

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
вычислительной математики и математической геофизики
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИВМиМГ СО РАН)**



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Численное моделирование случайных процессов и полей

Научная специальность:

- 1.1.6. Вычислительная математика (физико-математические)
- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические, технические науки)

Уровень подготовки: Подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения: очная

Новосибирск 2022

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Численное моделирование случайных процессов и полей» реализуется в рамках Блока 2 Образовательный компонент -образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВМиМГ СО РАН) по научным специальностям

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;

1.1.6. Вычислительная математика.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 2 зач.ед. (72 часа), из них лекций -12 часов, семинарских занятий – 18 часов, контроля самостоятельной работы – 8 часа и самостоятельной работы – 34 часов. Дисциплина реализуется на 2 или 3 курсе, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 1 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Численное моделирование случайных процессов и полей» является приобретение обучающимися теоретических знаний и практических навыков, связанных со статистическим моделированием случайных процессов и полей с заданными вероятностными свойствами, с использованием изученных алгоритмов для решения различных прикладных задач.

Для достижения цели ставятся следующие **задачи освоения дисциплины**:

- изучение теоретических основ методов Монте-Карло;
- обучение численному моделированию случайных процессов и полей;
- применение изученных методов для решения прикладных задач, связанных со стохастическим моделированием реальных природных, социальных и технологических процессов (например, метеорологических процессов при исследовании экстремальных погодных условий; атмосферных процессов в динамико-вероятностных моделях; ценовых рядов, информационных потоков и т.д.)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Иметь представление:

- о тенденциях в развитии и приложениях методов и алгоритмов моделирования случайных процессов и полей с заданной статистической структурой;
- о статистической структуре природных и технологических процессов, для построения и изучения которых используются методы и алгоритмы моделирования случайных процессов и полей;
- о методах оценивания входных параметров моделей реальных процессов и полей по данным реальных наблюдений и характеристик для их верификации;

- об использовании численных моделей случайных процессов и полей для исследования точности статистического оценивания реальных процессов в условиях ограниченного объема выборки;
- о подходах к построению нестационарных процессов и неоднородных полей;
- о тенденциях в развитии и приложениях методов и численного моделирования стохастических процессов по данным наблюдений;
- об использовании параметрических численных моделей метеорологических процессов и полей в задачах исследования влияния изменения климата на различные природные процессы;
- о методах построения динамико-вероятностных моделей метеорологических процессов;
- об использовании численных моделей случайных процессов и полей для исследования точности статистического оценивания характеристик реальных процессов в условиях ограниченного объема выборки и специфики рассматриваемого элемента;
- о методах моделирования нестационарных процессов и неоднородных полей;
- о специальных методах моделирования негауссовых процессов и полей;
- о методах исследования сходимости численных моделей случайных полей.

Знать:

- существующие методы и алгоритмы численного моделирования гауссовых и негауссовых стационарных и периодически коррелированных процессов дискретного времени;
- существующие методы и алгоритмы численного моделирования гауссовых и негауссовых однородных и однородных изотропных полей дискретного аргумента;
- обоснование алгоритмов, вычислительные особенности и методы контроля точности моделирования;
- условия стационарности скалярных и векторных процессов авторегрессии;
- методы и алгоритмы моделирования условных процессов и полей дискретного аргумента (в том числе – с учетом специфики моделируемого метеорологического элемента);
- существующие численные стохастические модели временных рядов температуры, скорости ветра, осадков и других метеорологических элементов и их комплексов;
- условия совместности корреляций и маргинальных распределений случайных функций;
- критерии сходимости приближенных численных моделей случайных процессов и полей.

Приобрести опыт:

- реализации алгоритмов на персональных компьютерах и параллельных вычислительных системах;
- исследования точности моделирования процессов и полей с заданными свойствами;
- тестирования алгоритмов;
- выбора и использования алгоритмов моделирования для решения прикладных задач;
- построения численных стохастических моделей реальных процессов на персональных компьютерах и параллельных вычислительных системах;
- работы с массивами данных наблюдений, исследования статистических характеристик рядов и полей различных метеорологических элементов;
- верификации и исследования сходимости и погрешности стохастических моделей

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Всего	
	зач.ед.	час.
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	2	72
<i>Аудиторные занятия</i>		<i>38</i>
Лекции (Л)		12
Практические занятия (ПЗ)		
Семинары (С)		18
Контроль самостоятельной работы (КСР)		8
<i>Самостоятельная работа (СР):</i>		<i>34</i>
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение теоретического курса.		
<i>Вид промежуточной аттестации:</i>	<i>Экзамен</i>	

2.2. Содержание разделов дисциплины

Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Аудиторные часы	Самостоятельная работа
1. Алгоритмы численного моделирования дискретных гауссовских процессов и полей	Аудиторные часы: Классы гауссовских процессов и полей дискретного аргумента с ковариационными матрицами теплицева и блочно-теплицева вида с примерами. Сравнительный анализ различных методов моделирования гауссовских векторов с произвольной ковариационной матрицей. Алгоритмы Дурбина и Левинсона для решения систем линейных уравнений с теплицевыми матрицами. Метод условных распределений для моделирования гауссовских векторов с теплицевой корреляционной матрицей. Регуляризация алгоритма Дурбина для решения систем уравнений Юла-Уолкера, используемых при моделировании гауссовских векторов на основе метода условных распределений. Скалярные авторегрессионные процессы с заданной корреляционной	8	8

	<p>структурой. Условия стационарности.</p> <p>Самостоятельная работа:</p> <p>Теоретически и численно исследовать свойства алгоритмов моделирования случайных последовательностей, построить тестовые примеры для различных корреляционных матриц, для которых, для которых алгоритм не является вычислительно устойчивым или не устойчивым. Исследовать причины неустойчивости и выработка рекомендации по использованию алгоритмов и методов регуляризации.</p> <p>Самостоятельно разобрать и численно исследовать метод регуляризации, основанный на сдвоенном алгоритме Дурбина.</p> <p>Решение предлагаемых в процессе обучения задач, необходимых для углубленного усвоения материала данного раздела.</p>		
2. Особенности построения условных и многомерных гауссовских моделей	<p>Аудиторные часы:</p> <p>Алгоритмы метода условных распределений для моделирования векторных гауссовских последовательностей с блочно-теплицевыми ковариационными матрицами.</p> <p>Модификация алгоритмов для моделирования однородных и неоднородных изотропных полей на регулярных сетках.</p> <p>Специальные алгоритмы численного моделирования однородных и однородных изотропных гауссовских полей.</p> <p>Специальные алгоритмы численного моделирования гауссовских трехмерных полей.</p> <p>Самостоятельная работа:</p> <p>Решение задач, необходимых для углубленного усвоения материала данного раздела.</p>	10	10
3. Негауссовские дискретные стохастические модели. Прикладные аспекты	<p>Аудиторные часы:</p> <p>Численные алгоритмы моделирования негауссовских скалярных и векторных процессов и полей с использованием специальных нелинейных преобразований</p>	10	8

	<p>построения стохастических моделей</p> <p>гауссовских процессов и полей. Численные алгоритмы моделирования бинарного процесса. Алгоритмы на основе порогового преобразования гауссова процесса. Марковские модели бинарных процессов различной степени связности. Алгоритмы моделирования случайных процессов дискретного аргумента с одномерным распределением в виде смеси двух нормальных распределений. Алгоритмы численного моделирования условно распределенных случайных процессов и полей и их использование для решения практических задач. Методы стохастической интерполяции. Модели на точечных потоках. Специальные методы построения негауссовых процессов.</p> <p>Самостоятельная работа:</p> <p>Решение предлагаемых в процессе обучения задач, необходимых для углубленного усвоения материала. Изучение литературы, связанной с применением методов моделирования случайных процессов и полей для решения прикладных задач</p>		
<p>4. Построение и использование численных стохастических моделей метеорологических процессов и полей для решения задач статистической метеорологии</p>	<p>Аудиторные часы:</p> <p>Основные принципы построения численных стохастических моделей геофизических процессов и полей. Численные стохастические модели временных рядов температуры воздуха, компонентов скорости ветра и полей осадков. Исследование статистических характеристик опасных метеорологических событий с помощью численных стохастических моделей, оценка вероятности весенне-летних заморозков на основе стохастических моделей. Использование стохастических моделей для построения различных типов динамико-вероятностных моделей атмосферных процессов. Оценка входных характеристик и параметров моделей по реальным данным. Верификация моделей.</p>	10	8

	Самостоятельная работа: изучение литературы, составление рефератов.	
--	---	--

2.3 Самостоятельная работа аспиранта

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Часы на выполнение
1	Алгоритмы численного моделирования дискретных гауссовских процессов и полей	8

Литература: 1. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – Москва: Наука, 1982. – 240 с.
 2. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – Москва: Наука, 1973. – 258 с.
 3. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло. – Новосибирск: Наука, 1974. – 127 с.
 4. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Университетский учебник. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 367 с.
 5. Ogorodnikov V.A., Prigarin S.M. Numerical Modelling of Random Processes and Fields: Algorithms and Applications. – VSP, Utrecht, the Netherlands, 1996. – 240 p.
 6. Огородников В.А. Моделирование случайных процессов -1. Учебное пособие/ Новосибирский государственный университет, 2011, 154 с.

http://mmf.nsu.ru/resources/nruhttp://osmf.sssc.ru/~smp/Ogorodnikov/%D0%9E%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%A3%D0%A7%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%9C%D0%9F%D0%A1-1_2011.pdf

Дополнительная литература:

1. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ.- М.: Государственное издание физико-математической литературы. Москва, 1963. -500 с.
2. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
3. Воеводин В.В., Тыртышников Е.Е. Вычислительные процессы с теплицевыми матрицами. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
4. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1990. – 584 с.

2	Особенности построения условных и многомерных гауссовских моделей	10
---	--	----

Литература:

1. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – Москва: Наука, 1982. – 240 с.
2. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – Москва: Наука, 1973. – 258 с.
3. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло. – Новосибирск: Наука, 1974. – 127 с.
4. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Университетский учебник. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 367 с.
5. Ogorodnikov V.A., Prigarin S.M. Numerical Modelling of Random Processes and Fields: Algorithms and Applications. – VSP, Utrecht, the Netherlands, 1996. – 240 p.
6. Огородников В.А. Моделирование случайных процессов -1. Учебное пособие/ Новосибирский государственный университет, 2011, 154 с.

http://mmf.nsu.ru/resources/nruhttp://osmf.ssc.ru/~smp/Ogorodnikov/%D0%9E%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%A3%D0%A7%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%9C%D0%9F%D0%A1-1_2011.pdf

Дополнительная литература:

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
2. Воеводин В.В., Тыртышников Е.Е. Вычислительные процессы с теплицевыми матрицами. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
3. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1990. – 584 с.

3

**Негауссовские дискретные стохастические модели.
Прикладные аспекты построения стохастических моделей**

8

Литература: 1. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – Москва: Наука, 1982. – 240 с.

2. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – Москва: Наука, 1973. – 258 с.
3. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло. – Новосибирск: Наука, 1974. – 127 с.
4. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Университетский учебник. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 367 с.
5. Ogorodnikov V.A., Prigarin S.M. Numerical Modelling of Random Processes and Fields: Algorithms and Applications. – VSP, Utrecht, the Netherlands, 1996. – 240 p.
6. Огородников В.А. Моделирование случайных процессов -1. Учебное пособие/ Новосибирский государственный университет, 2011, 154 с.

http://mmf.nsu.ru/resources/nruhttp://osmf.ssc.ru/~smp/Ogorodnikov/%D0%9E%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%A3%D0%A7%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%9C%D0%9F%D0%A1-1_2011.pdf

Дополнительная литература:

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
2. Бокс Дж., Дженкинс Т. Анализ временных рядов (пер. с англ.). Прогноз и управление. –М.: Мир, 1974. – 308 с.
3. Драган Я.П., Рожков В.А., Яворский И.Н. Методы вероятностного анализа ритмики океанологических процессов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 320 с.
4. Кашьяп Р.Л.,Рао А.Р. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. – М.: Наука, 1983. – 384 с.
5. Марченко А.С., Сёмочкин А.Г. ФФФ – метод моделирования временных рядов по наблюдаемым реализациям // Численные методы статистического моделирования. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1987. – С.14-22.
6. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1990. – 584 с. 24
7. Михайлов Г.А. Моделирование случайных процессов и полей на основе точечных потоков Пальма. – Докл. АН СССР, 1982, т. 3, N 3. -С. 531-535.
8. Огородников В.А. Некоторые свойства оценок пороговых уровней длительных похолоданий. // Методы статистического моделирования. Новосибирск, 1986. -С. 25-34.

9. Огородников В.А. О динамико-вероятностном прогнозе. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана, т. 11, № 8, 1975. -С. 851-853.
10. Огородников В.А. Моделирование трёхмерных полей геопотенциала с заданной статистической структурой. // Методы Монте-Карло в вычислительной математике и математической физике. – Новосибирск, 1979. -С.73-78.
11. Огородников В.А. Один способ моделирования гауссовых временных рядов с корреляционными функциями специального вида. Известия АН СССР, Техническая кибернетика, N 5, 1987, С.
12. Пригарин С.М. Методы численного моделирования случайных процессов и полей. – Новосибирск, 2005. 258 с.
13. Рожков В.А., Трапезников Ю.А. Вероятностные модели океанологических процессов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. -272 с
14. Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977, – 296 с.
15. Хеннан Э. Многомерные временные ряды (пер. с англ.). – М.: Мир, 1971, -576 с.
16. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. – Л.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

4	Построение и использование численных стохастических моделей метеорологических процессов и полей для решения задач статистической метеорологии	8
---	--	---

Основная литература:

1. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – Москва: Наука, 1982. – 240 с.
2. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – Москва: Наука, 1973. – 258 с.
3. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло. – Новосибирск: Наука, 1974. – 127 с.
4. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Университетский учебник. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 367 с.
5. Ogorodnikov V.A., Prigarin S.M. Numerical Modelling of Random Processes and Fields: Algorithms and Applications. – VSP, Utrecht, the Netherlands, 1996. – 240 p.
6. Огородников В.А. Моделирование случайных процессов -1. Учебное пособие/ Новосибирский государственный университет, 2011, 154 с.

http://mmf.nsu.ru/resources/nruhttp://osmf.ssc.ru/~smp/Ogorodnikov/%D0%9E%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%A3%D0%A7%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%9C%D0%9F%D0%A1-1_2011.pdf

Дополнительная литература:

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
2. Бокс Дж., Дженкинс Т. Анализ временных рядов (пер. с англ.). Прогноз и управление. –М.: Мир, 1974. – 308 с.
3. Глуховский А.Б. О статистическом моделировании метеорологических полей. – Известия АН СССР, Физика атмосферы и океана. – 1969. – Т. 5, № 7. – С. 724-729.
4. Драган Я.П., Рожков В.А., Яворский И.Н. Методы вероятностного анализа ритмики океанологических процессов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 320 с.
5. Кашьяп Р.Л.,Рао А.Р. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. – М.: Наука, 1983. – 384 с.

6. Марченко А.С., Сёмочкин А.Г. ФФФ – метод моделирования временных рядов по наблюдаемым реализациям // Численные методы статистического моделирования. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1987. – С.14-22.
7. Марченко А.С., Минакова Л.А. Вероятностная модель временных рядов температуры воздуха // Метеорология и гидрология, 1980, N 9.
8. Марченко А.С., Огородников В.А. вероятностны модели последовательности сухих и дождливых суток. // Препринт ВЦ СО АН СССР № 933, Новосибирск 199
9. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1990. – 584 с.
10. Огородников В.А. Некоторые свойства оценок пороговых уровней длительных похолоданий. // Методы статистического моделирования. Новосибирск, 1986. -С. 25-34.
11. Огородников В.А. О динамико-вероятностном прогнозе. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана, т. 11, No 8, 1975. -С. 851-853.
12. Огородников В.А. Моделирование трёхмерных полей геопотенциала с заданной статистической структурой. // Методы Монте-Карло в вычислительной математике и математической физике. – Новосибирск, 1979. -С.73-78.
13. Пригарин С.М. Методы численного моделирования случайных процессов и полей. – Новосибирск, 2005. 258 с.
14. Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977, – 296 с.
15. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. – Л.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

3. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в обсуждениях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем дисциплины.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по четырехбалльной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Промежуточная аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме **экзамена** в соответствии с локальным актом ИВМиМГ СО РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИВМиМГ

СО РАН по программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме **экзамена** в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса. Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и/или невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на экзамене по четырехбалльной системе (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка экзамена (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Отлично</i>	Аспирант демонстрирует всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, а также умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой; в полном объеме усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии.
<i>Хорошо</i>	Аспирант демонстрирует полное знание учебно-программного материала; успешно выполнил предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; показал систематический характер знаний в области численного моделирования случайных процессов и полей и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний.
<i>Удовлетворительно</i>	Аспирант демонстрирует знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для предстоящей работы; в целом справился с выполнением заданий, предусмотренных программой; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. При этом, хотя аспирант допускает погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, у него есть необходимые знания для их устранения под руководством преподавателя.
<i>Неудовлетворительно</i>	Аспирант при ответе обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
Опрос, Дискуссия	Текущая	Подготовка и ответ на семинарском занятии по заданным вопросам Обсуждение проблематики предмета
Домашнее задание: проверочные работы	Текущая	Домашнее задание

Экзамен	Промежуточная	Вопросы к экзамену
---------	---------------	--------------------

Промежуточный контроль. Вопросы к экзамену.

Раздел 1

1. Классы гауссовских процессов и полей дискретного аргумента, для описания ковариационной структуры которых используются теплицевые и блочно-теплицевые матрицы.
2. Общие методы моделирования гауссовских векторов.
3. Метод условных распределений для моделирования гауссовских векторов с теплицевой корреляционной матрицей.
4. Алгоритмы Дурбина и Левинсона для решения систем линейных уравнений с теплицевыми матрицами.
5. Регуляризация алгоритма Дурбина для решения систем уравнений Юла-Уолкера.
6. Процессы авторегрессии. Условия стационарности.
7. Скалярные авторегрессионные процессы с заданной корреляционной функцией в первых m точках. Условие стационарности. Формулировка, доказательство.
8. Моделирование векторных гауссовских последовательностей с блочно-теплицевыми ковариационными матрицами.
9. Моделирование однородных и однородных изотропных гауссовских полей дискретного аргумента на основе метода условных распределений.
10. Численное моделирование однородных гауссовских полей с корреляционными матрицами в виде прямого произведения двух корреляционных матриц.
11. Векторные процессы авторегрессии. Условия стационарности.
12. Периодически коррелированные процессы. Численное моделирование периодически коррелированных гауссовских процессов.
13. Моделирование индикаторных процессов на основе порогового преобразования гауссовского процесса.
14. Марковские модели бинарных процессов различной степени связности. Распределение вероятностей длительности серий из нулей и единиц в марковском однородном бинарном процессе. Численные модели временных рядов индикаторов осадков.
15. Алгоритмы моделирования случайных процессов дискретного аргумента с одномерным распределением в виде смеси двух нормальных распределений.
16. Алгоритмы численного моделирования условно распределенных случайных процессов и полей и их использование для решения практических задач. Примеры.
17. Численные модели негауссовских процессов на пуассоновских потоках. Примеры стационарных, периодически коррелированных и нестационарных процессов.
18. Специфика численных негауссовских моделей на потоках Пальма.
19. Численные модели негауссовских процессов на регулярных потоках. Примеры стационарных и периодически коррелированных процессов.
20. Кусочно-постоянное восполнение однородных полей с узлов регулярной сетки на всю область с сохранением исходных свойств поля.

Раздел 2

1. Основные принципы построения численных стохастических моделей реальных метеорологических процессов и полей.
2. Оценка одномерных распределений, методы аппроксимации эмпирических распределений непрерывными функциями.
3. Оценка корреляционных функций стационарных скалярных, векторных и периодически коррелированных скалярных процессов. Методы оценивания корреляционной функции однородного поля по данным с неравномерно расположенных метеорологических станций.

4. Методы верификация модели.
5. Примеры использования численных стохастических моделей метеорологических процессов и полей для решения задач статистической метеорологии.
6. Методы численного исследования статистических характеристик опасных метеорологических событий с помощью численных стохастических моделей.
7. Методы исследования воздействия случайных метеорологических процессов на различные природные и технологические процессы и объекты.
8. Принципы построения численной стохастической модели временных рядов среднесуточной температуры воздуха в стационарном приближении на основе реальных данных. Численная стохастическая модель временных рядов температуры воздуха с учетом суточного хода параметров распределения на основе реальных данных. Оценка на основе модели вероятности весенне-летних заморозков.
9. Использование стохастических моделей условно распределенных двумерных полей метеоэлементов в задачах учета начальной неопределенности в начальных данных, обусловленной интерполяцией данных с метеорологических станций в узлы сетки.
10. Методы интерполяции корреляционных функций и случайных процессов.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – Москва: Наука, 1982. – 240 с.
2. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – Москва: Наука, 1973. – 258 с.
3. Михайлов Г.А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло. – Новосибирск: Наука, 1974. – 127 с.
4. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Университетский учебник. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 367 с.
5. Ogorodnikov V.A., Prigarin S.M. Numerical Modelling of Random Processes and Fields: Algorithms and Applications. – VSP, Utrecht, the Netherlands, 1996. – 240 p.
6. Огородников В.А. Моделирование случайных процессов -1. Учебное пособие/ Новосибирский государственный университет, 2011, 154 с.

http://mmf.nsu.ru/resources/nruhttp://osmf.ssc.ru/~smp/Ogorodnikov/%D0%9E%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%A3%D0%A7%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%9C%D0%9F%D0%A1-1_2011.pdf

Дополнительная литература

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
2. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. – М.: Сов. радио, 1971. – 328 с.
3. Бокс Дж., Дженкинс Т. Анализ временных рядов (пер. с англ.). Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. – 308 с.
4. Воеводин В.В., Тыртышников Е.Е. Вычислительные процессы с теплицевыми матрицами. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
5. Глуховский А.Б. О статистическом моделировании метеорологических полей. – Известия АН СССР, Физика атмосферы и океана. – 1969. – Т. 5, № 7. – С. 724-729.
6. Дерин Х., Келли П. Случайные процессы марковского типа с дискретными аргументами. – ТИИЭР – 1989. – Т. 77, №. 10. – С. 42-71.

7. Драган Я.П., Рожков В.А., Яворский И.Н. Методы вероятностного анализа ритмики океанологических процессов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 320 с.
8. Кашьяп Р.Л., Рао А.Р. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. – М.: Наука, 1983. – 384 с.
9. Марченко А.С., Огородников В.А. Моделирование стационарных гауссовских последовательностей большой длины с произвольной корреляционной функцией // Журн. вычисл. математики и матем. физики – 1984. – Т. 24, № 10. – С. 1514-1519.
10. Марченко А.С., Сёмочкин А.Г. ФФФ – метод моделирования временных рядов по наблюдаемым реализациям // Численные методы статистического моделирования. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1987. – С.14-22.
11. Марченко А.С., Огородников В.А. Авторегрессионные процессы с заданной корреляционной структурой. // Известия вузов, Математика, 1985, №. 7. -С. 63-67.
12. Марченко А.С., Минакова Л.А. Вероятностная модель временных рядов температуры воздуха // Метеорология и гидрология, 1980, N 9.
14. Марченко А.С., Огородников В.А. вероятностны модели последовательности сухих и дождливых суток. // Препринт ВЦ СО АН СССР № 933, Новосибирск 199
15. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М: Мир, 1990. – 584 с. 24
16. Михайлов Г.А. Моделирование случайных процессов и полей на основе точечных потоков Пальма. – Докл. АН СССР, 1982, т. 3, N 3. -С. 531-535.
17. Огородников В.А. Некоторые свойства оценок пороговых уровней длительных походений. // Методы статистического моделирования. Новосибирск, 1986. -С. 25-34.
18. Огородников В.А. О динамико-вероятностном прогнозе. Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана, т. 11, № 8, 1975. -С. 851-853.
19. Огородников В.А. Моделирование трёхмерных полей геопотенциала с заданной статистической структурой. // Методы Монте-Карло в вычислительной математике и математической физике. – Новосибирск, 1979. -С.73-78.
20. Огородников В.А. Моделирование трёхмерных полей геопотенциала с заданной статистической структурой. // Методы Монте-Карло в вычислительной математике и математической физике. – Новосибирск, 1979. -С.73-78.
21. Огородников В.А. Один способ моделирования гауссовых временных рядов с корреляционными функциями специального вида. Известия АН СССР, Техническая кибернетика, N 5, 1987, С.
22. Пригарин С.М. Методы численного моделирования случайных процессов и полей. – Новосибирск, 2005. 258 с.
23. Рожков В.А., Трапезников Ю.А. Вероятностные модели океанологических процессов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. -272 с
24. Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977, – 296 с.
25. Хеннан Э. Многомерные временные ряды (пер. с англ.). – М.: Мир, 1971, -576 с.
26. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. – Л.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
27. Robinson T.A. Multichannel time series analysis and digital computer programs. – S.F.: Holden DAY, 1967.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Библиография по методам Монте-Карло (электронная):

<http://www.prometeus.nsc.ru/archives/exhibit2/monkar.ssi>

2. Датчики псевдослучайных чисел: <http://osmf.ssscc.ru/~smp/>.

5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения интерактивных методов обучения для чтения лекций необходима аудитория с мультимедиа.

6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения реализации дисциплины используются стандартный комплект программного обеспечения (ПО) Windows, MS Office.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные занятия (в контактной форме и в on-line режиме). Материалы лекционного курса увязываются с передовыми исследованиями везде, где это допускается уровнем знаний и подготовки аспирантов. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей научной литературе. По темам, рассматриваемым на лекции и изучаемым самостоятельно, проводятся семинары, обсуждение в виде дискуссии, проводятся консультации.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИВМиМГ СО РАН, протокол №10 от «03» 06 2022г.

Председатель Ученого Совета _____ М.А. Марченко

Исполнитель: Огородников Василий Александрович, д.ф.-м.н., профессор НГУ, доцент по специальности 01.01.07-вычислительная математика, главный научный сотрудник лаборатории стохастических задач ИВМиМГ СО РАН

Согласовано:

Зам. директора по научной работе _____ А.В. Пененко