

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра картографии и геоинформатики

Авторы-составители: **Пьянков Сергей Васильевич**

Рабочая программа дисциплины

ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ

Код УМК 94835

Утверждено
Протокол №3
от «20» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Теория математической обработки измерений

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **21.03.03** Геодезия и дистанционное зондирование
направленность Дистанционное зондирование

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория математической обработки измерений** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (направленность : Дистанционное зондирование)

ПК.14 готовность к сбору, систематизации и анализу научно-технической информации по заданию (теме), материалов инженерных изысканий

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (направленность: Дистанционное зондирование)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Теория математической обработки измерений

Теория вероятностей и математическая статистика в теоретических аспектах математической обработки результатов измерений. Введение.

Понятия «случайное событие», «вероятность», «случайная величина». Дискретные и непрерывные случайные величины. Числовые характеристики случайных величин (начальные и центральные моменты)

Законы распределения случайных величин

Нормальный закон распределения. Основные параметры нормального закона. Свойства случайных величин нормального закона распределения. Интегральная функция нормального распределения и её связь с интегралом вероятностей. Центральная предельная теорема — теорема А.М. Ляпунова. Значение нормального закона для теории ошибок измерений. Другие законы распределения: равномерное, Стьюдента, Пирсона, логнормальное, гамма-распределение.

Элементы математической статистики

Предмет и основные понятия. Основные задачи: сравнение теоретического и статистического распределений; критерии согласия; оценивание параметров. Понятие о наилучших оценках. Методы оценивания параметров. Дополнительные характеристики формы кривой распределения случайной величины: асимметрия и эксцесс. Понятие о доверительных интервалах. Доверительные интервалы для математического ожидания и среднего квадратического отклонения.

Элементы теории корреляции

Статистическая связь между двумя случайными величинами. Линейная и нелинейная корреляция. Коэффициент корреляции и корреляционное отношение, их свойства. Уравнение регрессии. Понятие о множественной корреляции.

Теория ошибок измерений

Задачи теории ошибок измерений. Классификация ошибок измерений. Кривая Гаусса и её свойства. Свойства случайных ошибок. Основные постулаты теории ошибок.

Критерии точности измерений

Средняя квадратическая ошибка и её достоинства. Вероятная и средняя ошибки и их связь со средней квадратической ошибкой при нормальном законе распределения. Исследование на нормальный закон распределения ряда истинных ошибок.

Ошибки округлений и их свойства

Понятие о равномерном законе распределения ошибок округления. Средняя квадратическая ошибка округлений, её связь с предельной ошибкой округления.

Математическая обработка результатов равнооточных измерений

Основные этапы математической обработки ряда многократных независимых равнооточных измерений одной величины: определение наиболее надёжного значения измеряемой величины; определение средней квадратической ошибки отдельного результата измерений; определение средней квадратической ошибки наиболее надёжного значения. Построение доверительных интервалов, с заданной вероятностью накрывающих неизвестные точные значения параметров: истинного значения и среднего квадратического отклонения отдельного результата измерений. Порядок обработки ряда равнооточных измерений одной величины, выполняемый по определённой схеме со всеми необходимыми контролями вычислений.

Математическая обработка результатов неравноточных измерений

Понятие о весе. Обратный вес функции коррелированно и некоррелированно измеренных аргументов. Основные этапы математической обработки ряда многократных независимых неравноточных измерений одной величины: определение среднего весового - наиболее надёжного значения измеряемой величины; определение средней квадратической ошибки измерения с весом, равным единице; определение средней квадратической ошибки наиболее надёжного значения. Построение доверительных интервалов для истинного значения и среднего квадратического отклонения измерения с весом, равным единице. Порядок обработки, необходимые контроли вычислений.

Математическая обработка результатов двойных измерений

Математическая обработка двойных равноточных измерений ряда однородных величин. Критерий обнаружения систематических ошибок. Математическая обработка двойных неравноточных измерений ряда однородных величин. Порядок обработки, необходимые контроли вычислений.

Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену включает актуализацию знаний по основным разделам курса. Экзамен проводится в виде письменного ответа на вопросы с последующим устным сообщением по плану ответа.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

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

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Глотова, М. Ю. Математическая обработка информации : учебник и практикум для академического бакалавриата / М. Ю. Глотова, Е. А. Самохвалова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 347 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00657-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/432795>
2. Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы. Часть II : учебное пособие / К. П. Латышенко. — Саратов : Вузовское образование, 2013. — 515 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/20404.html>

Дополнительная:

1. Попело, В. Д. Теория математической обработки геодезических измерений. Часть 2. Оценивание результатов геодезических измерений и их погрешностей на основе вероятностных представлений : учебное пособие / В. Д. Попело, М. В. Ванеева. — Воронеж : Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 139 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/72765.html>
2. Беликов, А. Б. Математическая обработка результатов геодезических измерений : учебное пособие / А. Б. Беликов, В. В. Симонян. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 432 с. — ISBN 978-5-7264-0992-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/30431>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.statsoft.ru> Сайт компании STATSOFT

gis.psu.ru Кафедра картографии и геоинформатики

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Теория математической обработки измерений** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);

Доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)

Доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Лицензионный программный комплекс: ArcGIS

Программный комплекс с открытым кодом Q-GIS

ОС "Альт Образование"

Архив открытых геоданных портала GIS-LAB.INFO.

Консультант Плюс [Электронный ресурс]: справочно-правовая система: база данных. – Доступ из сети ПГНИУ

Архивы кафедры картографии и геоинформатики и ГИС-центра ПГНИУ:

- Архив цифровых топографических карт масштаба 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:100000 за 2002-2017 годы;
- Архив цифровых и печатных космических снимков (LandSat, SPOT, IRS, Sentinel-2) за 2007-2017 годы;
- Архив цифровых моделей рельефа и цифровых моделей местности;
- Архив периодической, учебной и технической литературы кафедры, в т.ч. электронные издания;
- Архив цифровых тематических электронных слоев баз пространственных данных;
- Архив печатной технической литературы по сопровождению лицензионных программных продуктов.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для лабораторных занятий: компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для групповых и индивидуальных консультаций требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для самостоятельной работы: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Теория математической обработки измерений**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.14

готовность к сбору, систематизации и анализу научно-технической информации по заданию (теме), материалов инженерных изысканий

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.14 готовность к сбору, систематизации и анализу научно-технической информации по заданию (теме), материалов инженерных изысканий</p>	<p>Знать: основные понятия теории вероятностей и математической статистики, основные постулаты теории ошибок измерений, критерии точности измерений, особенности ошибок округлений; основные этапы и порядок обработки ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений; этапы обработки двойных измерений ряда однородных величин.</p> <p>Уметь: производить оценку точности измерений с использованием различных критериев, производить математическую обработку ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений, а также двойных измерений ряда однородных величин.</p> <p>Владеть: статистическими методами и программными средствами математической обработки полевых геодезических измерений.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные понятия теории вероятностей и математической статистики, основные постулаты теории ошибок измерений, критерии точности измерений, особенности ошибок округлений; основные этапы и порядок обработки ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений; этапы обработки двойных измерений ряда однородных величин. Не умеет производить оценку точности измерений с использованием различных критериев, производить математическую обработку ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений, а также двойных измерений ряда однородных величин. Не владеет статистическими методами и программными средствами математической обработки полевых геодезических измерений.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий теории вероятностей и математической статистики, основных постулатов теории ошибок измерений, критериев точности измерений, особенностей ошибок округлений; основных этапов и порядка обработки ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений; этапов обработки двойных измерений ряда однородных величин. Демонстрирует частично сформированные умения производить оценку точности измерений с использованием различных</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>критериев, математическую обработку ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений, а также двойных измерений ряда однородных величин. Имеет представление о статистических методах и программных средствах математической обработки полевых геодезических измерений.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>В основном сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных понятий теории вероятностей и математической статистики, основных постулатов теории ошибок измерений, критериев точности измерений, особенностей ошибок округлений; основных этапов и порядка обработки ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений; этапов обработки двойных измерений ряда однородных величин. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения производить оценку точности измерений с использованием различных критериев, математическую обработку ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений, а также двойных измерений ряда однородных величин Уверенное владение статистическими методами и программными средствами математической обработки полевых геодезических измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Демонстрирует высокий уровень знаний основных понятий теории вероятностей и математической статистики, основных постулатов теории ошибок измерений, критериев точности измерений, особенностей ошибок округлений; основных этапов и порядка обработки ряда равнооточных и неравнооточных независимых измерений; этапов обработки двойных</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>измерений ряда однородных величин. Способен применять полученные знания на практике. Демонстрирует успешные умения производить оценку точности измерений с использованием различных критериев, математическую обработку ряда равноточных и неравноточных независимых измерений, а также двойных измерений ряда однородных величин Свободное владение статистическими методами и программными средствами математической обработки полевых геодезических измерений, способность применять полученные навыки в реальных проектах.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.14 готовность к сбору, систематизации и анализу научно-технической информации по заданию (теме), материалов инженерных изысканий	Математическая обработка результатов равнооточных измерений Защищаемое контрольное мероприятие	Студент показывает владение методами обработки ряда равнооточных и неравнооточных измерений одной величины: определение среднего и средней квадратичной ошибки отдельного результата измерений по формуле Бесселя, оценка доверительного интервала для истинного значения; задание весов для неравнооточных измерений; Студент владеет программными средствами анализа данных.
ПК.14 готовность к сбору, систематизации и анализу научно-технической информации по заданию (теме), материалов инженерных изысканий	Математическая обработка результатов двойных измерений Защищаемое контрольное мероприятие	Студент показывает владение методами обработки ряда двойных равнооточных и неравнооточных измерений, обнаружения систематических ошибок; владение программными средствами анализа данных.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.14 готовность к сбору, систематизации и анализу научно-технической информации по заданию (теме), материалов инженерных изысканий	Подготовка к экзамену Итоговое контрольное мероприятие	Студент демонстрирует полученные знания по следующим разделам курса: Введение. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики; законы распределения случайных величин; элементы теории корреляции; теория ошибок измерений; критерии точности измерений; ошибки округлений и их свойства; математическая обработка результатов равноточных, неравноточных и двойных измерений.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Математическая обработка результатов равноточных измерений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знает формулу условной вероятности события. Умеет вычислить условную вероятность события. Контролирует правильность расчетов.	10
Знает формулы сложения и умножения вероятностей. Умеет применять формулы сложения и умножения вероятностей для решения задач. Контролирует правильность расчетов вероятности случайного события	10
Знает формулу геометрической вероятности. Знает условия применимости формулы геометрической вероятности.	5
Умеет применять формулу геометрической вероятности для решения задач.	5

Математическая обработка результатов двойных измерений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знает свойства числовых характеристик случайных величин. Умеет применять интеграл Гамма-функция. Контролирует правильность расчетов.	10
Знает типовые законы распределения дискретной случайной величины и умеет применять их для решения содержательных задач. Контролирует правильность расчетов.	10
Знает основные числовые характеристики и правила их вычисления для дискретной случайной величины. Контролирует правильность расчетов.	5

Умеет строить закон распределения функции от дискретной случайной величины. Контролирует правильность расчетов.	5
--	---

Подготовка к экзамену

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Знает методы точечного оценивания неизвестных параметров распределений по выборке. Умеет применять метод моментов, максимального правдоподобия, квантилей для решения задачи оценивания параметров распределения по выборке.	10
Знает понятие функции правдоподобия выборки и закона распределения выборки. Умеет строить функцию правдоподобия выборки.	10
Знает понятие интервального оценивания неизвестных параметров распределений. Умеет строить доверительные интервалы для неизвестных параметров нормального распределения.	10
Знает основные выборочные характеристики и формулы для их вычисления. Умеет вычислять основные выборочные характеристики и содержательно интерпретировать результат.	10