

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Б1.Д.В.Э.3.2 Стохастическая оптимизация»*

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

01.03.04 Прикладная математика  
(код и наименование направления подготовки)

Математическое и компьютерное моделирование  
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2024

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.Э.3.2 Стохастическая оптимизация» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра математических методов и моделей в экономике  
наименование кафедры

протокол № 8 от "5" 02 2024 г.

Заведующий кафедрой  
Кафедра математических методов и моделей в экономике Фот Н.П. Фот  
наименование кафедры подпись расшифровка подписи

Исполнители:  
Доцент кафедры ММиМЭ Раменская А.В. Раменская  
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:  
Председатель методической комиссии по направлению подготовки  
01.03.04 Прикладная математика Фот Н.П. Фот  
код наименование личная подпись расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов  
Фот  
личная подпись расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета Крючкова И.В. Крючкова  
личная подпись расшифровка подписи

№ регистрации \_\_\_\_\_

© Раменская А.В., 2024  
© ОГУ, 2024

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

формирование теоретических знаний о методах оптимизации в условиях влияния случайных факторов на результаты управления и практических навыков их применения к решению практических задач.

**Задачи:**

- изучение задач стохастической оптимизации и подходов к их решению;
- освоение методов построения детерминированных аналогов задач стохастического программирования, освоение прямых методов решения задач стохастического программирования, освоение методов имитационного моделирования для анализа стохастических систем;
- приобретение навыков использования пакетов прикладных программ и разработки собственных программных средств для решения указанных задач.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.21 Математические методы и модели исследования операций, Б1.Д.Б.23 Теория вероятностей и случайных процессов*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

## 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
ПК*-1 Способен переходить от содержательной постановки проблемы к математически формализованному описанию, проводить исследования на основе построенной модели, содержательно анализировать результаты	ПК*-1-В-2 Осуществляет формализованное описание процессов и систем в терминах стохастического моделирования, проводит на их основе количественный и качественный анализ	<b>Знать:</b> подходы к решению задач исследования операций в случае наличия влияния на результат случайных факторов, современные прикладные программные средства для их решения, методы и современные системы имитационного моделирования <b>Уметь:</b> осуществлять формализованную постановку задач исследования операций в случае наличия влияния на результат случайных факторов, обосновывать выбор метода решения таких задач, проверять адекватность построенной модели, проводить анализ результатов моделирования, строить имитационные модели процессов и систем и проводить на их основе количественный и качественный анализ <b>Владеть:</b> навыками построения моделей стохастической оптимизации, проверки их адекватности, интерпретации количественных и качественных результатов моделирования, в том числе имитационного моделирования
ПК*-2 Способен осуществлять математическое и	ПК*-2-В-2 Применяет современные математические и	<b>Знать:</b> виды моделей стохастической оптимизации, математические постановки задач стохастического программирования для решения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
компьютерное моделирование для анализа рисков и выработки оптимальных решений в различных отраслях	инструментальные средства для моделирования, анализа рисков и выработки решений по оптимизации социальных, экономических, производственных процессов и систем	<p>поставленных задач, подходы к решению задач стохастической оптимизации, теоретические основы методов имитационного моделирования</p> <p><b>Уметь:</b> применять соответствующую процессу модель стохастической оптимизации и проверять её адекватность, проводить анализ результатов моделирования, принимать решение на основе полученных результатов, строить имитационные модели социальных, экономических, производственных процессов и систем</p> <p><b>Владеть:</b> навыками построения и анализа моделей стохастической оптимизации, навыками разработки имитационных моделей для выработки решений по оптимизации социальных, экономических, производственных процессов и систем</p>
	ПК*-2-В-3 Разрабатывает и/или применяет детерминированные и стохастические модели для анализа и выработки решений по управлению процессами и системами в различных отраслях	<p><b>Знать:</b> математические постановки задач стохастического программирования для решения поставленных задач, концепции имитационного моделирования</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать соответствующую процессу модель стохастической оптимизации и/или имитационную модель, проверять её адекватность, принимать решение по управлению процессами и системами в различных отраслях</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки моделей стохастической оптимизации и их анализа для выработки решений в различных отраслях, навыками разработки и отладки имитационных моделей для управления процессами и системами в различных отраслях</p>
ПК*-4 Способен использовать знания современных языков программирования, стандартных пакетов прикладных программ, информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", инструментальных средств анализа данных при решении практических задач управления информацией	ПК*-4-В-2 Применяет знания стандартных и специализированных ППП, информационно-телекоммуникационных технологий для решения практических задач анализа данных, математического и компьютерного моделирования процессов и систем	<p><b>Знать:</b> особенности методов решения задач стохастического программирования, современные системы имитационного моделирования</p> <p><b>Уметь:</b> применять знания стандартных и специализированных ППП для решения задач стохастической оптимизации, разрабатывать, тестировать и отлаживать имитационные модели на основе стандартных систем имитационного моделирования для решения практических задач компьютерного моделирования процессов и систем</p> <p><b>Владеть:</b> навыками разработки, отладки и тестирования имитационных моделей в системе имитационного моделирования AnyLogic PLE; навыками разработки собственного программного обеспечения для целей имитационного моделирования.</p>
	ПК*-4-В-3 Применяет знания стандартных ППП,	<b>Знать:</b> классификацию задач стохастической оптимизации, основные этапы имитационного

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	информационно-телекоммуникационных технологий, сети "Интернет" для поиска, обработки и систематизации информации, оформления отчетов по результатам выполненных исследований, представления их в виде презентаций, докладов	моделирования, особенности информационной технологии имитационного моделирования, источники информации для построения стохастических и имитационных моделей <b>Уметь:</b> применять стандартных систем имитационного моделирования для разработки имитационных моделей, оформлять отчеты по результатам проведенного моделирования <b>Владеть:</b> навыками проведения экспериментов с имитационными моделями в системе имитационного моделирования AnyLogic PLE и на основе собственного программного обеспечения и оформления отчетов по результатам проведенных имитационных экспериментов

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	7 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>34,25</b>	<b>34,25</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - изучение разделов курса в системе электронного обучения; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>73,75</b>	<b>73,75</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>диф. зач.</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в стохастическую оптимизацию (СО)	10	2			8
2	Одноэтапные задачи стохастического программирования (СП)	20	4	4		12
3	Прямые методы решения задач СП	18	2	4		12
4	Теоретические основы методов имитационного	20	4	4		12

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	моделирования					
5	Имитационное моделирование дискретных стохастических систем в AnyLogic PLE	24	4	4		12
6	Введение в агентное моделирование	16	2			12
	Итого:	108	18	16		74
	Всего:	108	18	16		74

#### 4.2 Содержание разделов дисциплины

**№ 1 Введение в СО** Предмет, задачи и методы стохастической оптимизации (СО). Классификация задач и методов СО. Постановка задачи СП: критерий оптимальности, решение задачи СП, область допустимых решений. Схема информационного обеспечения процесса принятия решений. Априорные и апостериорные решающие правила.

**№ 2 Одноэтапные задачи СП** Понятие строгой эквивалентности задач оптимизации. Задачи со статистическими и жесткими ограничениями. Детерминированные эквиваленты задач с вероятностными ограничениями. Задачи линейного стохастического программирования с вероятностными ограничениями: с детерминированной и случайной матрицей коэффициентов.

**№ 3 Прямые методы решения задач СП** Задачи и методы стохастической аппроксимации. Виды сходимости случайных последовательностей. Случайные квазифейеровские последовательности. Стохастические квазиградиентные методы: метод проектирования стохастических квазиградиентов, метод сопряженных невязок, метод линеаризации.

**№ 4 Теоретические основы методов имитационного моделирования** Метод Монте-Карло. Генерация случайных величин. Понятие псевдослучайных чисел. Проверка статистических гипотез. Этапы имитационного моделирования. Механизмы задания модельного времени. Обзор систем имитационного моделирования.

#### **№ 5 Имитационное моделирование дискретных стохастических систем в AnyLogic PLE**

Описание системы. Основные библиотеки: основная, пешеходная, железнодорожная, дорожного движения, палитра системной динамики. Компоненты основной библиотеки. Настройка запуска модели. Визуализация результатов моделирования. Задание поведения агентов. Примеры практико-ориентированных моделей.

**№ 6 Введение в агентное моделирование** Понятие агента. Идея моделирования снизу-вверх. Способы задания поведения агентов.

#### 4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1-2	2	Построение детерминированного эквивалента задачи стохастической линейного программирования	4
3-4	3	Реализация прямых методов решения задач СО	4
5-6	4	Программная реализация метода Монте-Карло	4
7	5	Моделирование систем массового обслуживания в AnyLogicPLE	2
8	5	Моделирование стохастических систем в AnyLogicPLE	2
		Итого:	16

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Ржевский, С. В. Исследование операций [Текст] : учебное пособие / С. В. Ржевский. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 480 с.
2. Кобелев, Н. Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. Б. Кобелев. - М. : Дело, 2003. - 336 с.

### 5.2 Дополнительная литература

1. Емельянов, А. А. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума; под ред. А. А. Емельянова. - М. : Финансы и статистика, 2004. - 368 с. - Библиогр.: с. 358-359.
2. Урясьев, С. П. Адаптивные алгоритмы стохастической оптимизации и теории игр [Текст] / С. П. Урясьев. - М. : Наука, 1990. - 182 с.
3. Математические методы и модели исследования операций [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 01.03.04 - Прикладная математика / О. Н. Яркова [и др.]; под ред. А. Г. Реннера ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с этикетки диска. - Систем. требования: Intel Core или аналогич.; Microsoft Windows 7, 8, 10 ; 700 Мб ; монитор, поддерживающий режим 1024x768 ; мышь или аналогич. устройство - ISBN 978-5-7410-2669-4. - гос. регистрации 322103943.
4. Кан, Ю. С. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями [Текст] / Ю. С. Кан, А. И. Кибзун. - М. : Физматлит, 2009. - 372 с.

#### Методические указания

1. Домашова, Д. В. Методы случайного поиска в задачах безусловной оптимизации [Электронный ресурс] : метод. указ. к лаборат. практикуму и самостоят. работе студентов / Д. В. Домашова, Е. Н. Седова; М-во образования и науки РФ, Гос. образов. учреждение высш. проф. образования "ОГУ", Каф. математ. методов и моделей в экономике. - Оренбург : ГОУ ОГУ – 2008. - Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/1537\\_20110816.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/1537_20110816.pdf)
2. Раменская, А. В. Метод Монте-Карло и инструментальные средства его реализации : методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика, 38.04.01 Экономика / А. В. Раменская, К. В. Пивоварова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Оренбург : ОГУ, 2018. - 58 с. - Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/66784\\_20180529.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/66784_20180529.pdf)
3. Имитационное моделирование процессов и систем в GPSS World [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика / сост. А. В. Раменская; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.92 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2022. - 56 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: - Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/166943\\_20220609.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/166943_20220609.pdf)

### 5.3 Периодические издания

1. Информационные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2024.
2. Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2024.

## 5.4 Интернет-ресурсы

1. <http://sysdynamics.ru/> Российское общество системной динамики
2. <http://www.anylogic.ru> - официальный сайт компании системы имитационного моделирования AnyLogic,
3. <https://www.intuit.ru/studies/courses/643/499/info> - Интуит. Каталог курсов «Компьютерное моделирование»
4. <https://www.anylogic.ru/free-simulation-book-and-modeling-tutorials> AnyLogic за 3 дня: практическое пособие по имитационному моделированию от разработчиков
5. [http://www.anylogic.ru/upload/Books\\_ru/Compyuternoe\\_modelirovanie\\_v\\_AnyLogic\\_7\\_Boev\\_VD.pdf](http://www.anylogic.ru/upload/Books_ru/Compyuternoe_modelirovanie_v_AnyLogic_7_Boev_VD.pdf)  
Боев В.Д. Компьютерное моделирование : Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic 7. - СПб. : ВАС, 2014. - 432 с.
6. Боев, В.Д. Концептуальное проектирование систем в Anylogic 7 и GPSS World. Электронный курс лекций: <http://www.intuit.ru/studies/courses/13846/1243/info>

## 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи MTS Link
4. Яндекс.Браузер - браузер, созданный компанией «Яндекс» на основе движка (бесплатная версия) Режим доступа: <https://browser.yandex.ru>.
5. Свободная среда разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования Python Anaconda
6. Свободная среда разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования R Rstudio
7. Программное обеспечение для имитационного моделирования AnyLogic Personal Learning Edition
8. Общецелевая система имитационного моделирования GPSS World Student Version
9. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2023]. – Режим доступа в сети ОГУ для установки системы: <\\fileserv1\GarantClient\garant.exe>
10. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2023]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: <\\fileserv1\CONSULT\cons.exe>
11. <http://edu.garant.ru/garant/study/> Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей

## 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.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.