.</b>                      Постройте 2-приближенный алгоритм для задачи о вершинном покрытии наименьшей мощности. С помощью поиска в глубину постройте в графе G дерево и выдайте множество внутренних вершин S этого дерева.</p>

**Пример типовых заданий**

**Задание 1.** Найти основные характеристики графа (эксцентриситеты вершин, степени вершин, матрица смежности, числа вершинной и реберной связности, радиус, диаметр и диаметральную цепь, плотность и неплотность, хроматическое число) по

данным, приведённым в таблице для модели графа, представленного рисунком. В случае несвязного графа характеристики следует найти для большей компоненты.

**Задание 2.** Найти три неизоморфных остовных дерева графа В случае несвязного графа остовные деревья следует найти для большей компоненты.

**Задание 3.** Найти остовное дерево минимального веса графа.

**Задание 4.** Построить (нарисовать) неориентированный связный граф  $G = (V, E)$ ,  $|V| = 16$ ,  $|E| = 32$ . Перенумеруйте вершины и ребра графа  $G$ . Сформулировать минимально возможную последовательность простых операций над графом  $G$  таких, что для полученной в результате этих операций последовательности связных графов  $G_1, G_2, G_3$  верно  $r(G) = r(G_1) - 1 = r(G_2) - 2 = r(G_3) - 3$ .

**Задание 5.** Сформулировать минимально возможную последовательность простых операций над графом  $G$  таких, что для полученной в результате этих операций последовательности связных графов  $G_1^*, G_2^*, G_3^*$

верно  $d(G) = d(G_1^*) + 1 = d(G_2^*) + 2 = d(G_3^*) + 3$ .

**Задание 6.** Провести расчет алгоритма Дейкстры для заданного графическим способом графа в среде MS Excel.

**Задание 7.** Провести расчет алгоритма Дейкстры для заданного графическим способом графа в среде Python.

### ***Примеры теоретических вопросов к экзамену/зачету***

1. Основные определения и обозначения, связанные с графами, орграфами и мультиграфами. Способы задания графов. Матрицы смежности и инцидентности, их свойства.
2. Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути между двумя вершинами. Модифицированный алгоритм Дейкстры (алгоритм Форда). Наилучшая стратегия размещения капитала как задача о кратчайшем пути. Алгоритмы Флойда и Данцига поиска всех кратчайших путей на графе.
3. Задача о максимальном потоке в сети. Алгоритм Форда-Фалкерсона. Решение задачи о поиске потока минимальной стоимости.
4. Задача о почтальоне для ориентированного и неориентированного графов. Методы решения.
5. Задача о коммивояжере. Гамильтонов контур. Оптимальный гамильтонов контур. Методы решения задачи о коммивояжере.
6. Задача о наименьшем доминирующем множестве вершин. Задача о кратчайшем гамильтоновом цикле.
7. Задача о максимальном потоке в сети. Решение задач комбинаторной оптимизации средствами MS Excel.
8. Общая постановка многокритериальной задачи дискретной оптимизации. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач дискретной оптимизации.
9. Графический метод решения двукритериальной задачи дискретной оптимизации.
10. Определение знаковых графов и теория структурного баланса.
11. Применение взвешенных орграфов и импульсных процессов для моделирования сложных систем. Когнитивные карты.
12. Моделирование социальных сетей.
13. Малые миры и безмасштабные сети.
14. Дискретные модели финансовых систем и криптовалютных платежных систем.
15. Описание графа фондового рынка.
16. Модель взаимодействия в межбанковской сети.

**4.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Для успешного выполнения лабораторной работы обучающемуся следует ознакомиться с теоретической частью дисциплины по теме лабораторной работы, изложенной в лекциях [5, [www.statlab.kubsu.ru](http://www.statlab.kubsu.ru)]. С целью более полного и углубленного понимания теоретического материала могут быть использованы источники, указанные в списке основной литературы [1-4], дополнительной [1, 2], а также Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины, указанный в п.6.

Критерием должной подготовки студентов к выполнению лабораторных работ являются приобретенные знания, позволяющие безошибочно ответить на вопросы, сформулированные по каждой теме лабораторных работ. Для приобретения должных навыков к решению задач предполагается решение задач на лабораторных занятиях в учебных аудиториях под руководством преподавателя. Закрепление приобретенных навыков осуществляется внеаудиторным самостоятельным решением студентом задач.

### **Методические рекомендации к сдаче экзамена и критерии оценки ответа**

Оценка «отлично»:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «хорошо»:

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основном теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «удовлетворительно»:

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;

- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «неудовлетворительно»:

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации 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.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации 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.

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

### **5.1 Основная литература:**

1. Микони, С. В. Дискретная математика для бакалавра: множества, отношения, функции, графы : учебное пособие / С. В. Микони. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-1386-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211049> (дата обращения: 06.10.2023).

2. Миков, Александр Иванович (КубГУ). ¶Обобщенные графы и грамматики : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по укрупненным группам направлений подготовки 02.00.00 "Компьютерные и информационные науки", 09.00.00 "Информатика и вычислительная техника" (квалификация (степень) "магистр") / А. И. Миков. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 191 с. - (Высшее образование. Магистратура). - Библиогр.: с. 179-181. - ISBN 978-5-16-014970-7. - ISBN 978-5-16-107465-7

3. Методы принятия управленческих решений: количественный подход / под общ. ред. А.А. Кочкарова. – Москва: КНОРУС, 2016. — 145 с. – Текст : непосредственный. – То же. – 2020. – ЭБС BOOK.ru. – URL: <https://www.book.ru/book/934219> (дата обращения: 18.02.2020). - Текст : электронный.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Кочкаров, А.А. Теория графов и классические задачи прикладной математики в экономике: учебное пособие / А.А. Кочкаров, Д.В.Яцкин. – Москва: КноРус, 2019. – 248 с. – ЭБС BOOK.ru. - URL:<https://www.book.ru/book/932443> (дата обращения: 18.02.2020). - Текст : электронный.

2. Коэльо, Л. Построение систем машинного обучения на языке Python: практическое пособие/Л.Коэльо, В. Ричарт ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - Москва: ДМК Пресс, 2016. - 302 с. – ЭБС ZNANIUM.com. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1027824> (дата обращения: 18.02.2020). - Текст : электронный.

3. Маккинни, У. Python и анализ данных / У. Маккинни. - Москва: ДМК-Пресс, 2015. - 482 с. - Текст: непосредственный. - То же. - ЭБС ZNANIUM.com. - URL: <http://new.znanium.com/catalog/product/1027796> (дата обращения: 18.02.2020). - Текст : электронный

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

### **5.3. Периодические издания:**

Не используются.

#### **5.4. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)
2. Электронная библиотека КубГУ  
<http://212.192.128.113/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=Электронный>
3. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» (<http://www.biblioclub.ru>)
4. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
5. ЭБС Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/> ООО Издательство «Лань»
6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) ООО «Директ-Медиа»
7. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru> ООО «КноРус медиа»
8. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com) ООО «ЗНАНИУМ»

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной теоретический материал, лабораторных занятий, позволяющих студентам в полной мере ознакомиться с понятиями теории вероятностей и освоиться в решении практических задач.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине «Курс теории вероятностей».

Целью самостоятельной работы бакалавра является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Вырабатываются навыки самостоятельной работы. Закрепляются опыт и знания, полученные во время лабораторных занятий.

Самостоятельная работа студентов в ходе изучения дисциплины состоит в выполнении индивидуальных заданий, задаваемых преподавателем, ведущим лабораторные занятия, подготовки теоретического материала к лабораторным занятиям, на основе конспектов лекций и учебной литературы, согласно календарному плану и подготовки теоретического материала к тестовому опросу, зачету и экзамену, согласно вопросам к экзамену.

Указания по оформлению работ:

- работа на лабораторных занятиях и конспекты лекций могут выполняться на отдельных листах либо непосредственно в рабочей тетради;
- оформление индивидуальных заданий желательно на отдельных листах.

Проверка индивидуальных заданий по темам, разобранным на лабораторных занятиях, осуществляется через неделю на текущем лабораторном занятии, либо в течение недели после этого занятия на консультации.

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.

#### **7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

##### **7.1 Перечень информационно-коммуникационных технологий**

1. Проверка индивидуальных заданий и консультирование посредством электронной почты.

2. Использование электронных презентаций при проведении лекционных и лабораторных занятий.
3. Использование математических пакетов при выполнении индивидуальных заданий.
4. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>
5. Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
8. База данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) РАН <http://www2.viniti.ru/>
9. Базы данных и аналитические публикации «Университетская информационная система РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru/>
10. Полная математическая база данных zbMATH <https://zbmath.org/>
11. [www.statlab.kubsu.ru](http://www.statlab.kubsu.ru)
12. <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>
13. <http://statsoft.ru/solutions/>
14. <http://window.edu.ru/window/catalog>
15. <http://www.exponenta.ru>

## 7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.

## 8. Материально-техническое обеспечение по дисциплине

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются - проекционное оборудование (цифровой проектор, экран, ноутбук, интерактивная доска).

Для проведения занятий используются аудитории с учебной мебелью (столы, стулья), соответствующей количеству студентов и позволяющей осуществлять упражнения по моделированию компьютерные классы. Студенты и преподаватели вуза имеют постоянный доступ к электронному каталогу учебной, методической, научной литературе, периодическим изданиям и архиву статей.

№	Вид работ	Наименование учебной аудитории, ее оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), соответствующим программным обеспечением, а также необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307).
2.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс, укомплектованный компьютерами с лицензионным программным обеспечением, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 101, 102, 106, 106а, 105/1, 107(2), 107(3), 107(5), А301).
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория для семинарских занятий, групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованные необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131).

№	Вид работ	Наименование учебной аудитории, ее оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория для семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованная необходимой мебелью (доска, столы, стулья) (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307, 147, 148, 149, 150, 100С, А3016, А512), компьютерами с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет (106, 106а, А301)
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения, обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, необходимой мебелью (доска, столы, стулья).

Примечание: Конкретизация аудиторий и их оснащение определяется ОПОП.