

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
академик РАН Добролюбов С.А.

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА**

---

**Уровень высшего образования:**  
*магистратура*

---

**Направление подготовки:**  
**05.04.02 «География»**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Физическая география и ландшафтоведение»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол №\_10\_ дата\_27 октября 2021 г.\_)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «География» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемые последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

*Программа не может быть использована без разрешения факультета.*

1. Место дисциплины в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.
2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «топография», «картография», «основы геоинформатики», «аэрокосмические методы географических исследований».
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
СПК-2.М ( <i>формируется частично</i> ) Владеет теоретическими знаниями и методами изучения потоков вещества, энергии и информации в ландшафте, методами пространственного анализа, моделирования процессов и структуры ландшафта и способен применять их на практике.	Знает и использует методы пространственного анализа, моделирования процессов и структуры ландшафта.	<b>Знать:</b> современные подходы к работе с пространственными данными, основы программирования на языке Python, а также возможности геоинформационного программного обеспечения для решения фундаментальных и прикладных задач в сфере профессиональной деятельности; <b>Уметь:</b> формализовать задачи работы с пространственными данными и подбирать оптимальные технологии их решения; <b>Владеть:</b> навыками программирования для решения тривиальных задач пространственного анализа, основными программными средствами, в том числе открытыми для решения комплексных задач.

4. Объем дисциплины 3 зачётные единицы (108 часов), в том числе 54 академических часа на контактную работу обучающихся (18 часов лекций, 36 часов семинаров) с преподавателем, 54 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Выполнение практических работ	Всего	
Тема 1. Введение	<b>3</b>	1	2			<b>3</b>	0	<b>0</b>	
Тема 2. Основы языка программирования Python	<b>14</b>	3	6			<b>9</b>	5	<b>5</b>	
Тема 3. Основы сетевого анализа	<b>9</b>	2	4			<b>6</b>	3	<b>3</b>	
Тема 4. Поиск пути наименьшей стоимости	<b>9</b>	2	4			<b>6</b>	3	<b>3</b>	
Тема 5. Генерализация пространственных данных	<b>9</b>	2	4			<b>6</b>	3	<b>3</b>	
Тема 6. Основы пространственной статистики	<b>9</b>	2	4			<b>6</b>	3	<b>3</b>	
Тема 7. Морфометрический и гидрологический анализ цифровых моделей рельефа	<b>9</b>	2	4			<b>6</b>	3	<b>3</b>	
Тема 8. Индексные изображения на основе ДДЗ	<b>9</b>	2	4			<b>6</b>	3	<b>3</b>	
Тема 9. Классификация, сегментация и машинное обучение ДДЗ	<b>9</b>	2	4			<b>6</b>	3	<b>3</b>	
Промежуточная аттестация – экзамен	<b>28</b>	<i>Устный экзамен</i>							<b>28</b>
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>54</b>							<b>54</b>

## Содержание лекций, семинаров

### Содержание лекций

**Тема 1. Введение.** Основные понятия геоинформатики. Модели и типы данных, типы геометрии, WKT. Представления данных. Форматы данных. Операции с векторными объектами: оверлей, буферизация, операции близости. Операции с растровыми данными: зональная статистика, фокальная статистика, локальная статистика, калькулятор растров. Элементы математической основы: геодезические системы координат, их параметры и формы представления, спроецированные системы координат. Типы проекций по искажениям и форме вспомогательной поверхности. Параметры проекций: начало координат, сдвиг начала координат, осевые меридианы и стандартные параллели. Местные системы координат.

**Тема 2. Основы языка программирования Python.** Интерфейс интерпретатора. Синтаксис языка. Понятие переменной. Арифметические операции в командной строке. Типы данных: текст, целые числа, числа с плавающей точкой. Списки: методы списков. Словари: методы словарей. Кортежи. Понятие о функции: параметры обязательные и необязательные, возврат значений. Основные стандартные библиотеки: os, math, random, time. Написание программ. Работа с интерпретатором через командную строку QGIS. Написание кода в QGIS для выполнения последовательности действий. Считывание геометрии объектов в QGIS.

**Тема 3. Основы сетевого анализа.** Абстрактные, пространственные и географические сети. Виды географических сетей. Основы теории графов: элементы графа, виды графов. Ориентированные и неориентированные графы. Циклические и дендритные сети. Показатели на графах. Понятие о центральности. Центральность по степени, центральность по промежуточности. Соотношение между центральностью и реальными показателями сети. Аккумуляция в ориентированных графах и способы её расчёта. Использование библиотеки NetworkX для работы с графами: чтение данных, добавление элементов, расчёт показателей.

**Тема 4. Поиск пути наименьшей стоимости.** Понятие о регулярном графе. Стоимость перемещения. Правила соседства на регулярном графе. Алгоритмы поиска пути наименьшей стоимости. Поверхность стоимости. Изотропные и анизотропные поверхности. Способы учёта анизотропии. Метод аналитических иерархий при оценке факторов. Примеры применения методов для решения практических задач. Совершенствования метода: поиск мостов и тоннелей, построение экономического коридора, сглаживание маршрута, решение участков неоднозначности.

**Тема 5. Генерализация пространственных данных.** Понятие генерализации. Приёмы генерализации по К.А. Салищеву. Современное представление о приемах генерализации. Схематизация: стенокарты, анаморфозы. Генерализация множеств точечных объектов. Триангуляция Делоне и диаграмма Вороного. Закон Топфера. Алгоритмы кластеризации: k-средних, ISODATA. Районирование. Генерализация линий и полигонов: упрощение и сглаживание. Генерализация растров. Передискретизация и интерполяция. Построение пирамид. Агрегирование данных. Проблема изменяемой территориальной единицы (MAUP).

**Тема 6. Основы пространственной статистики.** Основы геостатистики. Стационарность и эргодичность. Простой кригинг. Обычный кригинг. Ковариация и вариограмма. Универсальный кригинг. Виды вариограмм. Пространственная зависимость и пространственная гетерогенность. Линейная регрессия. Пространственная регрессия. Остатки регрессии. Пространственные веса. Пространственная автокорреляция. Оценка однородности. Индекс Морана. Индекс Гетис-Орд. Пространственная авторегрессия. Географически взвешенная регрессия.

**Тема 7. Морфометрический и гидрологический анализ цифровых моделей рельефа.** Цифровые модели рельефа: источники и виды. Производные поверхности от ЦМР. Углы наклона, экспозиции склонов. Кривизны поверхности. Вертикальная и горизонтальная расчлененность. Выявление форм рельефа. Эрозионный потенциал склонов. Оценка открытости небосвода. Основы гидрологического анализа ЦМР: направление тока и аккумуляция, построение речной сети. Модель RUSLE.

**Тема 8. Индексные изображения на основе ДДЗ.** Источники данных дистанционного зондирования. Атмосферная, радиометрическая и геометрическая коррекция. Категории снимков Landsat. Вегетационные индексы и их вариации. Индексы, скорректированные за влияние почвы и атмосферы. Индексы гари. Особенности отражения излучения в инфракрасном диапазоне. Почвенные индексы. Прочие тематические индексы. Радиолокационная съемка: особенности и параметры. Использование изображений в разных диапазонах радиоволн. Вертикальная, горизонтальная и кросс-поляризация.

**Тема 9. Классификация, сегментация и машинное обучение ДДЗ.** Понятие о спектральном пространстве. Кластеризация и классификация с обучением. Создание обучающих выборок. Объектно-ориентированный анализ изображений. Сегментация. Спектральная и пространственная близость. Основы работы в Google Earth Engine. Синтаксис языка программирования Javascript. Оценка точности сегментации. Метрики машинного обучения. Понятие о нейронных сетях и глубоком обучении.

#### *План проведения семинаров*

1. Обсуждение теоретических основ пройденного на лекции материала
2. Обсуждение и постановка задачи практической работы
3. Изучение исходных данных и параметров
4. Обсуждение алгоритма решения задачи
5. Выбор программного обеспечения и реализация

#### **7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):**

Текущая аттестация. Устный опрос по пройденным темам

##### *Примерный перечень практических работ по дисциплине*

1. Решение задач по автоматизации расчётов с помощью языка Python;
2. Написание кода Python для автоматизации выполнения задания из курса «Основы геоинформатики»;
3. Подготовка модели речной сети и расчёт аккумуляции экологической нагрузки на сеть с помощью библиотеки NetworkX;
4. Подготовка поверхности стоимости и поиск пути наименьшей стоимости для строительства железной дороги;
5. Генерализация и агрегирование точечных данных, MAUP;
6. Кригинг по точечным данным. Изучение вариограмм;
7. Географически взвешенная регрессия на основе перечня ландшафтных факторов для оценки распределения показателя;
8. Применение модели RUSLE;

9. Автоматизация выделения гарей на определенную территорию в среде Google Earth Engine;
10. Автоматизированное дешифрирование в среде Google Earth Engine.

*Примерный перечень вопросов для экзамена*

1. Структуры данных в языке Python. Их особенности, свойства и методы;
2. Элементы математической основы в ГИС. Представление в виде WKT;
3. Перепроецирование данных в ГИС. Параметры перехода;
4. Определение, виды и свойства графов;
5. Виды географических сетей: их свойства и отличия;
6. Сетевой анализ: основные показатели графа;
7. Центральность в сетевом анализе;
8. Расчёт аккумуляции в ациклическом ориентированном графе;
9. Поиск пути наименьшей стоимости: основные понятия;
10. Методы создания поверхности стоимости;
11. Совершенствование алгоритма поиска пути наименьшей стоимости;
12. Индексные изображения для выявления гарей;
13. Вегетационные и почвенные индексы;
14. Машинное обучение при классификации космических снимков;
15. Виды сегментации космических изображений и её параметры;
16. Остаточная поверхность в географически взвешенной регрессии;
17. Пространственная автокорреляция и способы её оценки;
18. Расчёт вертикальной и горизонтальной расчленённости по ЦМР;
19. Гидрологический анализ ЦМР;
20. Методы генерализации линий.

**Шкала и критерии оценивания**

**Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины – экзамен (в устной форме).

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<b>Знания</b> (виды оценочных	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не	Сформированные

<i>средств: устный опрос, тесты)</i>			структурированные знания	систематические знания
<b>Умения</b> ( <i>виды оценочных средств: практические контрольные задания)</i> )	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> ( <i>виды оценочных средств: практические контрольные задания)</i> )	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Лурье И. К., Самсонов Т. Е. Основы геоинформатики. — Географический факультет МГУ Москва, 2016. — 200 с.
- Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. — Книжный дом Университет Москва, 2016. — 424 с.

#### *Дополнительная литература:*

- Новаковский Б.А., Прасолова А.И., Прасолов С.В. Цифровая картография: цифровые модели и электронные карты. – М.: изд-во МГУ, 2000. – 116с.
- Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика теория и практика / под ред. Р.В. Арутюняна; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАНМ.: Москва, "Наука", 2010 г. - 327 стр.
- Shekhar S., Xiong H., Zhou X. (Eds.) Encyclopedia of GIS, 2nd ed. 2017, LIV, 2507 p. 1054 illus., 507 illus. in color. In 3 volumes.
- Козлов Д.Н. Цифровое картографирование природных и природно-антропогенных геосистем и их компонентов // «Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее. Материалы XVII научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего востока (Иркутск, 11-16 апреля 2011 г.). – Иркутск: издательство института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – 236 С.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
    - Не требуется
  - Не лицензионное программное обеспечение
    - ГИС-пакет QGIS версии не старше 3.10
    - ГИС-пакет SAGA GIS версии не старше 7.0.0
    - Интегрированная среда разработки PyCharm Community Edition версии не старше 2016
    - Браузер Google Chrome
  
  - Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
    - Справочный ресурс для разработчиков в среде Google Earth Engine: <https://developers.google.com/earth-engine>
    - Справочный ресурс и поддержка пользователей QGIS: [https://docs.qgis.org/2.18/ru/docs/user\\_manual/preamble/help\\_and\\_support.html](https://docs.qgis.org/2.18/ru/docs/user_manual/preamble/help_and_support.html)
    - Основы геоинформатики: практикум в QGIS: <https://aentin.github.io/qgis-course/>
    - Документация библиотеки NetworkX для Python: <https://networkx.org/documentation/networkx-2.2/>
  
  - Описание материально-технической базы
- Учебная аудитория с мультимедийным проектором

6. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Карпачевский Андрей Михайлович, н.с. каф. картографии и геоинформатики.

11. Разработчики программы: Карпачевский Андрей Михайлович, н.с. каф. картографии и геоинформатики.