

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра теории упругости и вычислительной математики



Рабочая программа учебной дисциплины

«Дискретные математические модели»

(наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направления подготовки:	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Профиль подготовки:	Статистика
Образовательный уровень выпускника:	магистр
Форма обучения:	очная, заочная

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета математики и
информационных технологий

 В.Н. Андриенко



Программа учебной дисциплины «Дискретные математические модели» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденному приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 288, зарегистрированному в Министерстве юстиции ДНР от 22 апреля 2016 г. № 1191, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. № 750 (с изменениями и дополнениями), учебного плана по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Статистика) (формы обучения: очная), утвержденного Ученым Советом Университета от 04.10.2016 г., протокол № 8.

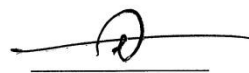
Разработчик:

Заведующий кафедрой теории упругости и
вычислительной математики, д.т.н., проф.
(должность, степень, звание, кафедра)



В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики
Протокол № 4 от « 27 » октября 2016 г.
Заведующий кафедрой



В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией факультета математики и информационных технологий
Протокол № 4 от «15» декабря 2016 г.
Председатель учебно-методической
комиссии факультета



Н.Ш. Пономаренко

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе: Учебная дисциплина «Дискретные математические модели» относится к базовой части учебного плана и состоит из одного модуля.

В рамках преподавания дисциплины изучаются математические модели и результаты анализа дискретных систем различных классов с использованием аналитических и численных методов исследования. В качестве моделей таких систем рассматриваются модели, построенные на основе систем и сетей массового обслуживания. Аналитические методы исследования базируются на аппарате теории массового обслуживания, численные – на аппарате теории марковских случайных процессов. Особое внимание уделяется анализу и изучению свойств систем, представляемых моделями массового обслуживания.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими и сопутствующими дисциплинами учебного плана подготовки бакалавров по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика:

ПБ. ВО. 15. Алгоритмы и структуры данных

ПБ. Б. 17. Теория вероятностей и математическая статистика

ПБ. Б. 16. Методы оптимизации

ПБ. ВС. 1.3. Сетевые технологии

ПБ. Б. 18. Случайные процессы

ПБ. ВО. 15. Системный анализ

ПБ. ВО. 15. Теория систем

2. Структура дисциплины (модуля)

Характеристика учебной дисциплины		
Образовательный уровень:	магистр	
Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	Базовая часть профессионального блока	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 экзамен в 1 семестре	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
	на базе высшего профессионального образования (ОУ Бакалавр)	
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	
Год подготовки	1	
Семестр	1	
Количество часов	144	
- лекционных	36	
- практических, семинарских	18	
- лабораторных	-	
- самостоятельной работы	90	
в т.ч. индивидуальное задание	-	
Недельное количество часов,	8	
в т.ч. аудиторных	3	

3. Описание дисциплины

Цели и задачи.

Целями освоения дисциплины «Дискретные математические модели» являются:

- формирование представлений у студентов о теоретических основах современных дискретных моделей и об областях их практического приложения;
- формирование умений применять основные положения теории вероятностей, теории случайных процессов, теории графов, теории бинарных отношений, теории паросочетаний, комбинаторики и т.д.;
- формирование умения демонстрировать знание и понимание основных определений, теорем, алгоритмов и методов решения задач по курсу;
- приобретение умений строить логически выверенные рассуждения;
- формирование умений пользоваться методами дискретного моделирования (в частности, теории бинарных отношений, теории графов, методами комбинаторики) для формализации и решения прикладных задач;
- развитие навыков самостоятельной работы и умений находить и перерабатывать дополнительную информацию в данной предметной области;
- развитие творческого, научного потенциала студентов, их познавательных интересов в области дискретных математических моделей, стимулирование к дальнейшему занятию научной деятельностью.

Задачи освоения дисциплины – усвоение теоретических основ и практических навыков использования методов построения и анализа ряда основных классов дискретных математических моделей – моделей систем массового обслуживания и моделей сетей массового обслуживания.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

а) общекультурных (ОК):

способности к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

готовности к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3).

б) общепрофессиональных (ОПК):

способности самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение (ОПК-3);

способности использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4);

в) профессиональных - научно-исследовательская деятельность (ПК):

способности проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива (ПК-1);

способности разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2);

способности разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3);

способности разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК-4);

способности разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов (ПК-7);

способности разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий (ПК-11);

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основные определения и теоремы теории графов, теории паросочетаний, теории бинарных отношений, теории принятия коллективных решений, основные

положения оценки влияния участников выборных органов, методов формирования выборных органов, теории структурного баланса, а также базовые понятия, относящиеся к теории справедливого дележа, игровым моделям; основные этапы математического моделирования.

Уметь: применять на практике определения операций над множествами, над бинарными отношениями, воспроизводить алгоритмы построения и поиска: устойчивых паросочетаний, коллективных решений (на основе различных правил), справедливых дележей, равновесий по Нэшу; решать задачи по всем разделам курса с опорой на изученный теоретический материал; воспроизводить доказательство изученных теорем, а также самостоятельно доказывать несложные теоремы; пользоваться геометрическими образами для иллюстрации свойств конструируемых объектов.

Владеть навыками и приобрести опыт чтения учебной и научной литературы в данной предметной области; подбора информации из различных источников для занятий, а также для самостоятельного построения несложных моделей из общественно-политической и экономической сфер жизни современного общества, аналогичных изученным в курсе; самостоятельной работы по изучению теоретического материала курса, решению задач, в том числе нестандартного характера.

4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

В рамках изучения дисциплины «Дискретные математические модели» предусмотрены следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Лекционные занятия предполагают овладение теоретическими основами дисциплины, практические – для овладения методами решения примеров и задач.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение домашних заданий, подготовку к практическим занятиям, изучение учебно-методической литературы, составление конспектов, подготовку презентаций и докладов, аннотаций статей, защиту презентаций и докладов.

Текущий контроль осуществляется путем написания самостоятельных и контрольных работ по решению практических заданий, модульных контрольных работ по проверке знаний теоретических положений.

В учебном процессе применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия, полемика), внеаудиторная самостоятельная работа, балльно-рейтинговая система оценки успеваемости, личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных, эвристических и исследовательских методов преподавания. При проведении лекции-визуализации для обсуждения материала широко используются мультимедийные презентации, анимации.

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1. Общие вопросы концепции теоретического моделирования	
Тема 1. Общие понятия теории систем	Понятия системы и комплекса. Структура и функция. Организация. Свойства систем. Эффективность. Параметры и характеристики. Процесс. Классификация систем и процессов.
Тема 2. Общие понятия теории моделирования	Основные требования к модели. Классификация моделей. Параметризация моделей.
Тема 3. Общая характеристика задач моделирования	Разработка модели. Анализ характеристик. Синтез системы. Детальный анализ синтезированной системы.

Тема 4. Общая характеристика методов моделирования	Аналитические методы. Численные методы. Статистические методы. Комбинированные методы
Тема 5. Случайные величины - основные понятия и определения	Событие, вероятность. Случайная величина Законы распределений случайных величин. Закон распределения дискретной случайной величины. Закон распределения непрерывной случайной величины. Числовые характеристики случайных величин. Начальные моменты. Центральные моменты.
Тема 6. Производящая функция и типовые распределения случайных величин	Производящая функция и преобразование Лапласа. Производящая функция. Преобразование Лапласа. Типовые распределения случайных величин. Распределение Пуассона. Геометрическое распределение. Равномерный закон распределения. Экспоненциальный закон распределения. Распределение Эрланга. Нормированное распределение Эрланга. Гиперэкспоненциальное распределение. Гиперэрланговское распределение.
Содержательный модуль 2. Модели систем массового обслуживания	
Тема 7. Основные понятия теории систем массового обслуживания	Система массового обслуживания. Сеть массового обслуживания. Поток заявок. Длительность обслуживания заявок. Стратегии управления потоками заявок.
Тема 8. Классификация и характеристики систем массового обслуживания	Классификация моделей массового обслуживания. Базовые модели. Сетевые модели. Параметры и характеристики СМО. Параметры СМО. Обозначения СМО (символика Кендалла).
Тема 9. Режимы функционирования систем массового обслуживания	Режимы функционирования СМО. Характеристики СМО с однородным потоком. Характеристики СМО с неоднородным потоком заявок.
Тема 10. Параметры и характеристики сетей массового обслуживания	Параметры и характеристики СеМО. Параметры СеМО. Режимы функционирования СеМО. Характеристики СеМО.
Тема 11. Аналитическое моделирование одноканальных систем массового обслуживания	Одноканальные СМО с однородным потоком заявок. Характеристики экспоненциальной СМО М/М/1. Характеристики неэкспоненциальной СМО М/Г/1. Характеристики неэкспоненциальной СМО Г/М/1. Характеристики СМО общего вида Г/Г/1. Анализ свойств одноканальной СМО.
Тема 12. Многоканальные системы массового обслуживания с однородным потоком заявок	Характеристики многоканальной СМО М/М/К. Анализ свойств многоканальной СМО.
Тема 13. Одноканальные системы массового обслуживания с неоднородным потоком заявок	Одноканальные СМО с неоднородным потоком заявок. Характеристики и свойства ДО БП. Характеристики и свойства ДО ОП. Характеристики и свойства ДО АП. Законы сохранения.
Тема 14. Разомкнутые сети массового обслуживания с однородным потоком заявок	Разомкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок. Описание разомкнутых. Расчет коэффициентов передач и интенсивностей потоков заявок в узлах РССеМО. Проверка условия отсутствия перегрузок в СеМО. Расчет узловых характеристик РССеМО. Расчет сетевых характеристик РССеМО. Анализ

	свойств разомкнутых СеМО.
Тема 15. Замкнутые сети массового обслуживания с однородным потоком заявок	Замкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок. Описание замкнутых СеМО. Расчет коэффициентов передач в узлах ЗСеМО. Расчет характеристик ЗСеМО. Анализ свойств замкнутых СеМО.
Тема 16. Элементы теории численного моделирования и случайных процессов	Численное моделирование (модели случайных процессов). Понятие случайного процесса. Случайные процессы с дискретными состояниями. Понятие марковского случайного процесса. Параметры марковского случайного процесса. Характеристики марковского случайного процесса. Методы расчета марковских моделей. Эргодическое свойство случайных процессов. Марковские процессы с дискретным временем. Марковские процессы с непрерывным временем.
Тема 17. Марковские модели систем массового обслуживания	Одноканальная СМО без накопителя (М/М/1/0). Многоканальная СМО без накопителя (М/М/Н/0).
Тема 18. Вариации марковских моделей систем массового обслуживания	Одноканальная СМО с накопителем ограниченной емкости (М/М/1/г). Одноканальная СМО с накопителем неограниченной емкости (М/М/1). Многоканальная СМО с накопителем ограниченной ёмкости (М/М/2/1). Одноканальная СМО с неоднородным потоком заявок и относительными приоритетами.

Тематический план

[illegible]

[illegible]

5. Методические рекомендации для проведения лабораторных, практических и семинарских занятий содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины

6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации (модульному контролю)

1. Понятия системы и комплекса. Структура и функция. Организация. Свойства систем.
2. Эффективность. Параметры и характеристики. Процесс. Классификация систем и процессов.
3. Основные требования к модели. Классификация моделей. Параметризация моделей.
4. Разработка модели. Анализ характеристик. Синтез системы. Детальный анализ синтезированной системы
5. Аналитические методы. Численные методы. Статистические методы. Комбинированные методы
6. Событие, вероятность. Случайная величина Законы распределений случайных величин.
7. Закон распределения дискретной случайной величины. Закон распределения непрерывной случайной величины.
8. Числовые характеристики случайных величин. Начальные моменты. Центральные моменты.
9. Производящая функция и преобразование Лапласа. Производящая функция. Преобразование Лапласа. Типовые распределения случайных величин. Распределение Пуассона. Геометрическое распределение.
10. Равномерный закон распределения. Экспоненциальный закон распределения. Распределение Эрланга. Нормированное распределение Эрланга.
11. Гиперэкспоненциальное распределение. Гиперэрланговское распределение.
12. Система массового обслуживания. Сеть массового обслуживания. Поток заявок. Длительность обслуживания заявок. Стратегии управления потоками заявок.
13. Классификация моделей массового обслуживания. Базовые модели. Сетевые модели. Параметры и характеристики СМО. Параметры СМО. Обозначения СМО (символика Кендалла).
14. Режимы функционирования СМО. Характеристики СМО с однородным потоком. Характеристики СМО с неоднородным потоком заявок.
15. Параметры и характеристики СеМО. Параметры СеМО. Режимы функционирования СеМО. Характеристики СеМО.
16. Одноканальные СМО с однородным потоком заявок.
17. Характеристики экспоненциальной СМО М/М/1.
18. Характеристики неэкспоненциальной СМО М/Г/1.
19. Характеристики неэкспоненциальной СМО Г/М/1.
20. Характеристики СМО общего вида Г/Г/1.
21. Анализ свойств одноканальной СМО.
22. Характеристики многоканальной СМО М/М/К. Анализ свойств многоканальной СМО.
23. Одноканальные СМО с неоднородным потоком заявок.
24. Характеристики и свойства ДО БП. Характеристики и свойства ДО ОП.
25. Характеристики и свойства ДО АП. Законы сохранения.
26. Разомкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок.
27. Расчет коэффициентов передач и интенсивностей потоков заявок в узлах РСМО.

28. Проверка условия отсутствия перегрузок в СеМО.
29. Расчет узловых характеристик РСемо.
30. Расчет сетевых характеристик РСемо.
31. Анализ свойств разомкнутых СеМО.
32. Замкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок. Описание замкнутых СеМО.
33. Расчет коэффициентов передач в узлах ЗСеМО.
34. Расчет характеристик ЗСеМО. Анализ свойств замкнутых СеМО.
35. Численное моделирование (модели случайных процессов).
36. Понятие случайного процесса. Случайные процессы с дискретными состояниями.
37. Понятие марковского случайного процесса. Параметры марковского случайного процесса.
38. Характеристики марковского случайного процесса. Методы расчета марковских моделей.
39. Эргодическое свойство случайных процессов. Марковские процессы с дискретным временем. Марковские процессы с непрерывным временем.
40. Одноканальная СМО без накопителя (М/М/1/0).
41. Многоканальная СМО без накопителя (М/М/Н/0).
42. Одноканальная СМО с накопителем ограниченной емкости (М/М/1/г).
43. Одноканальная СМО с накопителем неограниченной емкости (М/М/1).
44. Многоканальная СМО с накопителем ограниченной ёмкости (М/М/2/1).
45. Одноканальная СМО с неоднородным потоком заявок и относительными приоритетами.

8. Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Образовательный уровень - **магистр**

Направление подготовки - 01.04.02 - Прикладная математика
и информатика(профиль Статистика)

Семестр 2

Учебная дисциплина Дискретные математические модели

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

1. Классификация моделей массового обслуживания. Базовые модели. Сетевые модели. Параметры и характеристики СМО. Параметры СМО.
2. Разомкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики

Протокол № 8 от 14 апреля 2016 г.

Заведующий кафедрой
Экзаменатор

Сторожев В.И.
Сторожев В.И.

9. Образец тестового задания –

10. Критерии оценивания

Экзаменационная работа оценивается после защиты максимум в 100 баллов. Оценка за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на экзамене и выставляется согласно шкале, принятой в ДонНУ. Более подробные критерии разрабатываются исходя из контингента и доводятся до ведома студентов в первый месяц обучения.

В течение семестра обучающийся может заработать баллы (в общей сложности максимум 100 баллов) за следующие виды деятельности: текущие индивидуальные задания, модульная контрольная работа, активность на занятиях.

Форма контроля		Баллы
	Выполнение текущих индивидуальных	40
	Модульная контрольная работа	600
Общий итог		100

Экзаменационная работа оценивается максимум в 100 баллов. Оценка за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на экзамене и выставляется согласно шкале, принятой в ДонНУ. Более подробные критерии разрабатываются исходя из контингента и доводятся до ведома студентов в первый месяц обучения.

Шкала соответствия баллов национальной шкале (в ДонНУ на 1 сентября 2016 г.)

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка ECTS	Оценка по национальной шкале
		для экзамена
90-100	A	5 (отлично)
80-89	B	4 (хорошо)
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	3 (удовлетворительно)
35-59	FX	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи
0-34	F	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

Критерии оценивания экзаменационных ответов:

90 - 100 баллов (отлично, A)

- полное выполнение всех обязательных и выборочных заданий;
- основательные знания по всем темам;
- владение категориальным аппаратом на должном уровне;
- последовательное и логичное изложение теоретического материала с доказательствами.

Допускается 1-3 неточностей в изложении материала, которые не влияют на правильность решения.

80 - 89 баллов (хорошо, B)

- полное выполнение всех обязательных заданий;
- логичное использование основного содержания материала в соответствии с заданием;
- владение категориальным аппаратом на современном уровне;

- знание основных положений теоретического материала на достаточно высоком уровне.

75 - 89 баллов (хорошо, C)

- полное выполнение всех обязательных заданий;
- логичное использование основного содержания материала в соответствии с заданием;
- владение категориальным аппаратом на современном уровне;
- знание основных положений теоретического материала на достаточно высоком уровне.

Допускается 1-2 неточности в использовании понятийного материала, незначительные погрешности в обобщениях и выводах, которые существенно не влияют на общий уровень выполненного задания.

70 – 74 балла (удовлетворительно, D)

- выполнение 70 % обязательных заданий;
- содержание теоретического материала изложено частично, с несоблюдением в отдельных случаях логики изложения;
- студент поверхностно использует теоретические знания для решения практической проблемы;
- раскрытие сути вопроса со значительными недостатками.

60 – 69 баллов (удовлетворительно, E)

- выполнение 50 – 70 % обязательных заданий;
- содержание теоретического материала изложено частично, с несоблюдением в отдельных случаях логики изложения;
- студент поверхностно использует теоретические знания для решения практической проблемы;
- ошибки при объяснении понятий;
- раскрытие сути вопроса со значительными недостатками.

35 – 59 баллов (неудовлетворительно, FX), с возможностью повторной сдачи

- выполнение 30 – 50 % обязательных заданий;
- неумение раскрыть основное содержание задания;
- необоснованность выводов;
- ограниченное владение категориальным и понятийным аппаратом.

0 – 34 баллов (неудовлетворительно, F), с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

- выполнение менее 30 % обязательных заданий;
- неумение раскрыть основное содержание задания;
- неспособность формулировать выводы;
- отсутствие элементарных знаний по основному материалу.

11. Материально-техническое обеспечение учебного процесса. Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной (мультимедийной техникой и) доской. Практические занятия выборочно проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

12. Рекомендованная литература

Основная

1. Дискретные математические модели [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сост.: В.Г.Житняя, Сторожев В.И.; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл)

2. Практикум по дискретным математическим моделям [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Сост.: В.Г. Житняя, Сторожев В.И.; ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл)
3. Житняя, В. Г. Программирование в среде СУБД Visual FoxPro [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Житняя ; Донецкий нац. ун-т. - Донецк : ДонНУ, 2012. - Электронные данные (1 файл).
4. Агибалова, А. В. Математические модели в естественных и общественных науках [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Агибалова, Д. В. Лиманский ; Донецкий нац. ун-т. - Донецк : ДонНУ, 2014. - Электронные данные (1 файл).

Дополнительная

1. Введение в математическое моделирование : [Учеб. пособие для вузов направления 511200 "Математика. Прикладная математика"] / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер и др. ; Под ред. П. В. Трусова. - М. : Логос, 2004. - 439 с. Места выдачи: АУЛ (9 экз.), АНЛ (своб. 1 экз. из 1), Чз1 (1 экз.), Выс (9 экз.).
2. Калашников, В. В. Математические методы построения стохастических моделей обслуживания / В. В. Калашников, С. Т. Рачев ; ил. А. Т. Фоменко. - М. : Наука, 1988. - 310,[1] с. Места выдачи: АНЛ (1 экз.), Чз1 (своб. 1 экз. из 1), Выс (1 экз.).
3. Введение в математическое моделирование : [Учеб. пособие для вузов направления 511200 "Математика. Прикладная математика"] / В.Н. Ашихмин, М.Б. Гитман, И.Э. Келлер и др. ; Под ред. П.В. Трусова. - М. : Логос, 2004. - 439 с. (АУЛ - 9), АНЛ - 1, Чз1 - 1).
4. Ермаков С.М. Курс статистического моделирования: [Учеб. пособие для вузов по специальности "Прикладная математика"] / С. М. Ермаков, Г. А. Михайлов. - М.: Наука, 1976. - 319 с. (АУЛ - 14, АНЛ - 1, Чз1 - 1).
5. Васин А.А. Модели динамики коллективного поведения: [Для вузов по специальности "Приклад. математика"] / А. А. Васин. - М.: Изд-во МГУ, 1989. - 153 с. (АУЛ - 4, АНЛ - 1, Чз1 - 1).
6. Анисимов В.В. Элементы теории массового обслуживания и асимптотического анализа систем: [Учеб. пособие для вузов по специальности "Математика", "Прикл. математика", "Экон. кибернетика"] / В.В. Анисимов, О.К. Закусило, В.С. Донченко и др. ; Под общ. ред. В.В. Анисимова. - К.: Вища шк., 1987. - 248 с. (АУЛ - 3, АНЛ - 1, Чз1 - 1).
7. Дубров А.М. Многомерные статистические методы: Для экономистов и менеджеров / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. - М.: Финансы и статистика, 1998. - 350 с. (АУЛ - 3, АНЛ - 1, Чз1 - 1).
8. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи, методы, примеры / Самарский А.А., Михайлов А.П. - М.: Наука, 1997. - 320 с. (АНЛ - 3, Чз1 - 3).
9. Болдин М.В. Знаковый статистический анализ линейных моделей / Болдин М.В., Симонова Г.И., Тюрин Ю.Н. - М.: Наука, 1997. - 288 с (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
10. Севастьянов Б.А. Вероятностные модели. - М.: Наука, 1992. - 176 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
11. Мазалов В.В. Моменты остановки и управляемые случайные блуждания / Мазалов В.В., Винниченко С.В. ; РАН, Сиб. отд-ние ; Чит. ин-т природ. ресурсов ; Отв. ред. Л.А. Петросян. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. - 104 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).

12. Бочаров П.П. Теория массового обслуживания : учеб. для вузов по направлению "Прикл. математика и информатика" и спец. "Математика" и "Прикл. математика" / Бочаров П.П., Печинкин А.В. - Москва : Изд-во РУДН, 1995. - 529 с. (Чз3 - 1).
13. Севастьянов Б.А. Вероятностные модели. - М. : Наука, 1992. - 176 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1).
14. Христиановский В.В. Решение задач математического программирования : (Курс лекций) / В.В. Христиановский, В.Г. Ерин, О.В. Ткаченко; Донецкий гос. ун-т. - Донецк: ДонГУ, 1992. - 254 с. (АУЛ - 69, АНЛ - 1, Чз1 - 1).
15. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. - 2-е изд. - Москва: Наука, 1987. - 336 с. (АНЛ - 1, Чз1 - 1, Чз3 -3).

Информационные ресурсы

1. <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=sistema-massovogo-obslyzhvaniya>
2. http://www.matburo.ru/ex_emm.php?p1=emmsmo
3. <http://math.semestr.ru/cmo/mcmo.php>
4. <http://lib.vvsu.ru/books/Bakalavr01/page0220.asp>