

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
член-корр. РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
ТРЕХМЕРНОЕ ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЕ**

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки:
05.04.03 «Картография и геоинформатика»

Направленность (профиль) ОПОП:
Геоинформационные и аэрокосмические методы картографирования

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 12, дата 08.12.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Картография и геоинформатика» (*программы магистратуры, реализуемым 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

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к: к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения;

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам: Математика, Информатика, Высшая математика, Основы геоинформатики, Основы цифровой картографии, Геоинформатика, Визуализация пространственных данных, Основы дистанционного зондирования Земли, Дешифрирование аэрокосмических снимков, Фонд космических снимков.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
МПК- 4 (<i>формируется частично</i>) способен осуществлять построение и оценку качества трехмерных цифровых моделей местности, в том числе по данным стереосъемки и лазерного сканирования, визуализировать их в средах виртуальной и дополненной реальности, выполнять трёхмерный пространственный анализ для исследования состояния и динамики географических объектов	МПК- 4.1. Применяет методологию и владеет технологией создания трехмерных цифровых моделей местности для научной и практической деятельности	Знать: историю, современное состояние и тенденции развития трехмерного моделирования; принципы создания трехмерных цифровых моделей местности; Уметь: формулировать цель создания трехмерной цифровой модели местности и решаемые с помощью нее задачи и выбирать оптимальные пути для ее создания; Владеть: методологическими основами и подходами к созданию трехмерных цифровых моделей местности, программным обеспечением для создания трехмерных каркасных объектов, геометрической обработки материалов радиолокационной интерферометрии и наземной цифровой стереосъемки.

4. Объем дисциплины (модуля) 3 з.е., в том числе 54 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 академических часа 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 (модуля), 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 (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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	Самостоятельное выполнение практической	Работа с литературой	Подготовка реферата	Всего
1. Введение. Основы виртуального геодезирования. Создание простой виртуальной модели местности (BMM) в QGIS	5	2	1	-	-	3	1	1		2
2. Создание трехмерных каркасных (mesh) моделей объектов	9	1	2	-	-	3	4	2		6
3. Создание материалов, освещения, окружения в трехмерных моделях местности	9	1	2	-	-	3	4	2		6
4. Источники данных для создания трехмерных модели местности	34	4	14	-	-	18	12	4		16
5. Технологии создания трехмерных моделей местности	23	6	11	-	-	17	4	2		6
6. Географические модели виртуальной и дополненной реальности	11	2	4	-	-	6	4	1		5
Текущая аттестация 1: защита реферата	13	-	3	-	-	3	-		10	10
7. Заключение.	1	-	1	-	-	1	-			
Промежуточная аттестация зачет	3	<i>Устный зачет</i>						3		

Итого	108	54	54
--------------	------------	-----------	-----------

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

1. Введение.

Определения трехмерного геомоделирования и трехмерной модели местности. Краткая история трехмерного моделирования. Принципы создания и сферы применения трехмерных моделей местности. Компоненты трехмерных моделей местности. Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами картографического профиля.

2. Создание трехмерных каркасных (mesh) моделей объектов

Понятие о твердотельном и каркасном моделировании. Основные программные продукты для создания твердотельных и каркасных моделей. Высокполигональные и низкполигональные модели. Установка, системные требования, интерфейс, управление окнами, основные функции, горячие клавиши программы Blender. Инструменты трехмерного редактора, перемещение в трехмерном пространстве, способы выделения и манипуляции с объектами, пропорциональное редактирование.

3. Создание материалов, освещения, окружения в трехмерных моделях местности

Модификаторы, материалы и текстуры. Работа с шейдерами и нодами. UV–развертка. Эффекты окружающей среды и источники света. Основы анимации и физической симуляции. Настройки рендеринга.

4. Источники данных для создания трехмерных модели местности

Наземное лазерное сканирование – источник данных об объектах. Физические основы. Импульсный, фазовый и метод оптической триангуляции. Сравнительный обзор технических характеристик наземных лазерных сканеров.

Радиолокационная интерферометрия - источник данных о рельефе. Понятие о радиолокационной интерферометрии. Требования к исходным данным. Алгоритм построения ЦМР по данным интерферометрической съемки.

Наземная цифровая стереосъемка - источник данных о рельефе. Понятие о наземной цифровой стереосъемке. Базис стереосъемки и требование к исходным данным.

5. Технологии создания трехмерных моделей местности

Современный уровень компьютерной графики. Игровые движки. Современные технологии создания трехмерных моделей местностей. Требования к компьютерам и программное обеспечение. Оптимизация моделей. Методика оценки точности трехмерной модели местности. Сравнительный анализ трехмерных моделей, построенных по различным источникам. Трехмерные модели местности в задачах географического анализа.

Цифровые двойники городов: методика создания, решаемые задачи. Создание трехмерной веб-ГИС ipano3D на примере г. Москвы.

3D-картография как инструмент эфирной инфографики. Город, который построило Unity: от геоданных к фотореалистичному макету.

Создание трехмерной модели г. Москвы: взаимодействие картографов и программистов Unity

6. Географические модели виртуальной и дополненной реальности

Понятие о виртуальной, дополненной и смешанной реальности. Иммерсивное оборудование. Оборудование, программное обеспечение и технические возможности VR-кластера МГУ.

Содержание семинаров

Семинар 1. Создание трехмерной модели местности в QGIS.

Установка и настройка необходимых модулей QGIS: QuickMapServices, QuickOSM, QGIS2threejs.

Семинар 2. Создание простой каркасной модели в Blender

Изучение инструментов трехмерного редактора, перемещения в трехмерном пространстве, способов выделения и манипуляции с объектами, пропорционального редактирования на примере создания сцены с островом и маяком.

Семинар 3. Работа с материалами, текстурирование и настройка окружения в Blender

Настройка материалов, текстур и окружения для сцены с островом и маяком. Установка необходимых расширений для Blender, импорт цифровой модели рельефа, импорт мозаики космических снимков. Текстурирование мозаикой космических снимков BlueMarble.

Семинар 4-5. Создание трехмерной модели электроподстанции по данным наземного лазерного сканирования

Импорт точек наземного лазерного сканирования в Blender, импорт объектов электрооборудования подстанции из библиотеки, модификация объектов и их размещение в облаке точек, настройка материалов и освещения. Редактирование облака точек в Blender.

Семинар 6. Создание ЦМР по данным радиолокационной интерферометрии и оценка ее точности

Загрузка необходимых модулей в SNAP, импорт и обработка интерферометрических снимков Sentinel-1, построение ЦМР и оценка ее точности: по формуле и по профилям (в сравнении с SRTM).

Семинар 7. Создание ЦМР по данным наземной цифровой стереосъемки

Импорт и обработка снимков с БПЛА в Agisoft Metashape, создание ЦМР и оценка ее точности, настройка текстур и освещения, импорт 3D объектов, географический анализ

Семинар 8. Создание ЦМР по данным съемки с БПЛА

Импорт и обработка снимков с БПЛА в Agisoft Metashape, создание ЦМР и оценка ее точности, настройка текстур и освещения, импорт 3D объектов, географический анализ

Семинар 9. Редактирование трехмерной сцены в WebGL (на примере irano3D)

Поиск и загрузка трехмерных объектов зданий, дорожных знаков и коммуникаций в трехмерную веб-среду irano3D

Семинар 10-11. Unity - межплатформенная среда разработки компьютерных игр

Знакомство с приложением, созданным на основе Unity, выполнение простых операций.

Семинар 12. Создание геомодели дополненной реальности

Создание векторного слоя объектов в QGIS и их трехмерная визуализация с помощью QGIS2treejs (см. семинар 1). Импорт трехмерных объектов в OpenSpace 3D. Создание и настройка AR-маркера. Добавление трехмерных объектов в видеопоток с камеры смартфона. Экспорт в мобильное приложение.

Семинар 13. Доклады студентов по темам рефератов (с презентацией).

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

Текущая аттестация №1. Защита реферата

Примерный перечень тем для рефератов

1. Виртуальное моделирование физических процессов
2. Решение задач географического анализа с помощью виртуальных моделей местности
3. Применение виртуальных моделей местности в архитектуре, строительстве и проектировании
4. Виртуальное моделирование местности в исторических реконструкциях
5. Применение виртуальных моделей местности при оценке рисков и управлением ЧС
6. Применение виртуальных моделей местности в исследованиях природной среды
7. Иммерсивные гарнитуры виртуальной реальности
8. Эволюция виртуальных географических моделей местности
9. Цифровые двойники городов: технологии создания и сферы применения
10. Пространственно-временные виртуальные модели местности

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Трёхмерная модель местности и ее компоненты. Примеры трёхмерных ГИС
2. Применение трёхмерных моделей местности в исследованиях природной среды
3. Применение трёхмерных моделей местности в архитектуре, строительстве и проектировании
4. Применение трёхмерных моделей местности при оценке рисков и управлением ЧС
5. Технологии и программное обеспечение для создания трёхмерных моделей местности
6. Создание трёхмерной модели местности в QGIS
7. Твёрдотельное и каркасное моделирование
8. Работа с материалами и текстурами в Blender
9. Источники данных для создания трёхмерных моделей местности.
10. Трёхмерное моделирование на основе данных наземного лазерного сканирования
11. Технические характеристики наземных лазерных сканеров
12. Создание ЦМР на основе наземной цифровой стереосъемки
13. Создание ЦМР на основе данных с БПЛА

14. Создание ЦМР на основе данных радиолокационной интерферометрии
15. Оценка точности ЦМР, полученной по данным радиолокационной интерферометрии
16. Создание ЦМР на основе данных воздушного лазерного сканирования
17. Виртуальная, дополненная, смешанная реальности.
18. Цифровые двойники городов
19. Принцип создания геомодели дополненной реальности в Open Space 3D
20. Возможности трехмерных моделей местности в решении задач географического анализа

Шкала и критерии оценивания

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: устный опрос, реферат)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

Основная рекомендуемая литература:

1. А.М. Берлянт. Виртуальные геоизображения. – М., Научный мир, 2001.
2. Хуэй Линь, Мин Чен, Гуоян Лу, Цин Чжу, Цзяньхуа Гун, Сюн Ю, Юннин Вэнь, Бинли Сюй, Минюань Ху. 2013. Виртуальные географические среды (VGE): новое поколение инструментов географического анализа. Earth-Science Reviews, 126.
3. Меженин А.В. Технологии разработки 3D моделей – Университет ИТМО, Спб, 2018.
4. Серова М.Н. Учебник-самоучитель по трехмерной графике в Blender 3D. Моделирование, дизайн, анимация, спецэффекты. – М., Солон-пресс, 2021 г.

5. Ван Хао, Лопух П.С. Виртуальная географическая среда как новый подход познания географического пространства// в сб. научных трудов по материалам 1-й Международной научно-практической конференции «Гуманитарное и социально-научное знание: теоретические исследования и практические разработки», Издательство: Профессиональная наука, 2020. Электронный ресурс http://scipro.ru/conf/proceedings_05082020.pdf#page=107

Дополнительная литература:

1. Вдовин А.С., Рафикова С.Д. Трехмерное моделирование и комплексный анализ территории средствами геоинформационных систем. Электронный ресурс http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz30_pril/041/041.htm
2. Хуэй Линь, Мин Чен * Гуонян Ур. Виртуальная географическая среда: рабочее пространство для компьютерных географических экспериментов. Анналы Ассоциации американских географов, 2013, 103 (3): 465-482.
3. Alhassanieh, N., Nassar, M., Aouad, A. et al. OLS modeling using GIS for aviation safety within a challenging topographic and urban neighborhood: the case of Beirut Rafic Hariri International Airport. Arab J Geosci 14, 1835 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07981-9>
4. Bo Huang, Bin Jiang & Hui Li (2001) An integration of GIS, virtual reality and the Internet for visualization, analysis and exploration of spatial data, International Journal of Geographical Information Science, 15:5, 439-456, DOI: 10.1080/13658810110046574
5. Guo, F., Yang, J., Zhang, J., Zhang, Z., Xu, X., & Zhang, H. (2021). Research on assimilation simulation of chlorophyll a concentrations in a virtual geographic environment. Transactions in GIS, 00, 1– 17. <https://doi.org/10.1111/tgis.12813>
6. K. Al Kalbani and A. A. Rahman , "3D city model for monitoring flash flood risks in Salalah, Oman", International Journal of Engineering and Geosciences, vol. 7, no. 1, pp. 17-23, Feb. 2022, doi:10.26833/ijeg.857971
7. Kamel Boulos, M.N., Lu, Z., Guerrero, P. et al. From urban planning and emergency training to Pokémon Go: applications of virtual reality GIS (VRGIS) and augmented reality GIS (ARGIS) in personal, public and environmental health. Int J Health Geogr 16, 7 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12942-017-0081-0>
8. Lan Luo, Jun Zhu, Lin Fu, Saied Pirasteh, Weilian Li, Xiao Han & Yukun Guo (2021) A suitability visualisation method for flood fusion 3D scene guided by disaster information, International Journal of Image and Data Fusion, DOI: 10.1080/19479832.2021.1961315
9. Shan, P., Sun, W. Research on 3D urban landscape design and evaluation based on geographic information system. Environ Earth Sci 80, 597 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09886-y>
10. WebGL Tutorial <https://coderlessons.com/tutorials/web-razrabotka/izuchite-webgl/webgl-tutorial>

- Перечень лицензионного программного обеспечения
Blender, QGIS, SNAP, Agisoft Metashape Pro, OpenSpace 3D, ivCam, Open Office

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
 - реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
 - поисковая система научной информации www.scopus.com
 - электронная база научных публикаций www.webofscience.com
 - общедоступный репозиторий ПО <https://github.com/>
- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория, оборудованная персональными компьютерами с установленным программным обеспечением и выходом в Интернет для проведения семинарских занятий и мультимедийным проектором для проведения лекционных занятий.

1. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Терская Анна Игоревна, научный сотрудник кафедры картографии и геоинформатики, преподаватели кафедры картографии и геоинформатики: н.с. Михайлюкова Полина Геннадьевна, с.н.с. Энтин Андрей Львович, с.н.с. Рыльский Илья Аркадьевич, инженер лаборатории геоэкологии Севера Другов Михаил Дмитриевич, другие сотрудники кафедры картографии и геоинформатики по поручению заведующего кафедрой.

11. Разработчики программы: к.г.н. н.с. кафедры картографии и геоинформатики Терская Анна Игоревна; к.г.н. н.с. Михайлюкова Полина Геннадьевна; с.н.с. к.г.н. Энтин Андрей Львович; инженер лаборатории геоэкологии Севера Другов Михаил Дмитриевич; с.н.с. к.г.н. Рыльский Илья Аркадьевич.