

**Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Гидрометеорологический научно- исследовательский центр Российской
Федерации»
(ФГБУ «Гидрометцентр России»)**

Утверждаю

Директор ФГБУ "Гидрометцентр России"

С.В.Борщ

"_5_" _июля_ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Статистические методы в прогнозировании метеоэлементов»

Направление подготовки

05.06.01 - «Науки о земле»

1.6.18 - «Науки об атмосфере и климате»

Форма обучения: очная, заочная

Москва, 2022 г.

Программа учебной дисциплины «Статистические методы в прогнозировании метеоэлементов». Для аспирантов по направлению подготовки: 05.06.01 – Науки о Земле;
1.6.18 - «Науки об атмосфере и климате»

Сост. В.А.Муравьев, М.: ФГБУ «Гидрометцентр России», 2015.

СОСТАВИТЕЛЬ
Доктор физико-математических наук
В.А.Муравьев

ОБСУЖДЕНА И ОДОБРЕНА
Программа обсуждена и одобрена на заседании Ученого совета
ФГБУ «Гидрометцентр России»

Протокол № от « » 2022 г.

1. Характеристика дисциплины «Статистические методы в прогнозировании метеоэлементов».

Целью курса является формирование у аспирантов системных знаний в области современных статистических методов, используемых в метеорологическом прогнозировании, специфике методик. Задачи курса следующие:

- охарактеризовать особенности статистических характеристик метеорологических параметров;
- раскрыть специфику методик, лежащих в основе статистических методов исследования метеорологических параметров;
- сформировать представления об основных подходах к решению задач с помощью статистических методик;
- способствовать владению методиками работы в терминах статистического прогнозирования;
- содействовать развитию способностей к самостоятельной исследовательской, управленческой, организационной деятельности для использования современных статистических методик в прогнозировании погоды.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Дисциплина «Статистические методы в прогнозировании метеоэлементов» относится к блоку вариативных дисциплин. Дисциплина изучается в 3 и 4-ом семестрах при очной и заочной формах обучения. Общая трудоемкость дисциплины – 6 зач. ед. (216 академических часа). Промежуточная аттестация – зачет.

3. Матрица связи дисциплины и компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины «Статистические методы в прогнозировании метеоэлементов»

	Наименование составляющих компетенций	Перечень планируемых результатов
УК1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	ЗНАТЬ: <ul style="list-style-type: none">• сущность современных статистических методов, используемых в прогнозе погоды,• методологию и организацию использования статистических методов для прогноза погоды
УК5	Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития в соответствии с уровнем образования	<ul style="list-style-type: none">• основы методологии разработки статистических методик и о научном инструментарии разработки статистических методик для прогнозирования погоды
ОПК1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с	УМЕТЬ: <ul style="list-style-type: none">• сформулировать цели, задачи и содержание процесса исследования статистических связей, используемых в метеорологии;• самостоятельно осуществлять

	использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методик статистического исследования и информационно-коммуникационных технологий;
ПК-1	Понимание природы физических процессов в атмосфере и гидросфере для прогнозирования погоды, самостоятельного проведения научно-исследовательской работы и получения научных результатов, удовлетворяющих требованиям к выпускной квалификационной работе, в том числе к содержанию диссертации на соискание ученой степени кандидата наук соответствующей направленности.	<ul style="list-style-type: none"> использовать полученные знания и навыки (владение методологией анализа современных подходов к прогнозированию погоды, формирование навыков исследовательской работы в области прогнозирования). ВЛАДЕТЬ: <ul style="list-style-type: none"> технологией конкретных методов статистических исследований, которые наиболее широко используются в изучение синоптических процессов для целей прогнозирования погоды навыками научных исследований, методами анализа и интерпретации результатов для создания и апробации методов прогноза погоды; технологиями инновационного и современного подхода в области статистического анализа результатов всевозможных методов прогноза погоды.
ПК-2	Умение профессионально пользоваться метеорологическими базами данных и специальными коммуникационными средствами	
ПК-3	Умение применять полученные знания в прогнозировании погоды методами в соответствии с направленностью	

<i>Коды компетенций</i>	<i>Компетенция</i>	<i>Уровни проявления компетенции</i>	<i>Описания признаков проявления компетенции на разных уровнях</i>
-------------------------	--------------------	--------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

		Минимальный уровень компетентности	- Способен самостоятельно готовить первичный материал с использованием коммуникационных технологий по обозначенной тематике.
ПК1	Понимание природы физических процессов в атмосфере и гидросфере для прогнозирования погоды, самостоятельного проведения научно-исследовательской работы и получении научных результатов, удовлетворяющих требованиям к выпускной квалификационной работе, в том числе к содержанию диссертации на соискание ученой степени кандидата наук соответствующей направленности.	Высокий уровень компетентности	- Способен проводить исследования, владеть методологией статистического анализа современных синоптических методов прогноза погоды. - Способен владеть технологиями работы с метеорологическими базами данных.

ПК2	Умение профессионально пользоваться метеорологическими базами данных и специальными коммуникационными средствами	Базовый уровень компетентности	<ul style="list-style-type: none"> -Способен проводить статистический анализ современных методов синоптического прогноза погоды. - Способен владеть технологиями работы с метеорологическими базами данных.
ПК3	Умение применять полученные знания в прогнозировании погоды методами в соответствии с направленностью	Минимальный уровень компетентности	<ul style="list-style-type: none"> - Способен собирать и обрабатывать первичный материал по проблемам современных статистических методов, используемых в прогнозировании.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, всего 216 часов из которых 72 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем, 108 часов составляет самостоятельная работа аспиранта, 36 часов составляет контроль за выполнением заданий.

по очной форме обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		2	3		
Аудиторные занятия (всего)	72	36	36		
<i>В том числе:</i>					
Лекции	36	18	18		
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18		
Семинары (С)	Не предусмотрено				
Лабораторные работы (ЛР)	Не предусмотрено				
Самостоятельная работа (всего)	108	54	54		
<i>В том числе:</i>					
Реферат	Не предусмотрено				
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации (зачет , экзамен)	36	18	18		
Общая трудоемкость час	216	108	108		

по заочной форме обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		2	3		
Аудиторные занятия (всего)	72	36	36		
<i>В том числе:</i>					
Лекции	36	18	18		
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18		
Семинары (С)	Не предусмотрено				
Лабораторные работы (ЛР)	Не предусмотрено				
Самостоятельная работа (всего)	108	54	54		
<i>В том числе:</i>					
Реферат	Не предусмотрено				
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации (зачет , экзамен)	36	18	18		
Общая трудоемкость час	216	108	108		

5. Содержание дисциплины «Статистические методы в прогнозировании метеозаэлементов»:

№	Тема	Содержание
1.	Тема 1. Основы теории вероятностей.	Основы теории вероятностей. Понятие вероятностного пространства. Случайное событие и вероятность. Случайная величина и функция распределения. Математическое ожидание. Условная вероятность и условное

		<p>математическое ожидание. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема</p>
2.	<p>Тема 2. Математические и прикладные аспекты статистики. Методологические и практические особенности статистики.</p>	<p>Математические и прикладные аспекты статистики. Методологические и практические особенности статистики. Два основных подхода в современной статистике: исследование статистических структур и принятие решений в условиях риска. Описательная статистика и современные методы «добычи данных» (data mining). Применение статистических методов в гидрометеорологии на последовательных этапах: (1) подготовка данных, (2) анализ, (3) моделирование и прогноз, (4) оценка качества прогнозов. Изменение статистических характеристик многокомпонентного вектора (включая накопление ошибок) при преобразованиях данных.</p>
3.	<p>Тема 3. Разведочный анализ данных. Основные цели и свойства разведочного метода. Численные меры положения, разброса и симметрии.</p>	<p>Разведочный анализ данных. Основные цели и свойства разведочного метода. Численные меры положения, разброса и симметрии. Графические методы разведочного анализа: гистограммы, квантильные диаграммы размаха, подгонки функций плотности распределений. Разведочный анализ двумерных данных: диаграммы размаха, эмпирические корреляции, ранговые корреляции Спирмена и Кендалла, сериальная корреляция и автокорреляционная функция</p>
4.	<p>Тема 4. Параметрическое распределение вероятностей и оценки параметров.</p>	<p>Сопоставление параметров распределения и выборочных статистик. Дискретные и непрерывные распределения. Распределение экстремальных значений случайных величин. Смеси распределений. Включение распределения ошибок и понятие робастного оценивания. Критерии согласия: аппроксимация гистограмм непрерывными функциями плотности, квантиль-квантильные диаграммы и сопоставление с нормальным распределением. Оценка параметров с помощью метода максимального правдоподобия; выборочное распределение оценок максимального правдоподобия. Статистическое моделирование распределений с помощью генераторов случайных чисел.</p>
5.	<p>Тема 5. Статистическая проверка гипотез. Сопоставление параметрического и непараметрического тестирований.</p>	<p>Сопоставление параметрического и непараметрического тестирований. Основные элементы процедуры проверки гипотез: критериальная статистика (опорная), нулевая и альтернативная гипотеза, критическая функция и критическая область. Типы ошибок принятия гипотез и мощность статистического критерия. Особенности критической области: одно- и двухсторонние критерии. Доверительные интервалы для оценок параметров распределения. Параметрические критерии: сравнение средних в предположении независимости, сравнение средних в</p>

		<p>предположении сериальной корреляции, сравнение дисперсий, критерии согласия для законов распределения, критерий отношения правдоподобий.</p> <p>Непараметрические критерии: критерии, свободные от распределений; рандомизация, повторные выборки, перестановки. Компьютерные приемы рандомизации - «бутстреп» и «джекнайф».</p> <p>Общая проблема значимости оценок статистических характеристик. Оценки значимости при наличии сериальной и пространственной корреляции величин.</p>
6.	<p>Тема 6.</p> <p>Статистический анализ временных рядов.</p> <p>Принципиальные методологические предположения: массовость, устойчивость, стационарность, эргодичность.</p>	<p>Принципиальные методологические предположения: массовость, устойчивость, стационарность, эргодичность.</p> <p>Модели временных рядов во временной и частотной области. Выделение трендов и сезонных составляющих. Процедуры предбеливания процесса.</p> <p>Дискретные и непрерывные модели во временной области: цепи Маркова, авторегрессия, модели авторегрессии - скользящего среднего (ARMA).</p> <p>Гармонический анализ временного ряда: оценки амплитуд и фаз отдельных гармоник. Спектральный анализ временного ряда: периодограмма, оценки спектральных характеристик, наложение спектров (элайзинг), выборочные свойства спектральных характеристик.</p>
7.	<p>Тема 7.</p> <p>Многомерный статистический анализ.</p> <p>Дискриминантный анализ: разделение двух выборок при равных и неравных ковариациях.</p>	<p>Введение в многомерный анализ: евклидова метрика и «статистическое расстояние» (Махалонобиса), случайные векторы и матрицы, собственные значения и собственные векторы квадратных матриц, сингулярное разложение произвольных матриц.</p> <p>Многомерное нормальное распределение и его основные свойства.</p> <p>Анализ главных компонент: выбор ковариаций или корреляций, снижение размерности случайного поля, выборочные характеристики оценок собственных чисел и собственных векторов, вращение собственных векторов (факторный анализ).</p> <p>Сингулярный спектральный анализ, вычислительные аспекты матричных факторизаций, регуляризация плохо обусловленных матриц.</p> <p>Анализ канонических корреляций: канонические переменные и векторы, приложение к гидрометеорологическим полям.</p> <p>Дискриминантный анализ: разделение двух выборок при равных и неравных ковариациях, оптимальные решения (минимизация риска неверной дискриминации).</p> <p>Кластерный анализ: проблема выбора метрик, иерархическая и неиерархическая кластеризация, оценка количества кластеров, метод Ворда, метод К-средних, аггломеративная кластеризация, использование смесей распределений.</p>
8.	<p>Тема 8.</p> <p>Статистические прогнозы.</p> <p>Различие и взаимосвязь</p>	<p>Различие и взаимосвязь статистических, синоптических и гидродинамических прогнозов.</p> <p>Методология построения статистических моделей: «обучение» на зависимых данных и «испытание» на независимых выборках. Планирование и проведение</p>

	<p>статистических, синоптических и гидродинамических прогнозов.</p>	<p>вычислительных экспериментов с учетом физического содержания и статистической устойчивости полученных характеристик.</p> <p>Традиционные методы статистического прогнозирования (с использованием только данных наблюдений). Линейная, множественная линейная и нелинейная регрессия. Отбор информативных предикторов, правила останова, кросс-валидированные оценки параметров.</p> <p>Прогнозирование с помощью нейронных сетей – методологическая основа и оценка устойчивости расчетных характеристик.</p> <p>Прогнозирование с помощью методов многомерной статистики: главных компонент, сингулярных векторов, канонических переменных, дискриминантного анализа и методов кластеризации.</p> <p>Статистическая интерпретация выходной информации гидродинамических моделей: схема ‘идеального прогноза’ (Perfect Prog), схема с учетом ‘статистик модельного прогноза’ (Model Output Statistics).</p> <p>Смеси прогностических методик и «проект бедного человека», приемы регионализации (downscaling).</p> <p>Ансамблевые прогностические системы: прогноз распределения вероятностей в фазовом пространстве, среднее и дисперсия по ансамблю прогнозов; графическое отображение ансамблевых прогнозов.</p>
<p>9.</p>	<p>Тема 9. Оценка качества прогнозов (верификация) Основные цели верификации прогнозов.</p>	<p>Основные цели верификации прогнозов. Принципиальная схема верификации: совместное распределение наблюдений и прогнозов, условные распределения. Скалярные атрибуты системы верификации.</p> <p>Абсолютные и относительные оценки качества. Соотношение качества и полезности прогнозов.</p> <p>Детерминистические прогнозы дискретных предиктантов: таблицы сопряженности, основные оценки качества по двухвходовой таблице сопряженности.</p> <p>Детерминистические прогнозы непрерывных предиктантов: скалярные меры качества. Вероятностные прогнозы дискретных предиктантов: оценка Брайера и ее алгебраическая декомпозиция, диаграмма надежности, относительная оперативная характеристика (ROC), беспристрастные оценки качества (показатель Джеррити).</p> <p>Детерминистические прогнозы полей: градиентная ошибка, средняя квадратическая ошибка, корреляция аномалий.</p> <p>Верификация ансамблевых прогнозов. Использование характеристик разброса по ансамблю для априорной оценки качества прогноза.</p> <p>Оценки качества прогнозов на основе экономической полезности.</p> <p>Выборочные характеристики оценок качества прогнозов: значимость различия оценок для разных выборок, использование повторных выборок для оценок значимости характеристик верификации (бутстреп). Проблема кросс-валидации оценок. Статистически значимое ранжирование</p>

		<p>прогностических методов.</p> <p>Недостатки стандартных мер качества: проблема «двойного штрафа» (double penalty) в мезомасштабных прогнозах.</p> <p>Объектно-ориентированные методы оценок и использование приемов нечеткой логики (многомасштабный анализ качества).</p>
10.	<p>Тема 10.</p> <p>Программное обеспечение статистического анализа и визуализации результатов</p>	<p>Накопление и первичная обработка данных: базы данных (MySQL, ORACLE).</p> <p>Языки программирования (фортран90, C++).</p> <p>Построение статистических моделей для больших объемов данных: библиотеки математических программ (IMSL, LAPACK, ROOT-CERN).</p> <p>Анализ данных и статистическое моделирование умеренных объемов данных: открытые и лицензионные продукты (Matlab, STATISTICA, R-project, SYSTAT).</p> <p>Визуализация данных: Grapher, Grads, IDL.</p> <p>Программное обеспечение для оценок качества прогнозов: SVSLRF (Standardized verification system for long range forecasts), MET (Model evaluation tools, NCEP), VERSUS (COSMO).</p>

6. Распределение часов по темам и видам учебных занятий очной и заочной форм обучения

Общая трудоемкость учебной дисциплины (модуля)- 6 зачетных единиц

Темы	Трудоемкость (час)				Форма текущего контроля успеваемости
	Всего	в том числе по видам аудиторных учебных занятий		Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия		
Тема 1. Основы теории вероятностей.	20	2	2	11	
Тема 2. Математические и прикладные аспекты статистики. Методологические и практические особенности статистики.	20	2	2	11	
Тема 3. Разведочный анализ данных. Основные цели и свойства разведочного метода. Численные меры положения, разброса и симметрии.	22	4	4	11	
Тема 4.	22	4	4	11	

Параметрическое распределение вероятностей и оценки параметров. Сопоставление параметров распределения и выборочных статистик. Дискретные и непрерывные распределения.					В ходе текущего контроля оценивается работа аспирантов на аудиторных занятиях: участие в дискуссиях, выполнение заданий для самостоятельной работы, тестовые задания.	
Тема 5. Статистическая проверка гипотез. Сопоставление параметрического и непараметрического тестирований.	22	4	4	11		
Тема 6. Статистический анализ временных рядов. Принципиальные методологические предположения: массовость, устойчивость, стационарность, эргодичность.	22	4	4	11		
Тема 7. Многомерный статистический анализ. Дискриминантный анализ: разделение двух выборок при равных и неравных ковариациях.	22	4	4	11		
Тема 8. Статистические прогнозы. Различие и взаимосвязь статистических, синоптических и гидродинамических прогнозов.	22	4	4	11		
Тема 9. Оценка качества прогнозов (верификация) Основные цели верификации прогнозов.	22	4	4	11		
Тема 10. Программное обеспечение статистического анализа и визуализации результатов	22	4	4	11		
Итого	216	36	36	111		
Форма контроля – зачет						

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№ п.п.	Форма самостоятельной работы	Контроль СРС	Формируемая компетенции
--------	------------------------------	--------------	-------------------------

1.	Изучение литературы	Список цитируемых источников	УК1, УК5, ОПК1, ПК1, ПК2, ПК3
2.	Работа по темам лекций	Конспекты лекций и дополнительных оригинальных источников по темам	УК1, УК5, ОПК1, ПК1, ПК2, ПК3

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

8.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов по программам высшего образования – программам подготовки 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 дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

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 в форме зачета.

Промежуточная аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в форме *зачета* в соответствии с локальным актом – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителю директора по научной работе). Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения аспирантом 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 зачете – *зачтено / не зачтено*.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Примерные вопросы для зачета по дисциплине

1. Математическая и описательная статистика: методология и практические приложения
2. Статистические методы обработки и подготовки данных (разведочный анализ)
3. Методы моделирования случайных процессов (временные ряды)

4. Оценки качества прогностических моделей (общая схема и атрибуты оценок)
5. Эмпирические распределения вероятностей в гидрометеорологии
6. Параметрические и непараметрические методы статистического оценивания
7. Проверка гипотез (принятие решений в условиях риска)
8. Анализ главных компонент, факторный анализ и канонические корреляции
9. Дискриминация, классификация и кластерный анализ многомерных наблюдений
10. Программное обеспечение статистического анализа и визуализации результатов

8.3. Методические указания к проведению процедуры оценивания знаний.

Прием зачета осуществляется с помощью составленных билетов, в которые входят два вопроса из проработанного курса (примерные вопросы даны в пункте 8.2 текущей рабочей программы). Сдача зачета по рабочей дисциплине является обязательной для допуска к кандидатскому экзамену по направленности «Метеорология, климатология, агрометеорология».

<i>Оценка зачета (нормативная)</i>	<i>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</i>
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, знает особенности методов и технологий преподавательской деятельности, имеет представление об особенностях и специфике научного исследования, способен разрабатывать программу обучения на уровне отдельной дисциплины (курса) или отдельных видов занятий.</p> <p>Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.</p> <p>Раскрыто содержание материала, даны корректные определения понятий.</p> <p>Допускаются незначительные нарушения последовательности изложения.</p> <p>Допускаются небольшие неточности при использовании терминов или в логических выводах.</p> <p>При неточностях задаются дополнительные вопросы.</p>
<i>Не зачтено</i>	<p>Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области методов и технологий преподавательской деятельности.</p> <p>Не способен разрабатывать программу обучения на уровне отдельной дисциплины (курса) или отдельных видов занятий</p> <p>Основное содержание учебного материала не раскрыто.</p> <p>Допущены грубые ошибки в определении понятий и при использовании терминологии.</p> <p>Не даны ответы на дополнительные вопросы.</p> <p>Не информирован или слабо разбирается в проблемах и (или) не в состоянии наметить пути их решения.</p>

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

а) основная литература

1. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. – СПб: Питер, 2003.
2. Зиновьев А.Ю. Визуализация многомерных данных, 2007.

3. Статистические методы для ЭВМ (ред. Энслейна К. и др). – М.: Наука, 1986. Wasserman L. All of nonparametric statistics, Springer, 2006.
 - б) дополнительная литература
 1. Зиновьев А.Ю. Визуализация многомерных данных, 2007.
 2. Журнал «Метеорология и гидрология», ведомственные журналы, Интернет-ресурсы
 - в) электронные ресурсы
 1. Сайт ФГБУ «Гидрометцентр России» <http://www.meteoinfo.ru>
 2. Сайт Всемирной Метеорологической Организации <http://www.wmo.int>
 - г) иностранные источники
 1. Wilks S. Statistical methods in the atmospheric sciences. Academic Press Elsever, 2006.
 2. Forecast Verification (eds I.Jollife and D.Stephenson), Wiley, 2003.

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

- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
- <http://www.iqlib.ru/> - Электронная библиотека IQlib образовательных и просветительских изданий. Образовательный ресурс, объединяющий в себе интернет-библиотеку и пользовательские сервисы для полноценной работы с библиотечными фондами. Свободный доступ к электронным учебникам, справочным и учебным пособиям. Аудитория электронной библиотеки IQlib – студенты, преподаватели учебных заведений, научные сотрудники и все те, кто хочет повысить свой уровень знаний.
- <https://www.met.ed.ucar.edu> – Международный сайт COMET для дистанционного образования по метеорологии и климатологии.

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

Для преподавания дисциплины «Современные синоптические методы прогноза погоды» используются для полного раскрытия практически всех тем курса информационные технологии. Все темы представлены виде электронных презентаций, по которым проходит занятие, с указанием ИНТЕРНЕТ –ресурсов, использованных при сборе материала.

№	Название лабораторной работы (практического занятия или отдельной темы дисциплины) в которой используется ИТ	Перечень применяемых ИТ или ее частей	Цель применения	Перечень компетенций
Тема 5.	Статистическая проверка гипотез. Сопоставление параметрического и	Российские и зарубежные метеорологические базы	Работа с метеорологической информацией со всего земного	ПК2

	непараметрического тестирования.	данных (SINOP, S2S)	шара	
--	----------------------------------	---------------------	------	--

12. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В ходе проведения занятий по курсу используются:

- традиционные средства: доска, мел;
- мультимедийные комплексы для проведения лекций;
- библиотечный фонд ФГБУ «Гидрометцентр России»,
- компьютерный класс с выходом в Интернет и автоматизированными рабочими местами на базе РС с устройствами многофункционального назначения и поиск информации в Интернете;
- РС подключены к периферийным устройствам (сканер, принтер).

Наименование технического средства	Количество
Сервер TORNADO	1
Компьютеры: acer , ОЗУ 8 Gb, HDD 200 Gb	6
Проектор: Sharp	1
Сканер HP Scanjet 200	1
Принтер LaserJet Pro 400	1

13. Краткий терминологический словарь

№	Термин	Определение
1.	верификация	Подтверждение с помощью доказательств каких-либо теоретических положений, алгоритмов, программ и процедур путём их сопоставления с опытными (эталонными или эмпирическими) данными, алгоритмами и программами.
2.	визуализация	Общее название приёмов представления числовой информации или физического явления в виде, удобном для зрительного наблюдения и анализа.
3.	вероятность	Степень возможности наступления некоторого события. Вероятностью события А называют отношение числа m благоприятствующих этому событию исходов к общему числу n всех равновозможных несовместных элементарных исходов, образующих полную группу. Вероятность достоверного события равна единице. Вероятность невозможного события равна нулю. Вероятность случайного события есть положительное число, заключенное между нулем и единицей.

4.	временной ряд	Собранный в разные моменты времени статистический материал о значении каких-либо параметров (в простейшем случае одного) исследуемого процесса.
5.	выборка	Конечный набор прецедентов (объектов, случаев, событий, испытуемых, образцов, и т.п.), некоторым способом выбранных из множества всех возможных прецедентов, называемого генеральной совокупностью.
6.	гипотеза	(от греч. ὑπόθεσις – основа, предположение) – научное допущение или предположение, истинностное значение которого неопределенно. Различают гипотезу как метод развития научного знания, включающий в себя выдвижение и последующую экспериментальную проверку предположений, и как структурный элемент научной теории. Гипотезу впоследствии или доказывают, превращая её в установленный факт, или же опровергают, переводя в разряд ложных утверждений. Не доказанная и не опровергнутая гипотеза называется открытой проблемой.
7.	гистограмма	Функция, приближающая плотность вероятности некоторого распределения, построенная на основе выборки из него.
8.	дискретное распределение	Распределение вероятностей, сосредоточенное на конечном или счетном множестве точек выборочного пространства.
9.	дискриминантный анализ	Раздел вычислительной математики, представляющий набор методов статистического анализа для решения задач распознавания образов, который используется для принятия решения о том, какие переменные разделяют (т.е. «дискриминируют») возникающие наборы данных (так называемые «группы»).
10.	кластерный анализ	Многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы
11.	ковариация	В теории вероятностей и математической статистике мера линейной зависимости двух случайных величин.
12.	массовость	Разработка алгоритма решения задачи в общем виде, то есть, он должен быть применим для некоторого класса задач, различающихся только исходными данными. При этом исходные данные могут выбираться из некоторой области, которая называется областью применимости алгоритма.
13.	мониторинг	<ul style="list-style-type: none"> • Непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта, в сравнении с заданными критериями. • Система сбора/регистрации, хранения и анализа признаков/параметров описания объекта для вынесения суждения о поведении/состоянии данного объекта в целом.

14.	независимые выборки	Выборки, в которые объекты исследования набирались независимо друг от друга.
15.	непрерывное распределение	Распределение случайной вещественной величины, принимающей значения, принадлежащие некому интервалу, характеризующееся тем, что плотность вероятности на этом интервале постоянна.
16.	объективный анализ	Построение полей метеорологических величин на основании данных наблюдений путем численного алгоритма в виде: 1) значений данной величины в точках заранее заданной регулярной сетки (исходные данные для численного прогноза); 2) координат достаточно большого числа точек изолиний (таким путем поле данной величины представляется в наиболее привычной для обозрения форме).
17.	разведочный анализ	Предварительный анализ данных с целью выявления наиболее общих закономерностей и тенденций, характера и свойств анализируемых данных, законов распределения анализируемых величин. Применяется для нахождения связей между переменными в ситуациях, когда отсутствуют (или недостаточны) априорные представления о природе этих связей. Как правило, при разведочном анализе учитывается и сравнивается большое число переменных, а для поиска закономерностей используются самые разные методы.
18.	разведочный метод	Сбор предварительной информации, которая поможет определить проблему и выдвинуть гипотезы.
19.	распределение Пуассона	Вероятностное распределение дискретного типа, моделирует случайную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время, при условии, что данные события происходят с некоторой фиксированной средней интенсивностью и независимо друг от друга.
20.	распределение частот	Метод статистического описания данных (измеренных значений, характерных значений). Математически распределение частот является функцией, которая в первую очередь определяет для каждого показателя идеальное значение, так как эта величина обычно уже измерена. Такое распределение можно представить в виде таблицы или графика, моделируя функциональные уравнения. В описательной статистике частота распределения имеет ряд математических функций, которые используются для выравнивания и анализа частотного распределения.
21.	статистика	Отрасль знаний, в которой изучаются общие вопросы сбора, измерения и анализа массовых статистических (количественных или качественных) данных; изучение количественной стороны явлений в числовой форме.
22.	статистический анализ	Это расчет статистических показателей, позволяющий описать изучаемое явление, выявить его динамику, структуру, взаимосвязь с другими явлениями, закономерности, сделать прогнозы на будущее.

23.	стационарность	Свойство процесса не менять свои характеристики со временем. Стационарность случайного процесса означает неизменность во времени его вероятностных закономерностей, при этом обычно рассматривается два вида стационарности: стационарность в узком смысле, когда конечномерные распределения инвариантны относительно сдвига времени, и стационарность в широком смысле, когда от времени не зависят лишь математические ожидания.
24.	устойчивость	Способность системы сохранять текущее состояние при влиянии внешних воздействий. Если текущее состояние при этом не сохраняется, то такое состояние называется неустойчивым.
25.	факторный анализ	Это методика комплексного и системного изучения и измерения воздействия факторов на величину результативного показателя. Факторы в результате анализа получают количественную и качественную оценку. Каждый показатель может в свою очередь выступать и в роли факторного, и результативного.
26.	эргодичность	Специальное свойство некоторых динамических систем, состоящее в том, что в процессе эволюции почти каждое состояние с определённой вероятностью проходит вблизи любого другого состояния системы. Система, в которой фазовые средние совпадают с временными, называется эргодической.

**Лист ежегодного утверждения рабочей программы учебной дисциплины
«Статистические методы в прогнозировании метеоэлементов»**

Рабочая программа учебной дисциплины:

одобрена на 2022/2023 учебный год. Протокол № _____ заседания Ученого
совета ФГБУ «Гидрометцентр России»

от “ ” 2022г.

Председатель Секции Ученого совета

Кандидат физико-математических наук

**Лист изменений и дополнений, внесенных в рабочую программу
учебной дисциплины «Статистические методы в прогнозировании
метеоэлементов»**

Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания Секции Ученого совета, на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения.	Дата утверждения и подпись председателя Секции Ученого совета
нет		Дата 1.09. 2016 Председатель _____ (ФИО) подпись