

математических наук, информационно-коммуникационных технологий; формирование навыков использования дискретных и вероятностных моделей как основы для разработки инновационных методов для решения задач профессиональной деятельности.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: *(обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, к которой относится дисциплина; требования к входным знаниям, умениям и навыкам; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)*

Дисциплина «Дискретные и вероятностные модели» входит в блок Б1 обязательной части программы магистратуры и изучается в 1 семестре. Изучение данного курса базируется на знании студентами материала дисциплин «Дискретная математика», «Теория вероятностей», «Математическая статистика», изучаемых в рамках программ подготовки бакалавра по направлениям физико-математических наук.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	ОПК-1.1	Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, информационно-коммуникационных технологий	Знать: основные классы дискретных и вероятностных задач из области математических и естественных наук Уметь: моделировать практические задачи дискретной оптимизации и разрабатывать алгоритмы их решения Владеть: навыками моделирования и алгоритмизации прикладных задач в области математических и естественных наук
		ОПК-1.3	Решает типовые задачи математических дисциплин и способен распознать соответствующую им постановку в формулировках актуальных проблем прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий	Знать: типовые дискретные и вероятностные задачи, универсальные методы их решения, их достоинства и недостатки Уметь: распознать постановки дискретных и вероятностных задач в формулировках актуальных проблем прикладной математики, применять на практике методы решения дискретных и вероятностных задач, модифицировать их адекватно поставленной цели Владеть: навыками разработки, применения и модификации алгоритмов решения прикладных дискретных и вероятностных задач

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах *(в соответствии с учебным планом)* – 5/180.

Форма промежуточной аттестации *экзамен*

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		1 семестр
Контактная работа	64	64		
в том числе:	лекции	32	32	
	практические	32	32	
	лабораторные	0	0	
	курсовая работа	0	0	
Самостоятельная работа	80	80		
Промежуточная аттестация (для экзамена)	36	36		
Итого:	180	180		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Дискретные модели	Множества и отношения. Основные алгебраические структуры и их свойства. Понятие модели и сущность моделирования. Основные типы математических моделей. Понятие дискретного множества. Характеристика дискретных моделей	Дискретные и вероятностные модели
1.2	Методы решения экстремальных дискретных задач	Методы решения экстремальных дискретных задач. Экстремальные задачи на множестве подстановок. Задачи о назначениях. Экстремальные задачи на множествах (0,1)-векторов. Решение систем булевых уравнений. Экстремальные задачи на сетях и графах	Дискретные и вероятностные модели
1.3	Задачи дискретного программирования	Основные случаи задачи дискретного линейного программирования. Задача целочисленного линейного программирования. Необходимое и достаточное условия целочисленности многогранного множества. Понятия унимодулярной и абсолютно унимодулярной матриц. Основы общих методов решения задач целочисленного программирования. Метод отсечений Гомори. Метод ветвей и границ	Дискретные и вероятностные модели
1.4	Вероятностные модели	Вероятность и вероятностная модель эксперимента. Случайные величины и случайные векторы. Моделирование дискретных и непрерывных случайных величин. Оценка параметров вероятностных распределений. Статистический анализ данных	Дискретные и вероятностные модели
1.5	Моделирование случайных процессов	Моделирование случайных процессов и общая схема метода Монте-Карло. Моделирование систем массового обслуживания. Имитационное моделирование. Вычислительные аспекты имитационного моделирования. Языки и системы имитационного моделирования	Дискретные и вероятностные модели
2. Практические занятия			
2.1	Дискретные модели	Множества и отношения. Понятие модели и сущность	Дискретные и

		моделирования. Основные типы математических моделей. Понятие дискретного множества. Характеристика дискретных моделей	вероятностные модели
2.2	Методы решения экстремальных дискретных задач	Методы решения экстремальных дискретных задач. Экстремальные задачи на множестве подстановок. Задачи о назначениях. Экстремальные задачи на множествах (0,1)-векторов. Задача коммивояжера, задача о ранце. Метод ветвей и границ. Решение систем булевых уравнений. Экстремальные задачи на сетях и графах	Дискретные и вероятностные модели
2.3	Задачи дискретного программирования	Основные случаи задачи дискретного линейного программирования. Задача целочисленного линейного программирования. Необходимое и достаточное условия целочисленности многогранного множества. Понятия унимодулярной и абсолютно унимодулярной матриц. Основы общих методов решения задач целочисленного программирования. Двойственный симплекс-метод. Метод отсечений Гомори. Метод ветвей и границ	Дискретные и вероятностные модели
2.4	Вероятностные модели	Вероятность и вероятностная модель эксперимента. Случайные величины и случайные векторы. Моделирование дискретных и непрерывных случайных величин. Оценка параметров вероятностных распределений. Статистический анализ данных	Дискретные и вероятностные модели
2.5	Моделирование случайных процессов	Моделирование случайных процессов и общая схема метода Монте-Карло. Моделирование систем массового обслуживания. Имитационное моделирование. Вычислительные аспекты имитационного моделирования. Языки и системы имитационного моделирования	Дискретные и вероятностные модели

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Дискретные модели	4	4	0	8	16
2	Методы решения экстремальных дискретных задач	8	8	0	20	36
3	Задачи дискретного программирования	8	8	0	20	36
4	Вероятностные модели	6	6	0	16	28
5	Моделирование случайных процессов	6	6	0	16	28
	Итого:	32	32	0	80	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др.)

Количество часов, отведенных для лекционного курса, не позволяет реализовать в лекциях всей учебной программы. Исходя из этого, каждый лектор создает свою тематику лекций, которую в устной или письменной форме представляет студентам при первой встрече. Важно студенту понять, что лекция есть своеобразная творческая форма самостоятельной работы. Надо пытаться стать активным соучастником лекции: думать, сравнивать известное с вновь получаемыми знаниями.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

Работая с литературой по теме занятий, делайте выписки текста, содержащего характеристику или комментарии уже знакомого Вам источника. Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

При подготовке к экзамену следует в полной мере использовать лекционный материал и академический курс учебника, рекомендованного преподавателем.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 292 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/305219
2	Карпов, Д. А. Методы и алгоритмы решения прикладных задач дискретной оптимизации : учебное пособие / Д. А. Карпов, В. И. Струченков. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2020. — 200 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/180841
3	Лесин, В. В. Основы методов оптимизации : учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 344 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/212441

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Леденева Т. М. Специальные главы математики. Прикладные дискретные модели : учеб. пособие / Т. М. Леденева. — Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2000. — 98 с.
5	Шикин Е. В. Математические методы и модели в управлении : учеб. пособие для студ. вузов / Е. В. Шикин, А. Г. Чхартишвили. — Москва : Дело, 2004. — 437 с.
6	Михайлов Г. А. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло : учеб. пособие для студ. вузов / Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек. — Москва : Academia, 2006. — 366 с.
7	Павловский Ю. Н. Имитационное моделирование : учеб. пособие для студ. вузов / Ю. Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский. — Москва : Академия, 2008. — 234 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
8	www.lib.vsu.ru — Зональная научная библиотека ВГУ
9	Чернышова Г. Д. Дискретные и вероятностные модели (Модели. Алгоритмы) : метод. пособие для вузов / Г. Д. Чернышова, И. Н. Булгакова. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014. — 49 с. Режим доступа: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-117.pdf
10	Задача о назначениях с дополнительными ограничениями : учеб.-метод. пособие для вузов / О. А. Медведева, С. Н. Медведев. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. Режим доступа: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-254.pdf
11	Дискретные и вероятностные модели / О. А. Медведева. — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.moodle.ru .

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

Самостоятельная работа обучающегося должна включать подготовку к практическим занятиям и подготовку к промежуточной аттестации. Для этого рекомендуется освоить теоретический материал, соответствующих тем, по конспектам лекций и презентационному материалу, размещенному на ЭО ресурсах, литературу из представленного ниже перечня, материалы с тематических ресурсов сети Интернет.

№ п/п	Источник
1	Чернышова Г. Д. Дискретные и вероятностные модели (Модели. Алгоритмы) : метод. пособие для вузов / Г. Д. Чернышова, И. Н. Булгакова. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014. — 49 с. Режим доступа: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-117.pdf
2	Задача о назначениях с дополнительными ограничениями : учеб.-метод. пособие для вузов / О. А. Медведева, С. Н. Медведев. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. Режим доступа: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-254.pdf

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение): (При реализации дисциплины могут проводиться различные типы лекций (вводная, обзорная и т.д.), семинарские занятия (проблемные, дискуссионные и т.д.), применяться дистанционные

образовательные технологии в части освоения лекционного материала, проведения текущей аттестации, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам и т.д. При применении ЭО и ДОТ необходимо в п.15 в) указать используемые ресурсы (см. пример выше)

При реализации учебной дисциплины используются информационные электронно-образовательные ресурсы www.lib.vsu.ru и <https://e.lanbook.com>.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Дискретные и вероятностные модели», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедиа оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения). ОС Windows 10, интернет-браузер (Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами (LibreOffice), Microsoft Visual Studio Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Дискретные модели	ОПК-1	ОПК-1.1	Практико-ориентированные задания, тестовые задания
2	Методы решения экстремальных дискретных задач	ОПК-1	ОПК-1.3	Практико-ориентированные задания, тестовые задания
3	Задачи дискретного программирования	ОПК-1	ОПК -1.3	Практико-ориентированные задания, тестовые задания
4	Вероятностные модели	ОПК-1	ОПК-1.1	Практико-ориентированные задания, тестовые задания
5	Моделирование случайных процессов	ОПК-1	ОПК-1.1	Практико-ориентированные задания, тестовые задания
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				<i>Перечень вопросов</i>

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Практико-ориентированные задания/домашние задания
Тестовые задания

Перечень практико-ориентированных заданий:

Задание №1.

Для заданной матрицы найти решение задачи о назначениях, используя венгерский метод. Для поиска независимых нулей использовать метод отыскания максимального паросочетания в двудольном графе.

Задание №2.

Пусть в задаче о назначениях присутствует конкуренция, т.е. количество претендентов больше числа рабочих мест. Каждый претендент умеет выполнять только определённые виды работ, которые можно упорядочить по предпочтительности. Построить математическую модель задачи о назначениях для этого случая. Описать алгоритм решения полученной задачи.

Задание №3.

Решить с помощью метода ветвей и границ задачу линейного целочисленного программирования.

Задание №4.

Решить задачу коммивояжёра для заданной матрицы расстояний между городами методом ветвей и границ. Для обхода дерева использовать стратегию левостороннего обхода.

Задание №5.

Решить задачу о ранце методом ветвей и границ. Для обхода дерева использовать стратегию: вниз по дереву использовать левосторонний обход, а вверх по дереву – до минимальной оценки.

Задание №6.

Найти целочисленное неотрицательное решение заданной системы неравенств, максимизирующее линейную функцию методом отсечений Гомери.

Задание №7.

Дана сеть без контуров с одним источником и одним стоком. Известны пропускные способности дуг. Требуется определить максимальный поток из источника в сток, а также дуги, составляющие минимальный разрез.

Тестовые задания.

ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий

Вопросы с вариантами ответов

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

1. Чем математическая модель задачи коммивояжера отличается от модели задачи о назначениях:
 - а) наличием ограничений отсутствия подциклов;
 - б) наличием балансового ограничения;
 - в) отсутствием требования на целочисленность переменных.
2. Какие из перечисленных задач дискретной оптимизации являются NP-трудными:
 - а) задача о назначениях;
 - б) задача коммивояжера;
 - в) задача о ранце.
3. В методе ветвей и границ для задачи на минимум оценки при движении вниз по дереву
 - а) не меняются или увеличиваются
 - б) не меняются или уменьшаются
4. В каком случае в методе ветвей и границ для задачи на минимум ветка закрывается?
 - а) оценка оказалась больше текущего рекорда
 - б) оценка оказалась меньше текущего рекорда
 - в) допустимое множество оценочной задачи пусто
 - г) оценка на текущей ветке больше оценок на соседних ветках
5. Какой метод является классическим для решения задачи о назначениях:
 - а) метод отсечений Гомори
 - б) венгерский метод
 - в) метод потенциалов

6. В методе отсечений Гомори построение дополнительного ограничения основано на процедуре
 - а) выделения целых частей коэффициентов
 - б) выделения дробных частей коэффициентов
 - в) округления коэффициентов
7. В какой последовательности выбирается ведущий элемент в двойственном симплекс-методе?
 - а) вначале выбирается ведущая строка, потом ведущий столбец
 - б) вначале выбирается ведущий столбец, потом ведущая строка
8. Какого знака должны быть правые части ограничений задачи для её решения симплекс-методом?
 - а) любого знака
 - б) отрицательные
 - в) положительные
9. Какого знака должны быть правые части ограничений задачи для её решения двойственным симплекс-методом?
 - а) любого знака
 - б) отрицательные
 - в) положительные
10. В чем смысл добавочного ограничения в методе отсечений Гомори?
 - а) отсекает текущее решение, сохраняя все целочисленные
 - б) сокращает количество целочисленных решений
 - в) добавляет новые целочисленные решения
11. Метод ветвей и границ
 - а) всегда сокращает полный перебор решений
 - б) в худшем случае является полным перебором решений
 - в) получит ответ за конечное число итераций
12. Количество допустимых решений задачи о назначениях размерности $n \times n$
 - а) $n!$
 - б) $(n-1)!$
 - в) n^2
13. Количество допустимых решений задачи коммивояжера размерности n
 - а) $n!$
 - б) $(n-1)!$
 - в) n^2
14. Какое утверждение верно?
 - а) допустимое множество решений задачи о назначениях включает в себя допустимое множество решений задачи коммивояжера
 - б) допустимое множество решений задачи коммивояжера включает в себя допустимое множество решений задачи о назначениях
 - в) допустимые множества решений задач совпадают
15. Назовите начальный этап венгерского метода
 - а) поиск независимых нулей
 - б) приведение матрицы
 - в) добавление новых нулей
16. В случае решения задачи на максимум симплекс-методом критерий получения оптимального ответа – это
 - а) оценки симплекс-метода отрицательные

- б) оценки симплекс-метода неотрицательны
- в) оценки симплекс-метода положительны

17. Найдите оптимальный маршрут для задачи коммивояжера с матрицей расстояний

$$\begin{pmatrix} \times & 1 & 3 & 2 \\ 3 & \times & 5 & 2 \\ 2 & 5 & \times & 2 \\ 5 & 4 & 1 & \times \end{pmatrix}$$

- а) 1-2-4-3-1
- б) 1-4-3-2-1
- в) 1-3-4-2-1

18. В какой последовательности выбирается ведущий элемент в симплекс-методе?

- а) вначале выбирается ведущая строка, потом ведущий столбец
- б) вначале выбирается ведущий столбец, потом ведущая строка

19. Какой из предложенных маршрутов является допустимым для задачи коммивояжера размерности 7?

- а) 1-6-4-2-1-3-5-7-1
- б) 1-6-2-7-4-5-3-1
- в) 1-5-2-7-4-6-1

20. Сколько независимых нулей содержит матрица

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 2 \\ 3 & 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Вопросы с кратким текстовым ответом

Критерий оценивания	Шкала оценок
Должен быть сформулирован ответ из указанных вариантов (один или несколько) или аналогичные по сути ответы с альтернативными терминами и определениями	2 балла
Неверный ответ	0 баллов

1. Как в методе ветвей и границ называется допустимая точка с лучшим на данный момент значением целевой функции?
2. Элементы матрицы, расположенные в разных строках и столбцах, называются
3. Сколько нулей будет содержать матрица после процедуры приведения

$$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 5 & 3 \\ 1 & 5 & 3 & 2 \\ 5 & 4 & 1 & 4 \end{pmatrix}$$

4. Сколько независимых нулей содержит матрица

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 2 \\ 3 & 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

5. Какие задачи из перечисленных относятся к классу NP-трудных?
Задача коммивояжера, задача о назначениях, задача поиска минимума в матрице, задача о ранце
6. Что означает, что при решении задачи на максимум симплекс-методом все оценки метода неотрицательные и есть нулевые оценки в небазисных столбцах?
7. При решении задачи на максимум что должно произойти с веткой в методе ветвей и границ, если в текущем узле оценка меньше рекорда?
8. Какой метод решения задач дискретной оптимизации включает в себя использование симплекс-метода и двойственного симплекс-метода?
9. Является ли следующая матрица приведенной?

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

10. Найдите длину оптимального маршрута для задачи коммивояжера с матрицей расстояний

$$\begin{pmatrix} \times & 1 & 3 & 2 \\ 2 & \times & 5 & 3 \\ 4 & 2 & \times & 2 \\ 5 & 4 & 1 & \times \end{pmatrix}$$

Критерии оценивания тестовых заданий:

- оценка «5» (отлично) выставляется студентам за верные ответы, которые составляют 91 % и более от общего количества вопросов;
- оценка «4» (хорошо) соответствует результатам тестирования, которые содержат от 71 % до 90 % правильных ответов;
- оценка «3» (удовлетворительно) от 50 % до 70 % правильных ответов;
- оценка «2» (неудовлетворительно) соответствует результатам тестирования, содержащие менее 50 % правильных ответов.

Описание технологии проведения

Текущая аттестация проводится на занятии одновременно во всей учебной группе в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ». Тест составляется из материалов ФОСа, формируется системой автоматически путём добавления случайных вопросов, количество которых соответствует имеющимся образцам билетов. Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только отдельные вопросы, представленные в форме эссе. Ограничение по времени на каждую попытку — 1 час 30 минут»

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по экзаменационным билетам

Перечень вопросов для промежуточной аттестации:

1. Понятие дискретного множества. Модели дискретного программирования и их классификация.
2. Факторы, порождающие задачи дискретного программирования. Примеры.
3. Целочисленные многогранные множества. Почти целочисленные многогранные множества.
4. Понятие унимодальной и абсолютно унимодулярной матриц. Необходимое и достаточное условия абсолютной унимодулярности матрицы с элементами $\{1,0,1\}$. Примеры.
5. Основные подходы к решению задач дискретного программирования.
6. Методы поиска, использующие дерево решений (типы поиска, использование границ, функции ветвления).
7. Метод ветвей и границ для решения задач дискретного линейного программирования.
8. Метод ветвей и границ для решения задач коммивояжера.
9. Метод ветвей и границ для решения задачи о ранце.
10. Транспортная задача. Методы нахождения начального плана перевозок. Метод потенциалов.
11. Экстремальные задачи на множестве подстановок.
12. Линейная задача о назначениях. Венгерский метод.
13. Задачи о назначениях с дополнительными ограничениями и специфическими критериями оптимальности.
14. Экстремальные задачи на графах (задача о кратчайшем пути, задача о максимальном потоке).
15. Модели сетевого программирования. Алгоритм определения временных параметров сетевого графика.
16. Обобщенный сетевой график.
17. Понятие вероятностной модели. Моделирование случайных величин.
18. Оценка параметров вероятностных распределений. Статистический анализ данных.
19. Вероятностный сетевой график.
20. Моделирование случайных процессов и общая схема метода Монте-Карло.
21. Имитационное моделирование. Вычислительные аспекты имитационного моделирования.

Инструкция по сдаче экзамена:

Каждый контрольно-измерительный материал состоит из двух блоков. Первый из них содержит теоретический вопрос из перечня вопросов к промежуточной аттестации №1, второй – практическое задание.

Критерии оценивания практико-ориентированных заданий:

Отлично	6-7 правильно выполненных задания
Хорошо	4-5 правильно выполненных задания
Удовлетворительно	2-3 правильно выполненных задания
Неудовлетворительно	правильно выполнено менее 2 заданий

Критерии оценивания собеседования по экзаменационным билетам:

Отлично	отличное владение теорией и решение задач не ниже хорошего уровня; или отличное решение задач и владение теорией не ниже хорошего уровня
Хорошо	владение теорией не ниже хорошего уровня и решение задач не ниже удовлетворительного уровня; или владение теорией не ниже удовлетворительного уровня и решение задач не ниже хорошего уровня
Удовлетворительно	удовлетворительное владение теорией и удовлетворительное решение задач
Неудовлетворительно	неудовлетворительное владение теорией; или неудовлетворительное решение задач

Тестовые задания раздела 20.1 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины