

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра картографии и геоинформатики**

**Авторы-составители: Пьянков Сергей Васильевич  
Шихов Андрей Николаевич**

Рабочая программа дисциплины

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА  
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ**

Код УМК 90514

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

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Математические методы обработки и анализа пространственных данных

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную 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 **Математические методы обработки и анализа пространственных данных** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**21.03.03** Геодезия и дистанционное зондирование (направленность : Дистанционное зондирование)

**ПК.8** способность применять средства вычислительной техники для математической обработки результатов полевых геодезических измерений, приближенных астрономических наблюдений, гравиметрических определений

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (направленность: Дистанционное зондирование)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Математические методы обработки и анализа пространственных данных**

Дисциплина входит в базовую часть Блока 1 образовательной программы по направлениям подготовки: Направление 21.03.03. Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль Дистанционное зондирование Земли

Дисциплина изучается в период 11 триместра. Дисциплиной предусмотрены 14 часов лекционных, 28 часов лабораторных занятий и 66 самостоятельной работы студентов. Всего на дисциплину отводится 108 часов (3 зачетных единицы) согласно учебному плану основной образовательной программы.

#### **Введение. Общие положения**

Математические методы обработки пространственных данных - области применения, основные направления. Обзор содержания курса, лекционных занятий и практических работ. Связь с ранее изученными дисциплинами. Понятие о математическом, картографическом, геоинформационном моделировании. Возможности ГИС-технологий как средства моделирования.

#### **Анализ пространственного расположения объектов**

Методы анализа пространственного распределения объектов. Расчет плотности и взвешенной плотности точечных, линейных, площадных объектов. Отличие плотности ядер от плотности точек. Расчет процента площади покрытия объектами. Характеристики центра пространственного распределения объектов и разброса вокруг него (арифметический, медианный центры, эллипс стандартного расстояния). Пространственные кластеры и выбросы, расчет индекса Морана и анализ пространственного распределения объектов на его основе

#### **Анализ пространственных зависимостей**

Понятие о пространственных зависимостях. Расчет коэффициентов корреляции между растровыми наборами данных. Способы расчета корреляции. Построение линейной регрессии между пространственными переменными. Применение анализа пространственных зависимостей на реальных данных для оценки факторов, определяющих распределение лесных пожаров по территории

#### **Интерполяция. Детерминированные и геостатистические методы интерполяции**

Задачи пространственной интерполяции. Предварительный анализ данных для проведения интерполяции: анализ типа распределения, выявление локальных и глобальных выбросов, анализ кластеризации, анализ автокорреляции в данных. Детерминированные и геостатистические, жесткие и нежесткие методы интерполяции. Особенности детерминированных методов интерполяции. Основы геостатистики. Понятие о вариографии (структурном анализе). Методы кригинга. Оценка точности интерполяции. Перекрестная и обычная проверка. Критерии точности. Реализация методов интерполяции в модуле Geostatistical Analyst.

#### **Методы интерполяции с учетом зависимости от внешней переменной**

Условия, при которых требуется учитывать влияние внешней переменной на интерполируемые значения. Использование зависимостей от внешних переменных при интерполяции климатических данных. Интерполяция с помощью метода приведенных величин и с помощью множественной линейной регрессии. Реализация методов интерполяции на примере задач климатического картографирования

#### **Геоморфометрия. Основные морфометрические параметры, рассчитываемые по ЦМР**

Цифровой анализ рельефа, области его применения. Понятие о геоморфометрии, цели и задачи. Основные морфометрические переменные (производные первого и второго порядка). Дополнительные морфометрические переменные, возможности их применения для анализа свойств рельефа и местоположения объектов. Программное обеспечение для расширенного анализа ЦМР - ГИС SAGA.

Расчет морфометрических переменных в ГИС SAGA

**Оценка точности классификации и идентификации объектов по снимкам. Метрики оценки точности**

Задача оценки точности классификации, ее значимость в связи с развитием методов машинного обучения. Основные метрики оценки точности классификации: площадь совпадающих объектов, точность производителя, точность пользователя и F-мера. Оценка зависимости точности распознавания от площади объекта. Оценка значимости зависимостей.

**Подготовка к итоговому контрольному мероприятию**

Подготовка к итоговому контролю в форме теста по основным теоретическим разделам курса

## **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. Баврин, И. И. Математическая обработка информации : учебник для студентов всех профилей направления «Педагогическое образование» / И. И. Баврин. — Москва : Прометей, 2016. — 262 с. — ISBN 978-5-9908018-9-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/58146.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>

### Дополнительная:

1. Цветков Виктор Яковлевич Геоинформационные системы и технологии/Виктор Яковлевич Цветков.- М.:Финансы и статистика,1998, ISBN 55-279-01812- 0.-288.

2. Баврин И. И. Высшая математика:учебник для студентов педагогических вузов, обучающихся по направлению "Естественно-научное образование" и специальностям "Физика", "Химия", "Биология", "География"/И. И. Баврин.-Москва:Академия,2008, ISBN 978-5-7695-5392-9.-6115.-Библиогр.: с. 608

3. Жуков Владимир Тихонович,Сербенюк ,Тикунов В. С. Математико-картографическое моделирование в географии/Под ред. К.А.Салищева.-М.:Мысль,1980.-224.

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

**gis.psu.ru** Сайт кафедры картографии и геоинформатики, ГИС-центра, Центра космического мониторинга ПермГУ.

**arcgis.com** Сайт компании ESRI

**gisa.ru** Общественная организация ГИС-профессионалов «ГИС-Ассоциация»

**window.edu.ru** Портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

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

Образовательный процесс по дисциплине **Математические методы обработки и анализа пространственных данных** 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.

ПО: LibreOffice; комплект программ ArcGIS 10; QGIS; EasyTrace 8.65; Notepad ++; Google Chrome; Mozilla Firefox; 7zip; Adobe Acrobat Reader DC; Google Earth; FileZilla Client 3.7.3; Blender 2.73.

ПО на ноутбук: ОС «Альт Образование» (Договор № ДС 003–2020).

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.
- Архив открытых геоданных портала GIS-LAB.INFO.

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  
Математические методы обработки и анализа пространственных данных**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.8</b> способность применять средства вычислительной техники для математической обработки результатов полевых геодезических измерений, приближенных астрономических наблюдений, гравиметрических определений</p>	<p>Знать основы математической статистики, используемые при решении пространственных задач. Уметь использовать к пространственным задачам математико-статистический подход, включая методы из геоинформационных систем и пакетов для статистической обработки данных. Владеть программным инструментарием, обеспечивающим реализацию методов математической статистики для решения пространственных задач, в т.ч. - путем обмена данными между геоинформационными системами и пакетами для статистической обработки данных.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не ориентируется в математико-статистических методах, применение которых необходимо для решения поставленной задачи. Не умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Показывает признаки понимания - примерно представляет, какими методами возможно решение поставленной задачи. Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи, но не может довести решение до конца.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Понимает (но не может дать исчерпывающее обоснование), какими математико-статистическими методами следует решать поставленную задачу. Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца, но испытывает трудности с обоснованием выбранного метода и интерпретацией результатов.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Полностью понимает и может обосновать необходимость применения тех или иных математико-статистических методов для решения поставленной задачи. Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца, способен обосновать выбор метода и дать исчерпывающую интерпретацию результатов.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.8</b> способность применять средства вычислительной техники для математической обработки результатов полевых геодезических измерений, приближенных астрономических наблюдений, гравиметрических определений	Анализ пространственных зависимостей <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Студент освоил методы и инструменты анализа пространственного расположения объектов и пространственных зависимостей. Владеет инструментами анализа плотности объектов, расчета характеристик их пространственного расположения, а также способен выявлять наличие зависимостей между двумя или несколькими пространственными переменными, представленными в виде растровых наборов данных.
<b>ПК.8</b> способность применять средства вычислительной техники для математической обработки результатов полевых геодезических измерений, приближенных астрономических наблюдений, гравиметрических определений	Интерполяция. Детерминированные и геостатистические методы интерполяции <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Студент владеет детерминированными и геостатистическими методами интерполяции; понимает их основные отличительные особенности и способен применять на практике; освоил возможности модуля Geostatistical Analyst

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.8</b> способность применять средства вычислительной техники для математической обработки результатов полевых геодезических измерений, приближенных астрономических наблюдений, гравиметрических определений	Подготовка к итоговому контрольному мероприятию <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Студент демонстрирует подготовку по основным теоретическим разделам курса: анализ пространственного размещения объектов, анализ пространственных зависимостей, детерминированные и геостатистические методов интерполяции, интерполяция с учетом внешней переменной, основы геоморфометрии, оценка точности идентификации объектов по спутниковым данным.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Анализ пространственных зависимостей

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
На примере набора данных о лесных пожарах рассчитаны показатели центра пространственного распределения и разброса вокруг него, также выявлены кластеры и выбросы с помощью локального индекса Морана	8
Рассчитаны показатели плотности пространственного распределения лесных пожаров (плотность точек и плотность ядер); а также доля пройденной ими площади.	8
На основе выявленных зависимостей возникновения пожаров от внешних факторов получена оценка пожароопасности территории	7
Выявлены зависимости пространственного распределения объектов (на примере пожаров) от внешних пространственных переменных (породного состава лесов, климатических характеристик и пр), представленных в виде растровых наборов данных	7

#### Интерполяция. Детерминированные и геостатистические методы интерполяции

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
На примере данных о промерах глубин водного объекта проведена интерполяция	15

различными детерминированными методами, выполнено их взаимное сравнение и выбран оптимальный метод	
На примере данных о промерах глубин водного объекта проведена интерполяция методами простого и ординарного кригинга, определены оптимальные параметры модели вариограммы, выполнено сравнение полученных результатов и получены выводы об оптимальных параметрах модели	15

### **Подготовка к итоговому контрольному мероприятию**

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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Студент хорошо ориентируется в методах анализа пространственного размещения объектов - расчетах плотности пространственного распределения, определении характеристик центра распределения и разброса вокруг него, выделении кластеров высоких и низких значений	10
Студент освоил методы цифрового анализа рельефа и знает их области применения	10
Студент ориентируется в методах интерполяции, знает основы геостатистики, способен оценивать точность интерполяции и выбирать оптимальный метод с учетом свойств данных	10
Студент знает способы выявления зависимостей между различными пространственными переменными	10