

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.24 Случайные процессы и основы теории массового обслуживания»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

01.03.04 Прикладная математика
(код и наименование направления подготовки)

Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2019

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра математических методов и моделей в экономике
наименование кафедры

протокол № 0 от "14" 01 2019.

Заведующий кафедрой

Кафедра математических методов и моделей в экономике А.Г. Реннер
наименование кафедры подпись расшифровка подписи

Исполнители:

профессор каф. ММиМЭ А.Г. Реннер
должность подпись расшифровка подписи

доцент каф. ММиМЭ О.Н. Яркова
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки
01.03.04 Прикладная математика А.Г. Реннер
код наименование личная подпись расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки
Н.Н. Грицай
личная подпись расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета
А.В. Лутинов
личная подпись расшифровка подписи

№ регистрации 96461

© Реннер А.Г., 2019
© Яркова О.Н., 2019
© ОГУ, 2019

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины: формирование теоретических знаний о математических методах описания и исследования стохастических динамических систем и практических навыков использования прикладного программного обеспечения для их решения.

Задачи:

- освоить способы описания случайных процессов;
- изучить основные типы случайных процессов (по свойствам), некоторые виды случайных процессов и их свойства;
- изучить методы исследования дискретных и непрерывных цепей Маркова;
- освоить методы моделирования простейших марковских систем массового обслуживания (СМО);
- освоить методы моделирования динамики стохастических систем в формах Стратоновича и Ито;
- освоить инструментальные и программные средства решения поставленных задач.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.1 Философия, Б1.Д.Б.12 Математический анализ, Б1.Д.Б.13 Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Б1.Д.Б.14 Дискретная математика и математическая логика, Б1.Д.Б.15 Теория функций комплексного переменного, Б1.Д.Б.17 Дифференциальные и разностные уравнения, Б1.Д.Б.19 Теория вероятностей, математическая статистика и теория случайных процессов, Б1.Д.Б.22 Численные методы, Б1.Д.Б.29 Краевые задачи для дифференциальных уравнений и численные методы их решения*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.5 Основы финансовой и страховой математики, Б1.Д.В.6 Математические методы и модели в логистике, Б1.Д.В.11.2 Методы моделирования и прогнозирования, Б1.Д.В.Э.4.2 Современные информационные технологии в анализе данных и научных исследованиях, Б2.П.В.П.1 Проектно-технологическая практика, Б2.П.В.П.2 Научно-исследовательская работа, Б2.П.В.П.3 Преддипломная практика, ФДТ.1 Практикум "Технологии информационного обеспечения научно-исследовательской работы"*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	ОПК-1-В-3 Применяет математический инструментарий теории вероятностей, математической статистики, многомерного анализа данных и случайных процессов	Знать: основные характеристики: <ul style="list-style-type: none">- случайных процессов;- основные типы случайных процессов;- стохастический анализ случайных процессов; Стохастические модели состояния; <ul style="list-style-type: none">- линейные преобразования

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		<p>случайных процессов и свойства преобразованных случайных процессов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы построения формирующих фильтров; - методы моделирования и анализа дискретных и непрерывных цепей Маркова; - методы моделирования марковских СМО. <p>Уметь: применять перечисленный выше инструментарий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - при анализе временных рядов в экономике и финансах; - для построения формирующих фильтров; - при моделировании СМО. <p>Владеть: навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - исследования моделей временных рядов в различных сферах (экономика, финансы); - построения формирующих фильтров в технических и экономических исследованиях; - моделирования марковских СМО.
<p>ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем</p>	<p>ОПК-2-В-5 Применяет методы оценки и исследования характеристик случайных величин, векторов и процессов</p>	<p>Знать: методы оценки характеристик случайных процессов, включая спектральных;</p> <ul style="list-style-type: none"> - метод проверки на адекватность моделей (к примеру, временных рядов). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценивать характеристики случайных процессов; - осуществлять проверку моделей на адекватность (к примеру, моделей временных рядов); - анализировать свойства по результатам оценивания. <p>Владеть: навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценки характеристик случайных процессов; - исследования моделей на адекватность; - анализа надежности и качества модели функционирования систем.
<p>ОПК-3 Способен</p>	<p>ОПК-3-В-2 Применяет методы</p>	<p>Знать: методы теории</p>

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
использовать и развивать методы математического моделирования и применять аналитические и научные пакеты прикладных программ	теории вероятностей, математической статистики, теории случайных процессов и анализа данных для моделирования стохастических процессов и систем	вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов и научные пакеты прикладных программ, используемые для моделирования стохастических процессов и систем. Уметь: применять методы теории вероятностей, математической статистики, теории случайных процессов и научные пакеты прикладных программных программ, используемые для исследования моделей стохастических процессов и систем. Владеть: навыками моделирования и исследования стохастических процессов и систем на основе методов теории вероятностей, математической статистики, теории случайных процессов и использовании научных пакетов прикладных программ

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	4 семестр	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	180	108	288
Контактная работа:	51,25	35,25	86,5
Лекции (Л)	34	18	52
Практические занятия (ПЗ)	16	16	32
Консультации	1	1	2
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа: - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	128,75	72,75	201,5
Вид итогового контроля (зачет, экзамен,	экзамен	экзамен	

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	4 семестр	5 семестр	всего
дифференцированный зачет)			

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Обзор: описание случайных процессов и их характеристик	26	4	2		20
2	Типы случайных процессов	28	4	4		20
3	Элементы стохастического анализа	24	4	-		20
4	Стохастические модели состояния	44	10	4		30
5	Линейные преобразования случайных процессов	56,75	12	6		38,75
	Консультации	1				1
	Промежуточная аттестация (экзамен)	0,25				0,25
	Итого:	180	34	16		130

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
6	Дискретные и непрерывные цепи Маркова	36	6	6		24
7	Моделирование СМО	36	6	6		24
8	Марковские процессы с непрерывным множеством состояний	34,75	6	4		24,75
	Консультации	1				1
	Промежуточная аттестация (экзамен)	0,25				0,25
	Итого:	108	18	16		74
	Всего:	288	52	32		204

4.2 Содержание разделов дисциплины

Таблица 1 – Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела
1	2	3
1	Обзор: описание случайных процессов и их характеристик	Случайный n -мерный процесс, траектории случайного процесса, временные сечения. Законы распределения - N -мерные. Математическое ожидание, ковариационная матрица, ковариационная функция, взаимная ковариационная функция.
2	Типы случайных процессов	Стационарные случайные процессы (СП) в узком смысле, свойства. Стационарные СП в широком смысле. Эргодические процессы. Процессы с независимыми приращениями, свойства. Процессы с ортогональными приращениями, свойства. Гауссовские случайные процессы, свойства. Винеров-

		ский случайный процесс, свойства. Марковский случайный процесс, свойства. Пуассоновский случайный процесс, свойства.
3	Элементы стохастического анализа	Сходимость в L2. Непрерывность. Дифференцируемость. Интегрируемость.
4	Стохастические модели состояния	Эволюция моделей динамики: от детерминированной к стохастической. Стохастические интегралы и дифференциалы. Интеграл от винеровского процесса, по винеровскому; свойства. Стохастический дифференциал в форме Ито и Стратоновича. Правило дифференцирования Ито.
5	Линейные преобразования случайных процессов	Линейные преобразования случайных процессов, свойства, характеристики. Преобразования дискретных и непрерывных случайных процессов операторами свертки, свойства, характеристики. Условия стационарности преобразованных случайных процессов. Спектральные функции. Формирующие фильтры
6	Дискретные и непрерывные цепи Маркова	Дискретные цепи Маркова: основные понятия. Вероятности состояний, вероятности перехода. Однородные цепи. Основные задачи анализа цепей Маркова. Классификация состояний. Классификация цепей. Расчет характеристик. Предельные вероятности состояний. Непрерывные цепи Маркова: Основные понятия. Система уравнений Колмогорова. Решение задачи Коши в случае: неоднородной цепи Маркова, свойства решения; однородных цепей Маркова, свойства решения. Предельные вероятности состояний и их моделирование. Процессы гибели-размножения, циклические процессы.
7	Моделирование СМО	Процессы массового обслуживания: основные понятия, классификации СМО. Потоки событий: стационарный (однородный), ординарный, без последствия, простейший, пуассоновский. СМО типа М/М/1 с отказами: модель, расчет характеристик. Другие типы СМО. Обзор подходов к их анализу.
8	Марковские процессы с непрерывным временем и непрерывным множеством состояний	Уравнение Маркова-Смолуховского-Чепмена-Колмогорова. Уравнения Колмогорова. Стохастические модели состояния и уравнения Колмогорова. Характерные задачи теории марковских случайных процессов.

4.3 Практические занятия (семинары)

Практические занятия (семинары) в 4 семестре

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Характеристики СП	2
2	2	Свойства стационарных, эргодических СП, СПС с независимыми ортогональными приращениями. Гауссовский, Винеровский, Марковский, Пуассоновский случайные процессы.	4
3	4	Стохастические интегралы и дифференциалы. Правило дифференцирования Ито	4
4	5	Линейные преобразования случайных процессов	6
		Итого:	16

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
6	1	Дискретные и непрерывные цепи Маркова	6
7	2	Моделирование СМО	6
8	3	Марковские процессы с непрерывным множеством состояний	4
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Волков, И.К. Случайные процессы: учеб. для вузов / И.К. Волков, С.М. Зуев, Г.М. Цветкова; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко.- 3-е изд., испр. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003, 2006. - 448 с.
2. Соколов, Г. А. Теория случайных процессов для экономистов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. А. Соколов. – М.: Физматлит, 2010. – 208 с. - ISBN: 978-5-9221-1100-3 Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=69334
3. Булинский, А. В. Теория случайных процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Булинский, А. Н.Ширяев. – М.: Физматлит, 2005. – 403 с. – ISBN: 978-5-9221-0335-0 Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=68121
4. Черемных, Ю. Н. Количественные методы в экономических исследованиях [Электронный ресурс]: учебник / Ю. Н. Черемных, А. А. Любкин, Я. А. Рощина, В. Ф. Пахомов, Б. Э. Слепак. – М.: Юнити-Дана, 2015. – 687 с. - ISBN: 978-5-238-02331-1 Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=119441
5. Самусевич, Г. А. Основы теории массового обслуживания практикум [Электронный ресурс]: учебная литература для ВУЗов / Г. А. Самусевич. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. – 45 с. - ISBN: 978-5-321-02374-7 Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=276464
6. Миллер, Б. М. Теория случайных процессов в примерах и задачах: [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б. М. Миллер, А. Р. Панков. – М.: Физматлит, 2007. – 318 с. – ISBN: 978-5-9221-0206-3 Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=76563

5.2 Дополнительная литература

1. Свешников, А.А. Прикладные методы теории случайных функций: учеб. пособие для вузов / А.А. Свешников.- 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 464 с.
2. Чураков, Е.П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике: учеб. пособие / Е.П. Чураков. - М.: Финансы и статистика, 2004
3. Кузнецов, Д.Ф. Стохастические дифференциальные уравнения: теория и практика численного решения: монография / Д.Ф. Кузнецов. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. - 778 с.
4. Соловьев, В.И. Стохастические методы в экономике и финансах / В.И. Соловьев. - М.: ГУУ, 2000. - 50с.
5. Ширяев, А.Н. Основы стохастической финансовой математики / А.Н. Ширяев. Т.1, 2. – М.: Фазис, 1998.
6. Дж. Кемени Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл – М.: Наука, 1979. - 270с.

5.3 Периодические издания

1. Применение математических методов в экономических исследованиях и планировании : реферативный журнал: вып. свод. тома. - М.: ВИНТИ

2. Обзорение прикладной и промышленной математики: журнал
3. Математическое моделирование: журнал. – М.:АРСМИ
4. Теория вероятностей и ее применение: журнал.

5.4 Интернет-ресурсы

<http://bourabai.ru/cm/smo.htm> - Моделирование систем массового обслуживания (курс лекций к.т.н. К.А. Хайдарова)

http://sernam.ru/book_tp.php - научная библиотека. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов.

<http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/main/Proba.htm> Хачатурова С.М. Электронный учебник по дисциплине "Математические модели системного анализа" (<http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/glava5/glava5.htm> - Раздел 5. Основы теории систем массового обслуживания)

<http://modelirovanie2009.narod.ru/> - лекции по моделированию систем

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Лицензионное ПО

Пакет настольных приложений

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

ПО для решения широкого спектра научных и прикладных задач:

MathCad 14 – математический пакет (лицензия ОГУ, выделена на каф. ММиМЭ на 10 ПК)

MathWorks MATLAB R2013b + Fuzzy Logic Toolbox + Wavelet Toolbox

Средства для разработки и проектирования

Microsoft Visual Studio

Rad Studio 5 (конкурентная лицензия на факультет на 20 рабочих станций)

Программные средства, разработанные на кафедре ММиМЭ, зарегистрированные в университетском фонде электронных ресурсов (УФЭР):

Программный комплекс решения задач "Автоматизированный программный комплекс для исследования цепей Маркова и систем массового обслуживания"

Авторы: Пономарев Дмитрий Викторович, Константинов Виталий Николаевич, Яркова Ольга Николаевна

Информационная карточка в УФЭР:

http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=216

Электронный курс лекций "Случайные процессы"

Авторы: Реннер Александр Георгиевич, Яркова Ольга Николаевна, Стебунова Ольга Ивановна

Информационная карточка в УФЭР:

http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=586.

Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, outlook, Publisher, Access)
3. Средства для разработки и проектирования Microsoft Visual Studio
4. Приложение для создания диаграмм Microsoft Visio

Перечень свободно распространяемого программного обеспечения

1. Свободно распространяемый растровый графический редактор GIMP (GNU Image Manipulation Program)
2. Кроссплатформенный, свободно распространяемый офисный пакет с открытым исходным кодом LibreOffice

Профессиональные базы данных

1. SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ
2. Springer [Электронный ресурс] : база данных научных книг, журналов, справочных материалов / компания Springer Customer Service Center GmbH. – Режим доступа: <https://link.springer.com/>, в локальной сети ОГУ

Информационные справочные системы

1. Законодательство России [Электронный ресурс] : информационно-правовая система. – Режим доступа: <https://pravo.fso.gov.ru/ips/>, в локальной сети ОГУ
2. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. дан. – Москва, [1992-2016]. Режим доступа: в локальной сети ОГУ <//fileserver1/!CONSULT/cons.exe>
3. Каталог API (Microsoft) и справочных материалов по Visual Studio [Электронный ресурс]. Информационно-справочная система. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/>

ПО для решения широкого спектра научных и прикладных задач:

MathCad 14 – математический пакет (лицензия ОГУ, выделена на каф. ММиМЭ на 10 ПК)

MathWorks MATLAB R2013b + Fuzzy Logic Toolbox + Wavelet Toolbox

Средства для разработки и проектирования Microsoft

Visual Studio

Rad Studio 5 (конкурентная лицензия на факультет на 20 рабочих станций)

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, с подключением к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.