

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра картографии и геоинформатики**

**Авторы-составители: Пьянков Сергей Васильевич  
Пономарчук Алексей Иванович**

Рабочая программа дисциплины

**МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В КАРТОГРАФИИ**

Код УМК 72122

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

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Математико-статистическое моделирование в картографии

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

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

Направление: **05.03.03** Картография и геоинформатика  
направленность Геоинформатика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Математико-статистическое моделирование в картографии** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**05.03.03** Картография и геоинформатика (направленность : Геоинформатика)

**ОПК.5** владеть современными методами естественнонаучных исследований, анализа данных, проектирования

**ПК.10** уметь использовать инфраструктуры пространственных данных и геопорталы, методы и технологии обработки пространственной информации из различных источников для решения профессиональных задач

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	05.03.03 Картография и геоинформатика (направленность: Геоинформатика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<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>	Экзамен (10 триместр)

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

### **Математико-статистическое моделирование в картографии**

#### **Введение. Общие положения**

Цели и задачи, области применения геостатистического анализа. Основные понятия геостатистики: случайная величина, пространственная переменная, случайная функция. Моменты пространственных функций в линейной геостатистике: математическое ожидание, дисперсия, ковариация, вариограмма. Свойство эргодичности случайных функций. Условия, необходимые для применения геостатистических методов.

#### **Методы обработки пространственной информации**

Интерполяция. Детерминированные методы интерполяции: глобальный полином, локальные полиномы, обратно-взвешенные расстояния, радиальные базисные функции (сплайны). Геостатистические методы интерполяции. Понятие о кригинге. Простой, ординарный, универсальный кригинг. Кокригинг. Оценка качества геостатистической модели методом перекрестной проверки.

Методы построения картографических произведений, выражающих зависимости двух и более величин. Расчет пространственной корреляции. Расчет пространственных регрессионных зависимостей.

#### **Кластерный и факторный анализ**

Сущность кластерного анализа и области его применения. Многомерное пространство признаков. Метод главных компонент. Методы кластеризации: (IZODATA, итеративный метод К-средних). Факторный анализ. Критерии, используемые для выделения основных факторов (критерий Кайзера, критерий каменистой осыпи). Метод максимального правдоподобия.

#### **Статистические пакеты и их взаимосвязь с существующими ГИС**

Специализированное программное обеспечение для пространственного статистического анализа данных. Статистический пакет R и его возможности работы с пространственными данными.

#### **Использование методов оптимизации**

Понятие об оптимизации (нахождение экстремума целевой функции в многомерном пространстве). Детерминированные, случайные, комбинированные методы оптимизации. Использование методов оптимизации при поиске места оптимального размещения объектов (транспортные задачи)

#### **Программные модули в составе ArcGis для геостатистического анализа**

Модуль Spatial Analyst. Методы интерполяции, используемые в Spatial Analyst. Расчет пространственных статистик (локальная, фокальная, зональная статистика). Методы пространственной фильтрации растровых данных (медианный фильтр, фильтр большинства, фильтр Гаусса, лапласиан, морфологическая фильтрация). Методы передискретизации растров.

Модуль Geostatistical Analyst, его основные возможности. Методы предварительного анализа данных в Geostatistical Analyst. Методы интерполяции и оценка ее точности.

## **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. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учебник для академического бакалавриата / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терехин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 321 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01698-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/434183>

2. Картография [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров "Картография и геоинформатика", "Геодезия и дистанционное зондирование" / М-во науки и высш. образования РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; ред. Н. В. Бажукова. - Пермь : ПГНИУ, 2020. - 309 с. - Электрон. версия печ. публикации 2020 г. - ISBN 978-5-7944-3455-2 <https://elis.psu.ru/node/619331>

### Дополнительная:

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

2. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник / И. К. Лурье. — М.: КДУ, 2010. — 425 с. : табл., ил. — ISBN 978-5-98227-706-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система БиблиоТех: [сайт]. <https://psu.bibliotech.ru/Reader/Book/7103>

3. Геоинформационные системы : лабораторный практикум / составители О. Е. Зеливянская. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2017. — 159 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/75569.html>

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

**gis.psu.ru** Кафедра картографии и геоинформатики

**gisa.ru** ГИС Ассоциация

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

Образовательный процесс по дисциплине **Математико-статистическое моделирование в картографии** 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-образовательной среде университета.

Лицензионный программный комплекс: ArcGIS

Программный комплекс с открытым кодом Q-GIS, GRASS, SAGA, ILVIS, GDAL

Архив открытых геоданных портала GIS-LAB.INFO.

ОС "Альт Образование"

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  
Математико-статистическое моделирование в картографии**

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

**ОПК.5**

**владеть современными методами естественнонаучных исследований, анализа данных, проектирования**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.5</b> владеть современными методами естественнонаучных исследований, анализа данных, проектирования</p>	<p>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 обработка 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 математико-статистический метод для решения поставленной задачи. Не владеет возможностями программного обеспечения и не может 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 математико-статистический метод для решения поставленной задачи, но не может довести решение до конца. Владеет возможностями программного обеспечения и может выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи</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 математико-статистический метод для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца, но испытывает трудности с обоснованием выбранного метода и интерпретацией результатов. Владеет возможностями программного обеспечения и может управлять параметрами программного инструмента для решения поставленной</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>задачи</p> <p style="text-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 математико-статистический метод для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца, способен обосновать выбор метода и дать исчерпывающую интерпретацию результатов. Владеет возможностями программного обеспечения, может управлять и обосновать выбор значений параметров программного инструмента для решения поставленной задачи</p>

### ПК.10

**уметь использовать инфраструктуры пространственных данных и геопорталы, методы и технологии обработки пространственной информации из различных источников для решения профессиональных задач**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.10</b> уметь использовать инфраструктуры пространственных данных и геопорталы, методы и технологии обработки пространственной информации из различных источников для решения профессиональных задач</p>	<p>Знать основы математической статистики, используемые при решении пространственных задач. Уметь сводить пространственные статистические зависимости к зависимостям от соответствующих факторов</p>	<p style="text-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 математико-статистический метод для решения поставленной задачи. Не владеет возможностями программного обеспечения и не может выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Показывает признаки понимания - примерно представляет, какими методами возможно решение поставленной задачи. Умеет найти и выбрать подходящий математико-статистический метод для решения поставленной задачи, но не может довести решение до конца. Владеет возможностями программного обеспечения и может выбрать подходящий инструмент для решения</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b> поставленной задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b> Понимает (но не может дать исчерпывающее обоснование), какими математико-статистическими методами следует решать поставленную задачу. Умеет найти и выбрать подходящий математико-статистический метод для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца, но испытывает трудности с обоснованием выбранного метода и интерпретацией результатов. Владеет возможностями программного обеспечения и может управлять параметрами программного инструмента для решения поставленной задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b> Полностью понимает и может обосновать необходимость применения тех или иных математико-статистических методов для решения поставленной задачи. Умеет найти и выбрать подходящий математико-статистический метод для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца, способен обосновать выбор метода и дать исчерпывающую интерпретацию результатов. Владеет возможностями программного обеспечения, может управлять и обосновать выбор значений параметров программного инструмента для решения поставленной задачи.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**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
<b>ПК.10</b> уметь использовать инфраструктуры пространственных данных и геопорталы, методы и технологии обработки пространственной информации из различных источников для решения профессиональных задач	Статистические пакеты и их взаимосвязь с существующими ГИС <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Понимает, какими методами следует решать поставленную задачу. Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи
<b>ПК.10</b> уметь использовать инфраструктуры пространственных данных и геопорталы, методы и технологии обработки пространственной информации из различных источников для решения профессиональных задач	Использование методов оптимизации <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Понимает, какими методами следует решать поставленную задачу. Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ОПК.5</b> владеть современными методами естественнонаучных исследований, анализа данных, проектирования <b>ПК.10</b> уметь использовать инфраструктуры пространственных данных и геопорталы, методы и технологии обработки пространственной информации из различных источников для решения профессиональных задач	Программные модули в составе ArcGis для геостатистического анализа <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Понимает, какими методами следует решать поставленную задачу. Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Статистические пакеты и их взаимосвязь с существующими ГИС**

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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Понимает и может обосновать необходимость применения тех или иных математико-статистических методов для решения поставленной задачи	10
Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца	10
Способен обосновать выбор метода и дать исчерпывающую интерпретацию результатов	10

#### **Использование методов оптимизации**

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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Понимает и может обосновать необходимость применения тех или иных математико-статистических методов для решения поставленной задачи	10
Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца	10
Способен обосновать выбор метода и дать исчерпывающую интерпретацию результатов	10

#### **Программные модули в составе ArcGis для геостатистического анализа**

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>
Понимает и может обосновать необходимость применения тех или иных математико-статистических методов для решения поставленной задачи	16
Умеет найти и выбрать подходящий инструмент для решения поставленной задачи. Доводит решение до конца	12
Способен обосновать выбор метода и дать исчерпывающую интерпретацию результатов	12