

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИСКРЕТНЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
**Кафедра прикладной математики факультета математики и
компьютерных наук**

Образовательная программа

01.04.02-Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки
Математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования
магистратура

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: ***Базовый***

Махачкала, 2018

Рабочая программа дисциплины «Дискретные и математические модели» составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02-Прикладная математика и информатика (уровень магистратура) утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 года № 911

Разработчик: кафедра прикладной математики:
Лугуева А.С, к.ф-м.н., доцент,

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры прикладной математики

от « 14 » июня 2018г., протокол № 10

Зав. кафедрой Кадиев Р.И. Кадиев Р.И.
(подпись)

на заседании Учебно-методической комиссии ФМиКН

от « 27 » июня 2018г., протокол № 6

Председатель УМС Бейбалаев В.Д. доц. Бейбалаев В.Д.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 28 » 06 2018 г. А.К.
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Дискретные и математические модели» входит в *базовую* часть образовательной программы *магистратуры* по направлению 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой прикладной математики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием методологии научных исследований, сущность которой состоит в замене исходного объекта - информационно-телекоммуникационной системы – его математической моделью и ее анализе на базе современного аппарата дискретного моделирования с использованием теории случайных процессов восстановления, теории марковских процессов с дискретным множеством состояний, теории систем и сетей массового обслуживания.

При изучении курса «Дискретные и математические модели» студенты должны иметь теоретическую подготовку по информатике и основным разделам математического анализа, дифференциального и интегрального исчисления. Студенты также должны обладать начальными практическими навыками работы на компьютере.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных – ОК-1, профессиональных – ПК-2.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные занятия и самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий.

Семес тр	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них					
			Лекци и	Лабораторны е занятия	КСР	консульта ции		
А	36	22	6	16			14	зачет
В	72	16	4	12			56	зачет
АВ	108	38	10	28			70	

1. Цели освоения дисциплины

Основной целью дисциплины «Дискретные и математические модели» является введение в историю и в проблематику основы новой методологии научных исследований, сущность которой состоит в замене исходного объекта - информационно-телекоммуникационной системы – его математической моделью и ее анализе на базе современного аппарата дискретного моделирования с использованием теории случайных процессов восстановления, теории марковских процессов с дискретным множеством состояний, теории систем и сетей массового обслуживания. Задачей дисциплины является формирование у студентов понимания проблематики математического моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Дискретные и математические модели» входит в *базовую* часть профессионального цикла образовательной программы *магистратуры* по направлению (специальности) 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Курс «Дискретные и математические модели» вводится после изучения дисциплин алгебра, информатика, математический анализ, дифференциальные уравнения, так как для успешного усвоения этого курса студентам необходимы знания по указанным дисциплинам. Студенты также должны обладать начальными практическими навыками работы на компьютере.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код компетенции и из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК -1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу.	Знает: основные формулы исчисления вероятностей, предельные теоремы ТВ, основы математической статистики, сбора, обработки и анализа статистических данных.

		Умеет: на основе применения аппарата математической статистики принимать нужные решения. Строить модели различных прикладных задач и перекладывать их на ЭВМ. Владеет: навыками дискуссии по профессиональной тематике
ПК-2	Способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	Знает: проблемы реализации вычислительного эксперимента, основы математического моделирования прикладных задач Умеет: строить оптимальные алгоритмы решения возникающих задач; ясно излагать свои результаты перед научным коллективом. Владеет: практическим умением анализировать полученные результаты.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабор.	Практ.	Контроль			
Модуль 1. Одноканальная СМО										
1	Общие понятие теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания.	A	1-4	2	4			2	Формы текущего контроля: устные опросы, реферат, выполнение лабораторной работы	
2	Уравнения Колмогорова. Процессы	A	5-9	2	4			4		

	«рождения – гибели». Одноканальная СМО.								зачет
3	Модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами в обслуживании.	A	10-13	2	4			4	
4	Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди	A	14-15		4			4	
	Итого по 1 модулю			6	16			14	
Модуль 2. Многоканальная СМО									
5.	Многоканальная СМО с отказами в обслуживании. Модель многофазной системы обслуживания.	B	1-2	2	2			10	Формы текущего контроля: устные опросы, реферат, доклады
6.	Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди.	B	3-4		2			8	
7.	Многоканальная СМО с неограниченной очередью	B	5-6		2			10	
	Итого по 2 модулю			2	6			28	
Модуль 3 Имитационное моделирование СМО									
8.	Алгоритм метода имитационного моделирования	B	7-8	2	2			10	Формы текущего контроля:

	СМО (пошаговый подход). Блок-схема программы								устные опросы, реферат, доклады
9.	Расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования	В	9-10		2			10	
10.	Статистическая обработка результатов и их сравнение с результатами аналитического моделирования.	В	11-12		2			8	
	Итого по 3 модулю			2	6			28	36
	ИТОГО:			10	28			70	108

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1. Одноканальная СМО.

Тема 1. Общие понятие теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания.

Природа массового обслуживания, в различных сферах, весьма тонка и сложна. Коммерческая деятельность связана с выполнением множества операций на этапах движения, например товарной массы из сферы производства в сферу потребления. Такими операциями являются погрузка товаров, перевозка, разгрузка, хранение, обработка, фасовка, реализация. Кроме таких основных операций процесс движения товаров сопровождается большим количеством предварительных, подготовительных, сопутствующих, параллельных и последующих операций с платежными документами, тарой, деньгами, автомашинами, клиентами и т.п.

Для перечисленных фрагментов коммерческой деятельности характерны массовость поступления товаров, денег, посетителей в случайные моменты

времени, затем их последовательное обслуживание (удовлетворение требований, запросов, заявок) путем выполнения соответствующих операций, время выполнения которых носит также случайный характер. Все это создает неравномерность в работе, порождает недогрузки, простой и перегрузки в коммерческих операциях. Много неприятностей доставляют очереди, например, посетителей в кафе, столовых, ресторанах, или водителей автомобилей на товарных базах, ожидающих разгрузки, погрузки или оформления документов. В связи с этим возникают задачи анализа существующих вариантов выполнения всей совокупности операций, например, торгового зала супермаркета, ресторана или в цехах производства собственной продукции для целей оценки их работы, выявления слабых звеньев и резервов для разработки в конечном итоге рекомендаций, направленных на увеличение эффективности коммерческой деятельности.

Переходы СМО из одного состояния в другое происходят под воздействием вполне определенных событий - поступления заявок и их обслуживания. Последовательность появления событий, следующих одно за другим в случайные моменты времени, формирует так называемый поток событий. Примерами таких потоков в коммерческой деятельности являются потоки различной природы — товаров, денег, документов, транспорта, клиентов, покупателей, телефонных звонков, переговоров. Поведение системы обычно определяется не одним, а сразу несколькими потоками событий. Например, обслуживание покупателей в магазине определяется потоком покупателей и потоком обслуживания; в этих потоках случайными являются моменты появления покупателей, время ожидания в очереди и время, затрачиваемое на обслуживание каждого покупателя.

При этом основной характерной чертой потоков является вероятностное распределение времени между соседними событиями. Существуют различные потоки, которые отличаются своими характеристиками.

Поток событий называется регулярным, если в нем события следуют одно за другим через заранее заданные и строго определенные промежутки времени. Такой поток является идеальным и очень редко встречается на практике. Чаще встречаются нерегулярные потоки, не обладающие свойством регулярности.

Темы 2-4. Уравнения Колмогорова. Одноканальная СМО. Процессы «рождения – гибели». Модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами в обслуживании. Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди

Рассмотрим математическое описание марковского случайного процесса с дискретными состояниями системы S_0, S_1, S_2 (см. рис. 6.2.1) и непрерывным временем. Полагаем, что все переходы системы массового обслуживания из состояния S_i в состояние S_j происходят под воздействием простейших потоков событий с интенсивностями λ_{ij} , а обратный переход под воздействием другого потока λ_{ji} . Введем обозначение p_i как вероятность того, что в момент времени t

система находится в состоянии S_i . Для любого момента времени t справедливо записать нормировочное условие—сумма вероятностей всех состояний равна 1:

$$\sum_{i=0}^2 p_i(t) = p_0(t) + p_1(t) + p_2(t) = 1$$

Проведем анализ системы в момент времени t , задав малое приращение времени Δt , и найдем вероятность $p_1(t + \Delta t)$ того, что система в момент времени $(t + \Delta t)$ будет находиться в состоянии S_1 которое достигается разными вариантами:

а) система в момент t с вероятностью $p_1(t)$ находилась в состоянии S_1 и за малое приращение времени Δt так и не перешла в другое соседнее состояние — ни в S_0 , ни в S_2 . Вывести систему из состояния S_1 можно суммарным простейшим потоком с интенсивностью $(\lambda_{10} + \lambda_{12})$, поскольку суперпозиция простейших потоков также является простейшим потоком. На этом основании вероятность выхода из состояния S_1 за малый промежуток времени Δt приближенно равна $(\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t$. Тогда вероятность невыхода из этого состояния равна $[1 - (\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t]$. В соответствии с этим вероятность того, что система останется в состоянии S_i на основании теоремы умножения вероятностей, равна:

$$p_1(t) [1 - (\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t];$$

б) система находилась в соседнем состоянии S_0 и за малое время Δt перешла в состояние S_1 . Переход системы происходит под воздействием потока λ_{01} с вероятностью, приближенно равной $\lambda_{01} \Delta t$

Вероятность того, что система будет находиться в состоянии S_1 , в этом варианте равна $p_0(t) \lambda_{01} \Delta t$;

в) система находилась в состоянии S_2 и за время Δt перешла в состояние S_1 под воздействием потока интенсивностью λ_{21} с вероятностью, приближенно равной $\lambda_{21} \Delta t$. Вероятность того, что система будет находиться в состоянии S_1 , равна $p_2(t) \lambda_{21} \Delta t$.

Применяя теорему сложения вероятностей для этих вариантов, получим выражение:

$$p_1(t + \Delta t) = p_1(t) [1 - (\lambda_{10} + \lambda_{12}) * \Delta t] + p_0(t) \lambda_{01} \Delta t + p_2(t) \lambda_{21} \Delta t,$$

которое можно записать иначе:

$$p_1(t + \Delta t) - p_1(t) / \Delta t = p_0(t) \lambda_{01} + p_2(t) \lambda_{21} - p_1(t) (\lambda_{10} + \lambda_{12}).$$

Переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$, приближенные равенства перейдут в точные, и тогда получим производную первого порядка

$$dp_1/dt = p_0 \lambda_{01} + p_2 \lambda_{21} - p_1 (\lambda_{10} + \lambda_{12}),$$

что является дифференциальным уравнением.

Проводя рассуждения аналогичным образом для всех других состояний системы, получим систему дифференциальных уравнений, которые называются

уравнениями А.Н. Колмогорова:

$$\begin{aligned} dp_0/dt &= p_1 \lambda_{10}, \\ dp_1/dt &= p_0 \lambda_{01} + p_2 \lambda_{21} - p_1 (\lambda_{10} + \lambda_{12}), \\ dp_2/dt &= p_1 \lambda_{12} + p_2 \lambda_{21}. \end{aligned}$$

Для Марковского процесса «рождения - гибели», описанного стохастическим графом, приведенным на рис. 2.1, найдем финальное распределение. Пользуясь правилами составления уравнений для конечного числа n предельных вероятностей состояния системы $S_1, S_2, S_3, \dots, S_k, \dots, S_n$, составим соответствующие уравнения для каждого состояния:

для состояния S_0 - $\lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1$;

для состояния S_1 - $(\lambda_1 + \mu_0) p_1 = \lambda_0 p_0 + \mu_1 p_2$, которое с учетом предыдущего уравнения для состояния S_0 можно преобразовать к виду $\lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2$.

Аналогично можно составить уравнения для остальных состояний системы $S_2, S_3, \dots, S_k, \dots, S_n$. В результате получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1 \\ \lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2 \\ \dots\dots\dots \\ \lambda_{k-1} p_{k-1} = \mu_{k-1} p_k \\ \dots\dots\dots \\ \lambda_{n-1} p_{n-1} = \mu_n p_n \\ p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_k + \dots + p_n = 1 \end{cases}$$

Решая эту систему уравнений, можно получить выражения, определяющие финальные состояния системы массового обслуживания:

$$\begin{aligned} p_0 &= \left(1 + \frac{\lambda_0}{\mu_0} + \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} + \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2}{\mu_0 \mu_1 \mu_2} + \dots + \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_n}{\mu_0 \mu_1 \dots \mu_n} \right)^{-1}; \\ p_1 &= \frac{\lambda_0}{\mu_0} p_0, \quad p_2 = \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} p_0, \quad p_3 = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2}{\mu_0 \mu_1 \mu_2} p_0, \quad p_n = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n}{\mu_0 \mu_1 \mu_2 \dots \mu_n}; \end{aligned}$$

Следует заметить, что в формулы определения финальных вероятностей состояний $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$, входят слагаемые, являющиеся составной частью суммы выражения, определяющей p_0 . В числителях этих слагаемых находятся произведения всех интенсивностей, стоящих у стрелок графа состояний, ведущих слева на право до рассматриваемого состояния S_k , а знаменатели представляют собой произведения всех интенсивностей, стоящих у стрелок, ведущих справа на лево до рассматриваемого состояния S_k , т.е. $\mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_k$. В связи с этим запишем эти модели в более компактном виде:

$$p_0 = \left(\sum_{k=1}^n \frac{\prod_{j=0}^{k-1} \lambda_j}{\prod_{m=1}^k \mu_m} \right)^{-1}, \quad p_k = \frac{\prod_{j=0}^{k-1} \lambda_j}{\prod_{m=1}^k \mu_m}, \quad k=1, n$$

Модуль 2. Многоканальная СМО.

Темы 5-7. Многоканальная СМО с отказами в обслуживании. Модель многофазной системы обслуживания. Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди. Многоканальная СМО с неограниченной очередью

В коммерческой деятельности примерами многоканальных СМО являются офисы коммерческих предприятий с несколькими телефонными каналами, бесплатная справочная служба по наличию в авто магазинах самых дешевых автомобилей в Москве имеет 7 телефонных номеров, а дозвониться и получить справку, как известно, очень трудно.

Следовательно, авто магазины теряют клиентов, возможность увеличить количество проданных автомобилей и выручку от продаж, товарооборот, прибыль.

Туристические фирмы по продаже путевок имеют два, три, четыре и более каналов, как, например, фирма Express-Line.

Поток обслуживания в каждом канале имеет интенсивность μ . По числу заявок СМО определяются ее состояния S_k , представленные в виде размеченного графа:

- S_0 – все каналы свободны $k=0$,
- S_1 – занят только один канал, $k=1$,
- S_2 – заняты только два канала, $k=2$,
- S_k – заняты k каналов,
- S_n – заняты все n каналов, $k=n$.

Состояния многоканальной СМО меняются скачкообразно в случайные моменты времени. Переход из одного состояния, например S_0 в S_1 , происходит под воздействием входного потока заявок с интенсивностью λ , а обратно – под воздействием потока обслуживания заявок с интенсивностью μ . Для перехода системы из состояния S_k в S_{k-1} безразлично, какой именно из каналов освободиться, поэтому поток событий, переводящий СМО, имеет интенсивность $k\mu$, следовательно, поток событий, переводящий систему из S_n в S_{n-1} , имеет интенсивность $n\mu$. Так формулируется классическая задача Эрланга, названная по имени датского инженера – математика- основателя теории массового обслуживания.

Случайный процесс, протекающий в СМО, представляет собой частный случай процесса «рождения- гибели» и описывается системой дифференциальных уравнений Эрланга, которые позволяют получить выражения для предельных вероятностей состояния рассматриваемой системы,

называемые формулами Эрланга:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} \right]^{-1}, \quad P_k = \frac{\rho^k}{k!} * P_0; \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Модуль 3. Имитационное моделирование СМО.

Темы 8-10. Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Блок-схема программы Расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования. Статистическая обработка результатов и их сравнение с результатами аналитического моделирования.

Основные понятия имитационного моделирования. Основная цель имитационного моделирования заключается в воспроизведении поведения изучаемой системы на основе анализа наиболее существенных взаимосвязей ее элементов.

Компьютерное имитационное моделирование следует рассматривать как статистический эксперимент.

Из теории функций случайных величин известно, что для моделирования случайной величины $\xi(\omega)$ с любой непрерывной и монотонно возрастающей функцией распределения $F_\xi(x)$ достаточно Умеет моделировать случайную величину $\eta(\omega)$, равномерно распределенную на отрезке $[0;1]$. Получив реализацию y_k случайной величины $\eta(\omega)$, можно найти соответствующую ей реализацию x_k случайной величины $\xi(\omega)$, так как они связаны равенством

$$x_k = F_\xi^{-1}(y_k)$$

Предположим, что в некоторой системе массового обслуживания время обслуживания одной заявки распределено по экспоненциальному закону с параметром μ , где μ - интенсивность потока обслуживания. Тогда функция распределения $G(t)$ времени обслуживания имеет вид

$$G(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\mu t}, & t > 0; \\ 0, & t \leq 0. \end{cases}$$

Пусть $y_k \in [0;1]$ - реализация случайной величины $\eta(\omega)$, равномерно распределенной на отрезке $[0;1]$, а t_k - соответствующая ей реализация случайного времени обслуживания одной заявки. Тогда, согласно (1.6.1),

$$t_k = G^{-1}(y_k) = -\frac{1}{\mu} \ln(1 - y_k).$$

Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Рассмотрим четырехканальную систему массового обслуживания ($n = 3$) с максимальной длиной очереди равной четырем ($m = 2$). В СМО поступает простейший поток заявок со средней интенсивностью $\lambda = 4$ и показательным

законом распределения времени между поступлением заявок. Поток обслуживаемых в системе заявок является простейшим со средней интенсивностью $m = 1$ и показательным законом распределения временем обслуживания.

Для имитации СМО воспользуемся одним из методов статистического моделирования – имитационным моделированием. Будем использовать пошаговый подход. Суть этого подхода в том, что состояния системы рассматриваются в последующие моменты времени, шаг между которыми является достаточно малым, чтобы за его время произошло не более одного события.

Выберем шаг по времени (dt). Он должен быть много меньше среднего времени поступления заявки (T_1) и среднего времени ее обслуживания (T_2), т.е.

$$dt = T_1, T_2, \text{ где (3.1.1)}$$

$$T_1 = \frac{1}{l} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$T_2 = \frac{1}{m} = \frac{1}{1} = 1$$

Исходя из условия (3.1.1) определим шаг по времени $dt = 0,0001$.

Время поступления заявки в СМО и время ее обслуживания являются случайными величинами. Поэтому, при имитационном моделировании СМО их вычисление производится с помощью случайных чисел.

Рассмотрим поступление заявки в СМО. Вероятность того, что на интервале dt в СМО поступит заявка, равна:

$$P_{\text{пост.заяв}} = \frac{dt}{T_1} = dt \cdot 4$$

Сгенерируем случайное число r , и, если $r \leq P_{\text{пост.заявки}}$, то будем считать, что заявка на данном шаге в систему поступила, если $r > P_{\text{пост.заявки}}$, то не поступила.

В программе это осуществляет функция *sob*. Интервал времени dt примем постоянным и равным 0,001, тогда отношение $1/dt$ будет равно 1000. Если заявка поступила, то она принимает значение «истина», в противном случае значение «ложь».

Лабораторные занятия

Модуль 1. Одноканальная СМО

Лабораторная работа 1

Одноканальная СМО с отказами в обслуживании

Цель работы. Проведение анализа простой одноканальной СМО с отказами в обслуживании, на которую поступает пуассоновский поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием пуассоновского потока с интенсивностью μ .

Задание на лабораторную работу

Разработать математическую модель одноканального СМО с отказами в обслуживании. Теоретически и практически рассчитать вероятности состояния **P1**, вероятность отказа **Pотк**, абсолютную **A** и относительную **q** пропускную способность системы, среднее время ожидания в очереди **тож**, среднее время пребывания в системе **тсист**

Примерами одноканальных СМО с отказами в обслуживании являются: стол заказов в магазине, диспетчерская автотранспортного предприятия, контора склада, офис управления коммерческой фирмы, с которыми устанавливается связь по телефону.

Лабораторная работа 2

Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди

Цель работы. Проведение анализа простой одноканальной СМО с ограниченной длиной очереди, на которую поступает пуассоновский поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием пуассоновского потока с интенсивностью μ .

В коммерческой деятельности чаще встречаются СМО с ожиданием (очередью). Рассмотрим простую одноканальную СМО с ограниченной очередью, в которой число мест в очереди t - фиксированная величина. Следовательно, заявка, поступившая в тот момент, когда все места в очереди заняты, не принимается к обслуживанию, не встает в очередь и покидает систему.

Задание на лабораторную работу

Разработать математическую модель одноканального СМО с ограниченной длиной в очереди. Теоретически и практически рассчитать вероятности состояния **Pi**, вероятность отказа **Pотк**, абсолютную **A** и относительную **q** пропускную способность системы, среднее время ожидания в очереди **тож**, среднее время пребывания в системе **тсист**, число заявок в очереди **L**.

Модуль 2. Многоканальная СМО.

Лабораторная работа 3

Многоканальной СМО с отказами в обслуживании и с ограниченной длиной очереди

Цель работы. Проведение анализа многоканальной СМО с отказами в обслуживании и ограниченной длиной очереди, на которую поступает поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием потока с интенсивностью μ .

Имеется n каналов обслуживания и m мест в очереди, интенсивность поступления заявок λ и интенсивность обслуживания μ . Необходимо теоретически и практически рассчитать вероятности состояний P_i , вероятность отказа $P_{отк}$, абсолютную A и относительную q пропускную способность системы, среднее время ожидания в очереди $t_{ож}$, среднее время пребывания в системе $t_{сист}$, а также число реализаций для достижения вероятности отказа отличной от теоретической на величину ε .

Теоретический расчет подразумевает собой вычисление выше приведенных величин согласно формул для случая, когда распределение времени поступления заявок подчиняется Пуассоновскому закону распределения. Необходимые формулы и их вывод будут рассмотрены ниже в этом разделе.

В практической части необходимо построить модель системы, при условии, что время поступления заявок подчиняется равномерному закону распределения, и рассчитать выше описанные величины. Следует отметить, что теоретический расчет параметров системы для случая, когда потоки событий переводящие систему из состояния в состояние распределены по закону отличному от Пуассоновского, довольно сложен, аналитические формулы для характеристик СМО удастся получить только для самых простых случаев. Таким образом поиск необходимых величин с помощью моделирования является самым оптимальным решением.

Модуль 3. Имитационное моделирование СМО.

Лабораторная работа 4

Имитационное моделирование СМО

Цель работы: Разработка имитационной модели СМО, используя пошаговый подход. Проведение анализа, на основе разработанной модели, многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди, на которую поступает поток заявок с интенсивностью λ , а обслуживание происходит под действием потока с интенсивностью μ .

Задание на лабораторную работу

Исследовать четырехканальную систему массового обслуживания ($n = 3$) с максимальной длиной очереди равной четырем ($m = 2$). В СМО поступает

простейший поток заявок со средней интенсивностью $\lambda = 4$ и показательным законом распределения времени между поступлением заявок. Поток обслуживаемых в системе заявок является простейшим со средней интенсивностью $\mu = 1$ и показательным законом распределения временем обслуживания. Разработать имитационную модель СМО.

Для имитации СМО воспользуйтесь одним из методов статистического моделирования – имитационным моделированием, используя пошаговый подход. Суть этого подхода в том, что состояния системы рассматриваются в последующие моменты времени, шаг между которыми является достаточно малым, чтобы за его время произошло не более одного события.

Провести расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования и произвести статистическую обработку результатов и их сравнить с результатами аналитического моделирования.

5. Образовательные технологии

В ходе изучения дисциплины предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий:

- во время лекционных занятий используется презентация с применением слайдов с графическим и табличным материалом, что повышает наглядность и информативность используемого теоретического материала;
- практические занятия предусматривают использование групповой формы обучения, которая позволяет студентам эффективно взаимодействовать в микрогруппах при обсуждении теоретического материала;
- подготовка рефератов и докладов по самостоятельной работе студентов и выступление с докладом перед аудиторией, что способствует формированию навыков устного выступления по изучаемой теме и активизирует познавательную активность студентов.

При проведении занятий кроме указанных средств используются также интернет ресурсы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов

В процессе самостоятельной работы над каждой темой студентом должны осуществляться следующие виды деятельности:

- Проработка учебного материала по конспектам лекций, основной и

рекомендуемой учебной литературе.

- Работа над домашними заданиями
- Работа над вопросами и заданиями для самоподготовки, представленными.
- Написание рефератов.
- Работа с тестами.
- Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации.

Задания для самостоятельной работы, их содержание и форма контроля приведены в форме таблицы.

Наименование тем	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
Тема 1.1 Общие понятие теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания.	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Динамическое моделирование систем массового обслуживания»	Опрос, оценка выступлений, защита реферата, проверка конспекта
Тема 1.2. Уравнения Колмогорова. Процессы «рождения – гибели». Одноканальная СМО.	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Открытая одноканальная СМО»,	Опрос, оценка выступлений, защита реферата, проверка заданий
Тема 1.3. Модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами в обслуживании.	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Моделирование систем массового обслуживания»	Опрос, оценка выступлений, защита реферата, проверка проведенного анализа
Тема 1.4. Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Одноканальная открытая СМО с ограниченной длиной очереди	Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий.
Тема 2.1 Многоканальная СМО с отказами в обслуживании. Модель многофазной системы обслуживания.	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Модель многофазной системы обслуживания. Исследование числовых характеристик»	Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий.

Тема 2.2. Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди.	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Многоканальная СМО без ограничения длины очереди но с ограничением времени ожидания»	Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка конспекта.
Тема 2.3 Многоканальная СМО с неограниченной очередью	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Многоканальная система массового обслуживания с отказами и с неограниченной очередью»	Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий.
Тема 3.1 Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Блок-схема программы	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Основные понятия имитационного моделирования»	Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий.
Тема 3.2. Расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Имитационное моделирование»	Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка конспекта.
Тема 3.3. Статистическая обработка результатов и их сравнение с результатами аналитического моделирования.	Работа с учебной литературой. Подготовка реферата. «Имитационное моделирование. Статистическая обработка результатов »	Опрос, оценка выступлений, защита реферата. Проверка заданий.

Целью подготовки реферата является приобретение навыков творческого обобщения и анализа имеющейся литературы по рассматриваемым вопросам, что обычно является первым этапом самостоятельной работы. По каждому модулю предусмотрены написание и защита одного реферата. Всего по дисциплине студент может представить шесть рефератов. Тему реферата студент выбирает самостоятельно из предложенной тематики. При написании реферата надо составить краткий план, с указанием основных вопросов избранной темы. Реферат должен включать введение, несколько вопросов, посвященных рассмотрению темы, заключение и список использованной литературы. В вводной части реферата следует указать основания, послужившие причиной выбора данной темы, отметить актуальность

рассматриваемых в реферате вопросов. В основном разделе излагаются наиболее существенные сведения по теме, производится их анализ, отмечаются отдельные недостатки или нерешенные еще вопросы и т.д. В заключении реферата на основании изучения литературных источников должны быть сформулированы краткие выводы и предложения. Список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа». Перечень литературы составляется в алфавитном порядке фамилий первых авторов, со сквозной нумерацией. Примерный объем реферата 15-20 страниц.

Предусмотрено проведение индивидуальной работы (консультаций) со студентами в ходе изучения материала данной дисциплины.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции ФГОС ВО	и из	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ПООП (при наличии))	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-1 Способность абстрактному мышлению, анализу, синтезу.	к		Знает: основные формулы исчисления вероятностей, предельные теоремы ТВ, основы математической статистики, сбора, обработки и анализа статистических данных. Умеет: на основе применения аппарата математической статистики принимать нужные решения. Строить модели различных прикладных задач и перекладывать их на ЭВМ. Владет: навыками дискуссии по	Устный опрос, проведение деловой игры, написание рефератов.

		профессиональной тематике	
ПК-2 Способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач		Знает: проблемы реализации вычислительного эксперимента, основы математического моделирования прикладных задач Умеет: строить оптимальные алгоритмы решения возникающих задач; ясно излагать свои результаты перед научным коллективом. Владеет: практическим умением анализировать полученные результаты.	Зачеты по лабораторным работам, устный опрос.

7.2. Типовые контрольные задания

Примерные контрольные вопросы для проведения текущего контроля

Основные понятия системы массового обслуживания

1. Что понимается под системами массового обслуживания (СМО) и для чего они предназначены?
2. В чем стоит цель, предмет задачи теории СМО?
3. Какие блоки включает схема СМО?
4. Что понимается под характеристикой эффективности работы СМО?
5. Случайный процесс какого типа протекает в СМО?

Дискретный марковский случайный процесс (СП)

1. Какой процесс называется случайным? Приведите примеры.
2. Какой СП называется марковским?
3. Что представляет собой граф состояний системы?
4. Какие СП называются дискретными?
5. Какие СП называются непрерывными?
6. Дайте определение состояния без выхода, без входа.
7. Какая система называется эргодической?

Дискретный СП с дискретным временем

1. Дайте определение СП с дискретным и непрерывным временем.
2. Что называется Марковской цепью?
3. Что собой представляют вероятности состояний?
4. Какая Марковская цепь называется однородной (неоднородной)?

Дискретный Марковский случайный процесс с непрерывным временем

1. Дайте определение вероятностей состояний системы, в которой протекает Марковский случайный процесс с непрерывным временем.
2. Что называется плотностью вероятности перехода системы из состояния в состояние?
3. Дайте определение однородного и неоднородного Марковского дискретного процесса с непрерывным временем.
4. Определите размеченный граф состояний системы, в которой протекает Марковский случайный процесс с непрерывным временем.

Предельные вероятности.

1. Какова физическая интерпретация предельных вероятностей состояний дискретной Марковской системы с непрерывным временем?
2. Как составляется система линейных алгебраических уравнений с неизвестными предельными вероятностями по размеченному графу состояний системы?
3. Как составляется система линейных алгебраических уравнений с неизвестными предельными вероятностями по матрице плотностей вероятностей перехода?

Структура и классификация систем массового обслуживания

На какие классы делятся СМО в зависимости от:

- a) характера потоков;
- b) числа каналов;
- c) дисциплины обслуживания;
- d) ограничения потока заявок;
- e) количества этапов обслуживания.

Многоканальная СМО с отказами

1. Кто впервые занимался исследованием многоканальных СМО с отказами?
2. Как называется модель случайного процесса, протекающего в многоканальной СМО с отказами?
3. Что понимается под «потоком обслуживаний» заявок?
4. Как выглядит размеченный граф для многоканальной СМО с отказами?
5. Какие вероятности состояний СМО называются предельными и какой режим функционирования они характеризуют?
6. Что представляет собой приведенная интенсивности входящего потока и какова единица измерения этого показателя?
7. Перечислите основные предельные характеристики эффективности функционирования n -канальной СМО с отказами.

Многоканальная СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди

1. Чему равно число состояний n -канальной СМО с числом мест в очереди равным m ?
2. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с числом мест в очереди равным m .
3. С вероятностью какого состояния совпадает вероятность отказа?
4. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей для n -канальной СМО с числом мест в очереди равным m .

Многоканальная СМО с ожиданием

1. Чему равно число состояний n -канальной СМО с ожиданием?
2. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием.

3. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей для n -канальной СМО с ожиданием.
4. Чему равны абсолютная и относительная пропускные способности n -канальной СМО с ожиданием?
5. С какими характеристиками эффективности n -канальной СМО с ожиданием совпадает среднее число занятых каналов данной системы?
6. Как связаны между собой временные характеристики «среднее время обслуживания одной заявки, относящееся ко всем заявкам» и «среднее время обслуживания одной заявки, относящееся только к обслуженным заявкам» для n -канальной СМО с ожиданием?

Многоканальная СМО без ограничения на длину очереди, но с ограничением на время ожидания.

1. Чему равно число состояний для n -канальной СМО с ограничением на время ожидания?
2. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ограничением на время ожидания.
3. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей для n -канальной СМО с ограничением на время ожидания.
4. Какой поток действует на n -канальную СМО с ограничением на время ожидания в состоянии с очередью?
5. Что показывает приведенная интенсивность потока уходов?
6. Чему равны вероятности принятия в систему и отказа для n -канальной СМО с ограничением на время ожидания?

Замкнутая многоканальная СМО

1. Кто впервые дал полный анализ замкнутых систем?
2. Чему равно число состояний замкнутой n -канальной СМО?
3. Нарисуйте размеченный граф состояний для замкнутой n -канальной СМО.
4. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей замкнутой n -канальной СМО.
5. Перечислите отличия замкнутых СМО от разомкнутых.
6. В каком случае интенсивность входящего потока заявок существенно зависит от состояний замкнутой n -канальной СМО?
7. Что понимается под активным и пассивным состояниями источника заявок?
8. Справедливы ли формулы Литтла для систем Энгсета?

Многоканальная СМО с отказами и с взаимопомощью между каналами типа «все как один»

1. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с отказами и взаимопомощью между каналами типа «все как один».
2. Как влияет взаимопомощь между каналами по типу «все как один» на характеристики эффективности для n -канальной СМО с отказами?

Многоканальная СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и со взаимопомощью между каналами типа «все как один»

1. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и взаимопомощью между каналами типа «все как один».
2. СМО какого типа имеет такой же граф состояний?

3. Как влияет взаимопомощь между каналами по типу «все как один» на характеристики эффективности для n -канальной СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди?

Многоканальная СМО с ожиданием и взаимопомощью между каналами типа «все как один»

1. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием и взаимопомощью между каналами типа «все как один».
2. СМО какого типа имеет такой же граф состояний?
3. Сформулируйте условие существования финальных вероятностей n -канальной СМО с ожиданием и взаимопомощью между каналами типа «все как один».
4. Как влияет взаимопомощь между каналами по типу «все как один» на характеристики эффективности для n -канальной СМО с ожиданием?

Многоканальная СМО с отказами и «равномерной» взаимопомощью между каналами

1. Как организована «равномерная» взаимопомощь между каналами?
2. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с отказами и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
3. СМО какого типа имеет такой же граф состояний?
4. Как влияет «равномерная» взаимопомощь между каналами на характеристики эффективности для n -канальной СМО с отказами?

Многоканальная СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и «равномерной» взаимопомощью между каналами

1. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием, ограничением на длину очереди и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
2. СМО какого типа имеет такой же граф состояний?
3. Как влияет «равномерная» взаимопомощь между каналами на характеристики эффективности для n -канальной СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди?
4. Сравните влияние «равномерной» взаимопомощи между каналами с взаимопомощью по типу «все как один» на характеристики эффективности n -канальной СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди.

Многоканальная СМО с ожиданием и «равномерной» взаимопомощью между каналами

1. Нарисуйте размеченный граф состояний для n -канальной СМО с ожиданием и «равномерной» взаимопомощью между каналами.
2. СМО какого типа имеет такой же граф состояний?
3. Как влияет «равномерная» взаимопомощь между каналами на характеристики эффективности для n -канальной СМО с ожиданием?
4. Сравните влияние «равномерной» взаимопомощи между каналами с взаимопомощью по типу «все как один» на характеристики эффективности n -канальной СМО с ожиданием

Примерные задания для проведения текущего контроля

Вариант 1.

- 1) Преобразование Лапласа какой функции имеет вид ...?
- 2) Найдите производящую функцию случайной величины, заданной рядом распределения

ξ	0	1	2	3	...	k	...
P	...	...	...	...	...	...	...

- 3) Преобразование Лапласа-Стилтьеса некоторой случайной величины имеет вид...
Найдите математическое ожидание этой случайной величины.
- 4) Найдите преобразование Лапласа функции $p(x) = \dots$.
- 5) Производящая функция случайной величины имеет вид $P(z) = \dots$. Найдите математическое ожидание случайной величины.

Вариант 2.

- 1) Цепь Маркова задана матрицей переходных вероятностей С какой вероятностью, стартуя из состояния ..., цепь Маркова через два шага будет находиться в состоянии ...?
- 2) Цепь Маркова задана графом вероятностей переходов. Найдите стационарные вероятности?

Вариант 3.

- 1) Марковский процесс задан графом интенсивностей переходов, изображенном на рисунке Как выглядит для него матрица интенсивностей переходов?
- 2) Марковский процесс задан матрицей интенсивностей переходов Чему равна интенсивность выхода из состояния ...?

Вариант 4.

- 1) Марковский процесс задан графом интенсивностей переходов, изображенном на рисунке... Найдите стационарные вероятности.
- 2) Марковский процесс задан графом интенсивностей переходов, изображенном на рисунке. Как выглядит для него система дифференциальных уравнений Колмогорова

Вариант 5.

- 1) В систему массового обслуживания поступает пуассоновский поток заявок с интенсивностью $\lambda = \dots$. Найдите вероятность того, что за ... минут в систему поступит ровно ... заявок.
- 2) Известно, что вероятность того, что за час в систему поступит ... заявок, вычисляется по формуле ... (заявки поступают согласно пуассоновскому потоку). Найдите интенсивность входящего потока.

Вариант 6.

- 1) Имеется однолинейная СМО. Прибор обслуживает в среднем ... заявки в минуту. Каждый час в СМО поступает в среднем ... заявок. С какой вероятностью прибор простаивает?
- 2) Система массового обслуживания имеет один обслуживающий прибор. В среднем в СМО поступает заявка каждые ..., а время обслуживания одной заявки длится в

среднем Найдите загрузку системы и ответьте на Вариант: выполнено ли условие существования стационарного режима.

- 3) Имеется однолинейная СМО. Поток заявок простейший с интенсивностью ... заявок в час. Время обслуживания заявки распределено по показательному закону со средним значением ... минуты. Среднее число заявок в системе равно
- 4) Система массового обслуживания имеет один обслуживающий прибор. Среднее время между поступлениями заявок ... минута. За минуту прибор обслуживает в среднем ... заявок. Найдите среднее время ожидания.

Вариант 7.

- 1) Для первой модели Эрланга известно, что $v=...$, $\rho=...$. Чему равно $E(\rho;v)$?
- 2) Граф интенсивностей переходов системы $M/M/v/0$ имеет вид
- 3) Для системы $M/M/v/0$, у которой $\rho = ...$, найдите вероятность того, что хотя бы один прибор свободен.

Вариант 8.

- 1) Какое условие является условием существования стационарного режима системы $M/M/v/\infty$?
- 2) Рассматривается трехканальная СМО, в которую поступают заявки с интенсивностью ... / Среднее время обслуживания любым прибором равно Найдите среднюю длину очереди.
- 3) Граф интенсивностей переходов системы $M/M/v/r$ изображен на рисунке ...

Вариант 9.

- 1) Рассматривается двухканальная СМО, в которую поступают заявки от ... источников (каждый источник может послать в систему только одну заявку и пока эта заявка не обслужится, источник новую заявку послать не может, всем заявкам хватает места в очереди). Как выглядит граф интенсивностей переходов?
- 2) 7 источников посылают заявки в систему массового обслуживания (СМО) с одним прибором (каждый источник может послать в систему только одну заявку и пока эта заявка не обслужится, источник новую заявку послать не может). Время с момента обслуживания заявки до момента нового поступления заявки в СМО в среднем равно Среднее время обслуживания заявки Чему равна загрузка ρ для этой системы?
- 3) Рассматривается одноканальная СМО, в которую поступают заявки от ... источников (каждый источник может послать в систему только одну заявку и пока эта заявка не обслужится, источник новую заявку послать не может, всем заявкам хватает мест в очереди). Условием существования стационарного режима для этой системы является:

Вариант 10.

- 1) В некоторую однолинейную СМО поступают заявки согласно Пуассоновскому закону с интенсивностью Время обслуживания имеет функцию распределения $B(x)$ со средним временем обслуживания, равным Найдите вероятность того, что в системе имеется хотя бы одна заявка.

- 2) В некоторую однолинейную СМО поступают заявки согласно Пуассоновскому закону с интенсивностью $\lambda = \dots$. ПЛС времени обслуживания заявки имеет вид $\dots$. Найдите среднее время обслуживания заявки.
- 3) В некоторую однолинейную СМО поступают заявки согласно Пуассоновскому закону с интенсивностью $\dots$ заявок в час. Время обслуживания имеет функцию распределения $B(x)$ со средним временем обслуживания, равным $\dots$ минута. Найдите P_0 .

Вопросы к зачету:

Модуль 1. Одноканальная и многоканальная СМО

1. Общие понятия теории массового обслуживания. Моделирование систем массового обслуживания.
2. Уравнения Колмогорова. Процессы «рождения – гибели». Одноканальная СМО.
3. Модели систем массового обслуживания.
4. Одноканальная СМО с отказами в обслуживании.
5. Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди

Модуль 2,3. Имитационное моделирование СМО

1. Многоканальная СМО с отказами в обслуживании.
2. Модель многофазной системы обслуживания.
3. Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди.
4. Многоканальная СМО с неограниченной очередью
5. Основные понятия имитационного моделирования.
6. Алгоритм метода имитационного моделирования СМО (пошаговый подход). Блок-схема программы.
7. Расчет показателей эффективности СМО на основе результатов ее имитационного моделирования.
8. Статистическая обработка результатов и их сравнение с результатами аналитического моделирования.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 50 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных и лабораторных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- зачет - 100 баллов.

Критерии оценки знаний магистрантов

100 баллов - магистрант показал глубокие и систематизированные знания учебного материала по теме; глубоко усвоил учебную литературу; хорошо знаком с научной литературой; активно использовал материалы из первоисточников; цитировал различных авторов; принимал активное участие в обсуждении узловых вопросов на всём протяжении семинарского занятия; умеет глубоко и всесторонне анализировать те или иные исторические события; в совершенстве владеет соответствующей терминологией; материал излагает чётко и лингвистически грамотно; отличается способностью давать собственные оценки, делать выводы, проводить параллели и самостоятельно рассуждать.

90 баллов - магистрант показал полные знания учебно-программного материала по теме; хорошо усвоил учебную литературу; знаком с научной литературой; использовал материалы из первоисточников; цитировал различных авторов; принимал активное участие в обсуждении узловых вопросов; проявил способность к научному анализу материала; хорошо владеет соответствующей терминологией; материал излагается последовательно и логично; отличается способностью давать собственные оценки, делать выводы, рассуждать; показал высокий уровень исполнения заданий, но допускает отдельные неточности общего характера.

80 баллов - магистрант показал достаточно полное знание учебно-программного материала; усвоил основную литературу, рекомендованную программой; владеет методом комплексного анализа; показал способность аргументировать свою точку зрения с использованием материала из первоисточников; правильно ответил практически на все вопросы преподавателя в рамках обсуждаемой темы; систематически участвовал в групповых обсуждениях; не допускал в ответе существенных неточностей.

70 баллов - магистрант показал достаточно полное знание учебного материала, не допускал в ответе существенных неточностей, активно работал на семинарском занятии, показал систематический характер знаний по дисциплине, цитирует первоисточники, но не может теоретически обосновать некоторые выводы. 60 баллов - магистрант обладает хорошими знаниями по всем вопросам темы семинарского занятия, не допускал в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнил основные предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, отличается достаточной активностью на семинарском занятии; умеет делать выводы без существенных ошибок, но при этом не дан анализ информации из первоисточников.

50 баллов - магистрант усвоил лишь часть программного материала, вместе с тем ответ его стилистически грамотный, умеет логически рассуждать; допустил одну существенную или несколько несущественных ошибок; знает терминологию; умеет делать выводы и проводить некоторые параллели.

40 баллов - магистрант знает лишь часть программного материала, не отличался активностью на семинарском занятии; усвоил не всю основную литературу, рекомендованную программой; нет систематического и последовательного изложения материала; в ответах допустил достаточное количество несущественных ошибок в определении понятий и категорий, дат и т.п.; умеет делать выводы без существенных ошибок; наличие грамматических и стилистических ошибок и др.

30 баллов - магистрант имеет недостаточно полный объём знаний в рамках образовательного стандарта; знает лишь отдельные вопросы темы, кроме того допускает серьёзные ошибки и неточности; наличие в ответе стилистических и логических ошибок.

20 баллов - у магистранта лишь фрагментарные знания или отсутствие знаний по значительной части заданной темы; не знает основную литературу; не принимал участия в обсуждении вопросов по теме семинарского занятия; допускал существенные ошибки при

ответе; студент не умеет использовать научную терминологию дисциплины; наличие в ответе стилистических и логических ошибок.

10 балл - отсутствие знаний по теме или отказ от ответа.

Шкала диапазона для перевода рейтингового балла по дисциплине с учётом итогового контроля в «5»- балльную систему. 0 - 50 баллов - «незачтено»; 51-100 баллов - «зачтено»

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

а) основная литература:

1. Рубчинский, А.А. Дискретные математические модели. Начальные понятия и стандартные задачи : учебное пособие / А.А. Рубчинский. - Москва : Директ-Медиа, 2014. - 269 с. - ISBN 978-5-4458-3802-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240557> (19.05.2018).

2. Сигал, И.Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы : учебное пособие / И.Х. Сигал, А.П. Иванова. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Физматлит, 2007. - 304 с. - ISBN 978-5-9221-0808-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69326> (05.05.2018).

3. Сети следующего поколения NGN / [авт.: А.В.Росляков, С.В.Ваняшин и др.]; под ред. А.В.Рослякова. - М. : Эко-Трендз, 2008. - 420,[3] с. : ил. - Библиогр.: с. 400-420. - ISBN 978-5-88405-082-2 : 350-00.

4. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Кирлица В.П. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 288 с.

5. Башарин Г.П., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Модели для анализа качества обслуживания в сетях связи следующего поколения (Уч. пособие). М.: Изд-во РУДН, 2008. – 137 с.: ил.

б) дополнительная литература:

1. Семёнов А.Г. Математические модели в экономике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Семёнов, И.А. Печерских. — Электрон. текстовые данные. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2011. — 187 с. — 978-5-89289-686-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14374.html> (19.05.2018).

2. Колемаев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / В.А. Колемаев, В.Н. Калинина. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 352 с. : табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 5-238-00560-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436721> (19.05.2018).

3. Колемаев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / В.А. Колемаев, В.Н. Калинина. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 352 с. : табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 5-238-00560-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436721> (19.05.2018).

4. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник. М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с., ил.

5. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. Под ред. В.И. Неймана // М.: Машиностроение, 1979. – 452 с

6. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Кирлица В.П. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 288 с.

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

1. <http://elib.dgu.ru/?q=node/876> - Научная библиотека ДГУ
2. <http://www.book.ru> - Электронная система BOOK.RU
3. <http://www.iprbookshop.ru> - Электронно-библиотечная система IPRBOOKSHOP
4. <http://ibooks.ru> - Электронно-библиотечная система IBOOKS.RU
5. <http://www.biblio-online.ru> - Издательство «Юрайт»
6. <http://books.google.com> - Интернет каталог общемирового книжного фонда Google Books

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе «Учебно-методическое обеспечение. Литература».

Для успешного освоения курса студентам рекомендуется проводить самостоятельный разбор материалов семинарских занятий в течении семестра. В случае затруднений в понимании и освоении каких-либо тем решать дополнительные задания из учебных пособий, рекомендуемых к данному курсу.

Такие виды учебно-познавательной деятельности студента как лекции, семинарские, лабораторные занятия и самостоятельная работа составляют систему вузовского образования.

Лекция является главным звеном дидактического цикла обучения в отечественной высшей школе. Несмотря на развитие современных технологий и появление новых методик обучения лекция остаётся основной формой учебного процесса. Она представляет собой последовательное и систематическое изложение учебного материала, разбор какой-либо узловой проблемы. Вузовская лекция ориентирована на формирование у студентов информативной основы для последующего глубокого усвоения материала методом самостоятельной работы, призвана помочь студенту сформировать собственный взгляд на ту или иную проблему.

При изучении дисциплины рекомендуется рейтинговая технология обучения, которая позволяет реализовать комплексную систему оценивания учебных достижений студентов. Текущие оценки усредняются на протяжении семестра при изучении модулей. Комплексность означает учет всех форм учебной и творческой работы студента в течение семестра.

Рейтинговый балл студента на каждом занятии зависит от его инициативности, качества выполненной работы, аргументированности выступления, характера использованного материала и т.д. Уровень усвоения материала напрямую зависит от внеаудиторной самостоятельной работы, которая традиционно такие формы деятельности, как выполнение письменного домашнего задания, подготовка к разбору ранее прослушанного лекционного материала, подготовка доклада и выполнение реферата.

Для успешного освоения курса студентам рекомендуется проводить самостоятельный разбор материалов семинарских занятий в течении семестра. В случае затруднений в понимании и освоении каких-либо тем решать дополнительные задания из учебных пособий, рекомендуемых к данному курсу.

Рекомендуется самостоятельно повторять материал, пройденный во время лекций с

подробным разбором.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Информационные средства обучения: электронные учебники, презентации, технические средства предъявления информации (многофункциональный мультимедийный комплекс) и контроля знаний (тестовые системы). Электронные ресурсы Научной библиотеки ДГУ. Электронно-образовательные ресурсы Дагестанского государственного университета.

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства: WINDOWS XP, пакет MS OFFICE.

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства: пакеты для решения задач Mathcad, MS Office.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Реализация учебной дисциплины требует наличия типовой учебной аудитории с возможностью подключения технических средств: аудиовизуальных, компьютерных и телекоммуникационных, компьютерные классы факультета и ИБЦ ДГУ. В университете имеется пакет необходимого лицензионного программного обеспечения.

При кафедре прикладной математики имеется студенческая научно-исследовательская лаборатория «Математическое моделирование».