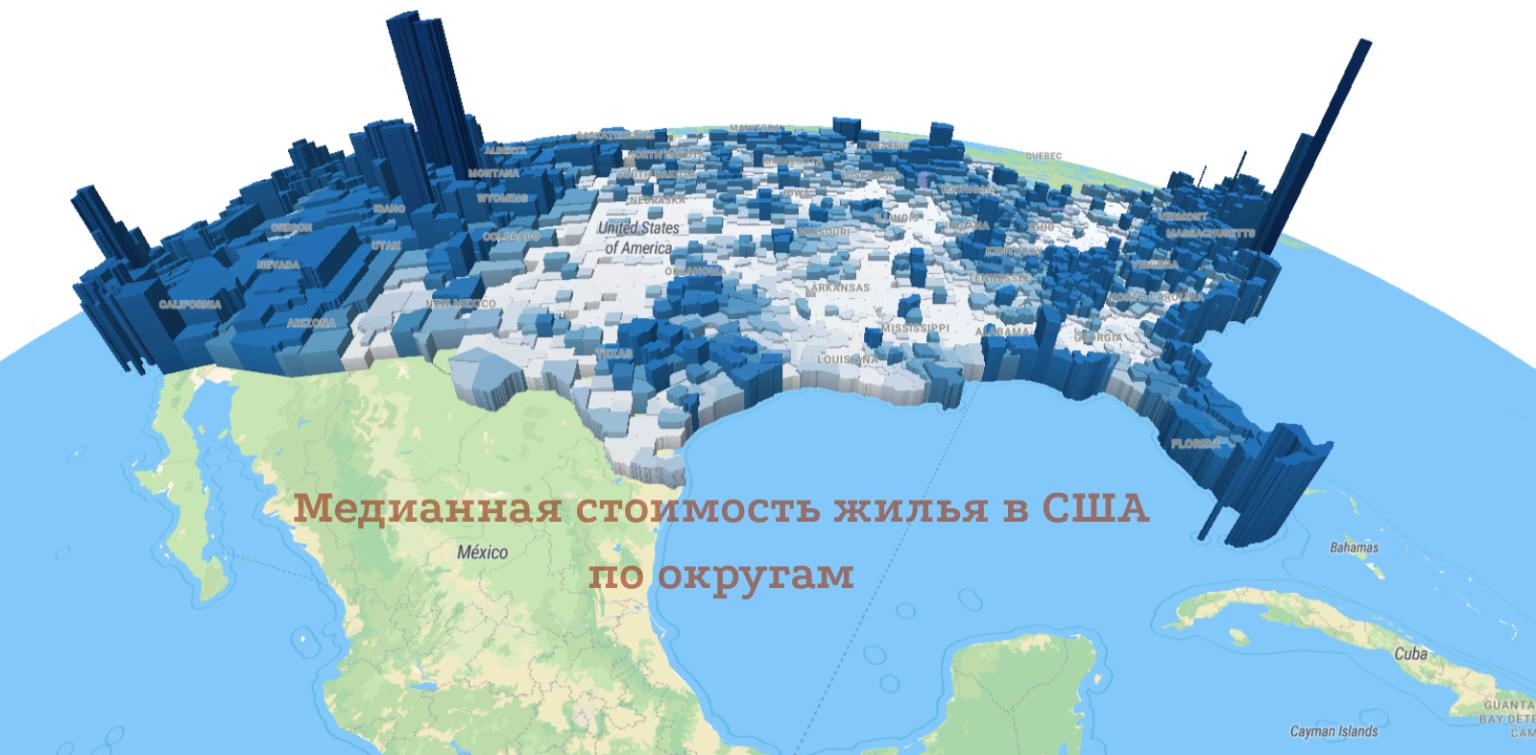


# Введение в программирование ГИС

Практическое руководство по  
использованию открытых  
геопространственных  
инструментов на Python

**Qiusheng Wu**



# Введение в программирование ГИС

Практическое руководство по Python для  
работы с геопространственными  
инструментами

Qiusheng Wu  
2025

# Contents

<b>Предисловие .....</b>	<b>1</b>
Введение .....	3
Для кого эта книга .....	3
Что охватывает эта книга .....	4
Как получить максимум от этой книги .....	5
Соглашения, используемые в этой книге .....	6
Загрузка примеров кода .....	6
Видеокурсы .....	7
Связаться с автором .....	7
Благодарности .....	8
Об авторе .....	8
Лицензирование и авторские права .....	9
<b>I: Установка программного обеспечения .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Обзор программных инструментов .....</b>	<b>13</b>
1.1. Введение .....	13
1.2. Цели обучения .....	13
1.3. Основные программные инструменты .....	13
1.4. Интеграция инструментов и рабочий процесс .....	15
1.5. Запуск примеров кода .....	16
1.6. Ключевые выводы .....	16
<b>2. Введение в управление пакетами Python .....</b>	<b>18</b>
2.1. Введение .....	18
2.2. Цели обучения .....	18
2.3. Установка Conda (Miniconda) .....	19
2.4. Понимание концепций Conda .....	21
2.5. Создание вашей первой геопространственной среды .....	21
2.6. Устранение неполадок Conda .....	22
2.7. Основные команды Conda .....	23
2.8. Знакомство с uv: быстрая альтернатива .....	27
2.9. Лучшие практики для управления пакетами .....	28
2.10. Ключевые выводы .....	29
2.11. Упражнения .....	30
<b>3. Настройка Visual Studio Code .....</b>	<b>32</b>
3.1. Введение .....	32
3.2. Цели обучения .....	32
3.3. Установка Visual Studio Code .....	33
3.4. Основные расширения для программирования на Python .....	33
3.5. Настройка VS Code для разработки Python .....	35
3.6. Основные горячие клавиши .....	37
3.7. Ссылки и дальнейшее изучение .....	38
3.8. Ключевые выводы .....	39
3.9. Упражнения .....	39
<b>4. Контроль версий с Git .....</b>	<b>41</b>
4.1. Введение .....	41
4.2. Цели обучения .....	42
4.3. Настройка аккаунта GitHub .....	42

4.4. Установка Git .....	43
4.5. Настройка Git .....	43
4.6. Понимание концепций Git .....	44
4.7. Основные команды Git .....	44
4.8. Использование GitHub .....	48
4.9. Интеграция с VS Code .....	48
4.10. Лучшие практики для геопространственных проектов .....	49
4.11. Ключевые выводы .....	50
4.12. Упражнения .....	50
<b>5. Использование Google Colab .....</b>	<b>52</b>
5.1. Введение .....	52
5.2. Цели обучения .....	52
5.3. Начало работы с Google Colab .....	53
5.4. Настройка вашей геопространственной среды .....	54
5.5. Основные функции Colab .....	55
5.6. Запуск примеров кода в Colab .....	57
5.7. Ключевые выводы .....	57
5.8. Упражнения .....	57
<b>6. Работа с JupyterLab .....</b>	<b>59</b>
6.1. Введение .....	59
6.2. Цели обучения .....	59
6.3. Установка и настройка JupyterLab .....	59
6.4. Начало работы с JupyterLab .....	60
6.5. Основные сочетания клавиш .....	63
6.6. Запуск примеров кода на MyBinder .....	65
6.7. Ключевые выводы .....	65
6.8. Упражнения .....	66
<b>7. Использование Docker .....</b>	<b>68</b>
7.1. Введение .....	68
7.2. Цели обучения .....	68
7.3. Установка Docker Desktop .....	69
7.4. Основные концепции .....	70
7.5. Запуск примеров кода в Docker .....	71
7.6. Общие команды Docker .....	72
7.7. Ключевые выводы .....	73
7.8. Упражнения .....	74
<b>II: Основы программирования на Python .....</b>	<b>77</b>
<b>8. Переменные и типы данных .....</b>	<b>79</b>
8.1. Введение .....	79
8.2. Цели обучения .....	79
8.3. Переменные в Python .....	79
8.4. Именование переменных .....	80
8.5. Типы данных .....	81
8.6. Escape-символы .....	82
8.7. Комментарии в Python .....	83
8.8. Работа с переменными и типами данных .....	83
8.9. Основные операции со строками .....	84
8.10. Ключевые выводы .....	85

8.11. Упражнения .....	85
<b>9. Структуры данных Python .....</b>	<b>86</b>
9.1. Введение .....	86
9.2. Цели обучения .....	86
9.3. Кортежи .....	86
9.4. Списки .....	88
9.5. Множества .....	90
9.6. Словари .....	92
9.7. Руководство по выбору структуры данных .....	95
9.8. Ключевые выводы .....	96
9.9. Упражнения .....	97
<b>10. Операции со строками .....</b>	<b>99</b>
10.1. Введение .....	99
10.2. Цели обучения .....	99
10.3. Создание и манипулирование строками .....	99
10.4. Методы строк для геопространственных данных .....	101
10.5. Форматирование строк .....	104
10.6. Руководство по принятию решений для операций со строками .....	107
10.7. Ключевые выводы .....	108
10.8. Упражнения .....	108
<b>11. Циклы и условные операторы .....</b>	<b>110</b>
11.1. Введение .....	110
11.2. Цели обучения .....	110
11.3. Циклы For .....	110
11.4. Циклы While .....	112
11.5. Операторы управления: Принятие решений в вашем коде .....	113
11.6. Комбинирование циклов и операторов управления .....	115
11.7. Руководство по выбору циклов и операторов управления .....	117
11.8. Ключевые выводы .....	117
11.9. Упражнения .....	118
<b>12. Функции и классы .....</b>	<b>120</b>
12.1. Введение .....	120
12.2. Цели Обучения .....	120
12.3. Функции: Создание Блоков Многократно Используемого Кода .....	120
12.4. Классы: Организация Данных и Поведения Вместе .....	126
12.5. Комбинирование Функций и Классов .....	128
12.6. Рекомендации по Проектированию Функций и Классов .....	128
12.7. Ключевые Выводы .....	129
12.8. Упражнения .....	129
<b>13. Работа с файлами .....</b>	<b>131</b>
13.1. Введение .....	131
13.2. Цели обучения .....	131
13.3. Создание образца файла .....	131
13.4. Чтение и запись файлов .....	132
13.5. Обработка исключений .....	134
13.6. Комбинирование работы с файлами и обработки исключений .....	135
13.7. Работа с различными форматами файлов .....	137
13.8. Ключевые выводы .....	139

13.9.	Упражнения .....	140
<b>14.</b>	<b>Анализ данных с NumPy и Pandas .....</b>	<b>142</b>
14.1.	Введение .....	142
14.2.	Цели обучения .....	142
14.3.	Введение в NumPy .....	143
14.4.	Введение в Pandas .....	154
14.5.	Комбинирование NumPy и Pandas .....	161
14.6.	Ключевые выводы .....	162
14.7.	Дальнейшее чтение .....	163
14.8.	Упражнения .....	163
<b>III:</b>	<b>Геопространственное программирование на Python .....</b>	<b>165</b>
<b>15.</b>	<b>Введение в геопространственный Python .....</b>	<b>167</b>
15.1.	Введение .....	167
15.2.	Экосистема геопространственного Python .....	167
15.3.	Понимание взаимосвязей библиотек .....	168
15.4.	Настройка вашей среды .....	169
15.5.	Проверка и первые шаги .....	170
15.6.	Путь обучения и обзор глав .....	171
15.7.	Ключевые концепции для запоминания .....	172
15.8.	Получение помощи и ресурсы .....	172
15.9.	Следующие шаги .....	172
15.10.	Упражнения .....	173
<b>16.</b>	<b>Анализ векторных данных с GeoPandas .....</b>	<b>174</b>
16.1.	Введение .....	174
16.2.	Цели обучения .....	174
16.3.	Основные концепции .....	175
16.4.	Установка GeoPandas .....	175
16.5.	Создание GeoDataFrames .....	176
16.6.	Чтение и запись геопространственных данных .....	176
16.7.	Проекции и системы координатной привязки (CRS) .....	178
16.8.	Пространственные измерения и анализ .....	179
16.9.	Визуализация геопространственных данных .....	182
16.10.	Продвинутые геометрические операции .....	187
16.11.	Пространственные отношения и запросы .....	191
16.12.	Лучшие практики и соображения производительности .....	192
16.13.	Ключевые выводы .....	193
16.14.	Упражнения .....	194
<b>17.</b>	<b>Работа с растровыми данными с помощью Rasterio .....</b>	<b>195</b>
17.1.	Введение .....	195
17.2.	Цели обучения .....	196
17.3.	Установка Rasterio .....	196
17.4.	Чтение растровых данных .....	196
17.5.	Визуализация растровых данных .....	199
17.6.	Доступ к каналам растра и их обработка .....	208
17.7.	Запись растровых данных .....	210
17.8.	Обрезка растровых данных .....	211
17.9.	Ключевые выводы .....	214
17.10.	Упражнения .....	214

<b>18. Многомерный анализ данных с Xarray .....</b>	<b>217</b>
18.1. Введение .....	217
18.2. Цели обучения .....	217
18.3. Понимание модели данных Xarray .....	218
18.4. Настройка вашей среды .....	219
18.5. Загрузка и изучение реальных климатических данных .....	220
18.6. Работа с DataArrays .....	221
18.7. Интуитивный выбор и индексирование данных .....	223
18.8. Выполнение операций с многомерными данными .....	224
18.9. Визуализация данных с помощью Xarray .....	226
18.10. Работа с Datasets: множественные переменные .....	229
18.11. Мощь операций на основе меток .....	230
18.12. Продвинутые техники индексирования .....	232
18.13. Высокоуровневые вычислительные операции .....	232
18.14. Ввод и вывод данных .....	236
18.15. Ключевые выводы .....	237
18.16. Дополнительное чтение .....	238
18.17. Упражнения .....	238
<b>19. Растровый анализ с Rioxarray .....</b>	<b>240</b>
19.1. Введение .....	240
19.2. Цели обучения .....	240
19.3. Настройка среды Rioxarray .....	241
19.4. Загрузка и исследование геореференцированных растровых данных .....	241
19.5. Фундаментальные геопространственные операции .....	244
19.6. Работа с пространственными размерностями и разрешением .....	246
19.7. Визуализация геопространственных растровых данных .....	248
19.8. Хранение данных и управление файлами .....	252
19.9. Сравнение систем координат .....	254
19.10. Введение в математику полос .....	256
19.11. Ключевые выводы .....	260
19.12. Упражнения .....	260
<b>20. Интерактивная визуализация с Leafmap .....</b>	<b>263</b>
20.1. Введение .....	263
20.2. Цели обучения .....	264
20.3. Установка и настройка Leafmap .....	264
20.4. Создание интерактивных карт .....	265
20.5. Изменение базовых карт .....	269
20.6. Визуализация векторных данных .....	274
20.7. Создание хороплетных карт .....	279
20.8. Визуализация данных GeoParquet .....	281
20.9. Визуализация PMTiles .....	283
20.10. Визуализация растровых данных .....	287
20.11. Доступ и визуализация открытых данных Maxar .....	294
20.12. Ключевые выводы .....	301
20.13. Упражнения .....	301
<b>21. Геообработка с WhiteboxTools .....</b>	<b>305</b>
21.1. Введение .....	305
21.2. Цели обучения .....	305

21.3.	Почему Whitebox? .....	306
21.4.	Полезные ресурсы для Whitebox .....	307
21.5.	Установка Whitebox .....	308
21.6.	Анализ водосборных бассейнов .....	308
21.7.	Анализ данных LiDAR .....	323
21.8.	Ключевые выводы .....	331
21.9.	Упражнения .....	332
<b>22.</b>	<b>3D-картография с MapLibre .....</b>	<b>335</b>
22.1.	Введение .....	335
22.2.	Цели обучения .....	335
22.3.	Полезные ресурсы .....	335
22.4.	Установка и настройка .....	335
22.5.	Создание интерактивных карт .....	336
22.6.	Добавление элементов управления картой .....	337
22.7.	Добавление слоев .....	340
22.8.	Использование MapTiler .....	342
22.9.	3D Картографирование .....	344
22.10.	Визуализация векторных данных .....	351
22.11.	Визуализация растровых данных .....	361
22.12.	Добавление пользовательских компонентов .....	363
22.13.	Визуализация PMTiles .....	370
22.14.	Добавление слоев DeckGL .....	375
22.15.	Экспорт в HTML .....	378
22.16.	Ключевые выводы .....	379
22.17.	Упражнения .....	379
<b>23.</b>	<b>Облачные вычисления с Earth Engine и Geemap .....</b>	<b>381</b>
23.1.	Введение .....	381
23.2.	Цели обучения .....	381
23.3.	Введение в Google Earth Engine .....	381
23.4.	Введение в интерактивные карты и инструменты .....	384
23.5.	Каталог данных Earth Engine .....	390
23.6.	Типы данных Earth Engine .....	392
23.7.	Растровые данные Earth Engine .....	392
23.8.	Векторные данные Earth Engine .....	395
23.9.	Дополнительные инструменты для визуализации данных Earth Engine .....	397
23.10.	Обработка векторных данных .....	407
23.11.	Обработка растровых данных .....	409
23.12.	Экспорт данных Earth Engine .....	416
23.13.	Создание анимации покадровой съемки .....	418
23.14.	Построение графиков данных Earth Engine .....	424
23.15.	Ключевые выводы .....	454
23.16.	Упражнения .....	455
<b>24.</b>	<b>Визуализация гиперспектральных данных с HyperCoast .....</b>	<b>457</b>
24.1.	Введение .....	457
24.2.	Цели обучения .....	457
24.3.	Настройка окружения .....	458
24.4.	Поиск гиперспектральных данных .....	458
24.5.	Загрузка гиперспектральных данных .....	461

24.6. Чтение гиперспектральных данных .....	461
24.7. Визуализация гиперспектральных данных .....	462
24.8. Создание кубов изображений .....	464
24.9. Интерактивная нарезка .....	465
24.10. Интерактивная пороговая обработка .....	467
24.11. Ключевые выводы .....	468
24.12. Упражнения .....	469
<b>25. Высокопроизводительная геопространственная аналитика с DuckDB .....</b>	<b>471</b>
25.1. Введение .....	471
25.2. Цели обучения .....	472
25.3. Установка и настройка .....	472
25.4. Основы SQL для пространственного анализа .....	474
25.5. Интеграция Python API .....	479
25.6. Импорт данных .....	482
25.7. Экспорт данных .....	486
25.8. Работа с геометриями .....	488
25.9. Пространственные отношения .....	491
25.10. Пространственные соединения .....	493
25.11. Крупномасштабный анализ данных .....	497
25.12. Ключевые выводы .....	504
25.13. Упражнения .....	505
<b>26. Обработка геопространственных данных с GDAL и OGR .....</b>	<b>509</b>
26.1. Введение .....	509
26.2. Цели обучения .....	510
26.3. Установка и настройка .....	510
26.4. Примеры наборов данных .....	510
26.5. Понимание ваших данных .....	511
26.6. Преобразование координат .....	512
26.7. Конвертация форматов .....	512
26.8. Обрезка и маскирование .....	513
26.9. Анализ растров и вычисления .....	514
26.10. Конвертация между растровыми и векторными данными .....	516
26.11. Обработка геометрии .....	517
26.12. Управление полями и слоями .....	518
26.13. Тайлинг и управление данными .....	519
26.14. Продвинутая обработка растров .....	520
26.15. Анализ рельефа .....	522
26.16. Ключевые выводы .....	528
26.17. Ссылки и дополнительная литература .....	529
26.18. Упражнения .....	529
<b>27. Создание интерактивных панелей с Voilà и Solara .....</b>	<b>532</b>
27.1. Введение .....	532
27.2. Цели обучения .....	533
27.3. Установка Voilà и Solara .....	533
27.4. Введение в Hugging Face Spaces .....	534
27.5. Создание базового приложения Voilà .....	534
27.6. Создание продвинутого веб-приложения с помощью Solara .....	540
27.7. Ключевые выводы .....	546

27.8. Упражнения .....	547
<b>28. Распределённые вычисления с Apache Sedona .....</b>	<b>549</b>
28.1. Введение .....	549
28.2. Цели обучения .....	550
28.3. Установка и настройка Apache Sedona .....	550
28.4. Загрузка примеров данных .....	553
28.5. Основные концепции и структуры данных .....	553
28.6. Пространственные операции и функции .....	556
28.7. Пространственные соединения и индексирование .....	560
28.8. Продвинутый пространственный анализ .....	562
28.9. Чтение векторных данных .....	565
28.10. Визуализация векторных данных .....	568
28.11. Запись векторных данных .....	571
28.12. Чтение растровых данных .....	572
28.13. Визуализация растровых данных .....	573
28.14. Алгебра растровых карт .....	574
28.15. Зональная статистика растров .....	576
28.16. Запись растровых данных .....	577
28.17. Интеграция с GeoPandas .....	578
28.18. Реальные случаи использования .....	581
28.19. Ключевые выводы .....	583
28.20. Ссылки и дополнительная литература .....	584
28.21. Упражнения .....	584

# Предисловие

## Введение

Географические информационные системы (ГИС) и геопространственный анализ стали фундаментальными инструментами во многих дисциплинах – от экологии и городского планирования до бизнес-аналитики и общественного здравоохранения. По мере того как объём и сложность геопространственных данных продолжают экспоненциально расти, способность программно обрабатывать, анализировать и визуализировать эти данные стала важным навыком для исследователей, аналитиков и специалистов, работающих с пространственной информацией.

Python стал ведущим языком программирования для геопространственного анализа, предлагая богатую экосистему библиотек и инструментов, которые делают сложные пространственные операции доступными как для начинающих, так и для экспертов. Однако путь от новичка в Python до уверенного геопространственного программиста может показаться пугающим, с множеством библиотек для изучения и концепций для освоения.

Эта книга преодолевает этот разрыв, предоставляя структурированный, практический подход к изучению геопространственного программирования с Python. Вместо того чтобы перегружать вас продвинутыми техниками с самого начала, мы фокусируемся на построении прочного фундамента основных навыков, которые будут служить вам на протяжении всего вашего путешествия в геопространственном программировании. Каждая глава строится на предыдущих, обеспечивая развитие как теоретического понимания, так и практического опыта.

Подход, принятый в этой книге, основан на практическом опыте и примерах. Вы будете работать с реальными геопространственными наборами данных, решать практические проблемы и строить проекты, которые демонстрируют мощь Python для геопространственного анализа и визуализации. К концу этой книги у вас будет уверенность и навыки для решения собственных задач геопространственного программирования.

## Для кого эта книга

Эта книга предназначена для разнообразной аудитории учащихся, которые хотят использовать мощь Python для геопространственного анализа и визуализации:

**Студенты и исследователи** в области географии, экологии, городского планирования, науки о данных и смежных областей, которым нужно анализировать пространственные данные в рамках своей учёбы или исследований. Предыдущий опыт программирования не предполагается, хотя базовое знакомство с компьютерами и концепциями анализа данных будет полезным.

**ГИС-профессионалы**, которые в настоящее время используют настольное ГИС-программное обеспечение и хотят расширить свой инструментарий навыками программирования. Если вы работали с ArcGIS, QGIS или аналогичными инструментами и хотите автоматизировать рабочие процессы или выполнять анализы, которые сложны в традиционном ГИС-программном обеспечении, эта книга поможет вам совершить этот переход.

**Специалисты по данным и аналитики**, которые работают с данными на основе местоположения и хотят добавить возможности пространственного анализа к своему набору навыков. Если вы знакомы с основами Python, но новичок в геопространственных концепциях, эта книга познакомит вас с пространственным мышлением и инструментами, которые вам нужны.

**Разработчики программного обеспечения**, заинтересованные в создании приложений, которые работают с геопространственными данными. Независимо от того, разрабатываете ли вы

веб-картографические приложения, мобильные приложения с функциями местоположения или конвейеры обработки данных, эта книга предоставляет необходимый фундамент.

**Самоучки и люди, меняющие карьеру**, которые заинтересованы в растущей области геопространственной науки о данных. Книга не предполагает предварительного знания ни программирования на Python, ни концепций ГИС, что делает её доступной для мотивированных начинающих.

**Профессионалы в правительстве и промышленности**, которым нужно включить пространственный анализ в свою работу, такие как городские планировщики, экологические консультанты, исследователи рынка, координаторы логистики или должностные лица общественного здравоохранения.

Ключевое требование – любознательность и готовность учиться. Хотя опыт программирования полезен, он не является необходимым. Мы начинаем с основ и систематически строим знания.

## Что охватывает эта книга

Эта книга организована в три прогрессивных раздела, которые проведут вас от настройки программного обеспечения через основы Python до продвинутого геопространственного программирования:

**Настройка программного обеспечения** подготавливает вашу среду разработки со всем необходимым для геопространственного программирования. Вы изучите установку и настройку основных инструментов, включая Miniconda для управления пакетами, VS Code для разработки, Git для контроля версий и облачные альтернативы, такие как Google Colab и JupyterLab. Этот раздел обеспечивает прочный фундамент перед погружением в программирование.

**Основы программирования на Python** строят ваши основные навыки программирования через семь всеобъемлющих глав. Начиная с основ Python, вы освоите переменные и типы данных, структуры данных (списки, словари, множества), операции со строками, управление потоком с циклами и условиями, функции и классы, работу с файлами и анализ данных с NumPy и Pandas. Эти навыки образуют основу для всех задач геопространственного программирования.

**Геопространственное программирование с Python** включает четырнадцать специализированных глав, которые превратят вас в уверенного геопространственного программиста:

- **Введение в геопространственный Python** - Основные концепции и экосистема геопространственного Python
- **Анализ векторных данных с GeoPandas** - Работа с точками, линиями и полигонами
- **Растровые данные с Rasterio** - Обработка спутниковых изображений и сеточных наборов данных
- **Многомерный анализ данных с Xarray** - Обработка сложных научных наборов данных
- **Растровый анализ с Rioxarray** - Продвинутая обработка и анализ растровых данных
- **Интерактивная визуализация с Leafmap** - Создание динамических, интерактивных карт
- **Геообработка с WhiteboxTools** - Продвинутые операции пространственного анализа
- **3D-картография с MapLibre** - Создание трёхмерных визуализаций
- **Облачные вычисления с Earth Engine и Geemap** - Использование Google Earth Engine для крупномасштабного анализа
- **Визуализация гиперспектральных данных с HyperCoast** - Работа с гиперспектральными данными

- Высокопроизводительная геопространственная аналитика с DuckDB - Высокопроизводительная обработка пространственных данных
- Обработка геопространственных данных с GDAL и OGR - Работа с различными форматами геопространственных данных
- Создание интерактивных панелей с Solara - Создание интерактивных панелей для геопространственных приложений
- Распределённые вычисления с Apache Sedona - Обработка больших геопространственных наборов данных в распределённой среде

Каждая глава следует последовательной структуре:

- Чёткие объяснения концепций с контекстом реального мира
- Пошаговые примеры кода с подробными аннотациями
- Практические упражнения с использованием подлинных геопространственных наборов данных
- Общие подводные камни и руководство по устранению неполадок
- Ссылки на дополнительные ресурсы и дальнейшее чтение

Прогрессия тщательно спроектирована так, чтобы каждая глава строилась на предыдущих концепциях, вводя новые возможности, обеспечивая развитие как широты, так и глубины в геопространственном программировании.

## Как получить максимум от этой книги

Чтобы максимизировать ваш опыт обучения с этой книгой, рассмотрите следующие рекомендации:

**Настройте подходящую среду разработки:** Установите Python и необходимые библиотеки, как описано в первом разделе книги. Хорошо настроенная среда сэкономит вам время и избавит от фрустрации на протяжении всего вашего учебного путешествия. Рассмотрите использование conda или uv для управления вашими пакетами Python, поскольку это упрощает установку геопространственных библиотек.

**Следуйте примерам кода:** Эта книга предназначена для интерактивного использования. Не просто читайте код — набирайте его, запускайте и экспериментируйте с модификациями. Понимание приходит через практику, и каждый пример строит навыки, которые вам понадобятся позже.

**Выполняйте упражнения:** Каждая глава включает упражнения, предназначенные для закрепления изученных концепций. Это не дополнительные материалы — они являются неотъемлемой частью процесса обучения. Начните с направляемых упражнений, затем бросьте себе вызов своими собственными проектами.

**Используйте реальные данные:** Хотя книга предоставляет наборы данных для примеров и упражнений, попробуйте применить техники к данным из вашей собственной области или интересов. Это поможет вам понять, как концепции применяются к сценариям реального мира, и повысит уверенность в ваших способностях.

**Создавайте проекты:** По мере продвижения по книге рассмотрите работу над персональным проектом, который вас интересует. Это может быть анализ данных из ваших исследований, создание карт для вашего сообщества или решение проблемы, с которой вы столкнулись в работе.

**Будьте терпеливы к себе:** Программирование может расстраивать, особенно когда вы учитесь. Ожидайте ошибки, тратьте время на отладку и иногда чувствуйте себя застрявшими. Это нормально и часть процесса обучения. Делайте перерывы при необходимости и помните, что экспертиза развивается постепенно через постоянную практику. Если вы застряли, не стесняйтесь обращаться за помощью в репозиторий книги на GitHub.

**Продолжайте практиковаться:** Навыки в этой книге требуют регулярной практики для поддержания и развития. Выделяйте время регулярно для работы над проектами геопространственного программирования, даже если они небольшие.

## Соглашения, используемые в этой книге

Эта книга использует несколько соглашений, чтобы помочь вам навигировать по содержанию и понимать примеры кода:

**Форматирование кода:** Весь код Python появляется в моношириинном шрифте в блоках кода. Когда код появляется в обычном тексте, он форматируется как это. Имена файлов и каталогов также форматируются моношириинным шрифтом.

**Примеры кода:** Большинство примеров кода полные и запускаемые. Они включают комментарии, объясняющие ключевые концепции и техники, которые демонстрируются. Номера строк могут быть включены для справки в сопроводительном тексте.

```
# Это пример блока кода
import leafmap
m = leafmap.Map()
m.add_basemap("OpenTopoMap") # добавить базовую карту к карте
m
```

**Инструкции командной строки:** Команды для ввода в командной строке или терминале показаны с приглашением \$ :

```
$ pip install leafmap
$ python script.py
```

## Загрузка примеров кода

Все примеры кода, наборы данных и дополнительные материалы для этой книги свободно доступны на GitHub:

<https://github.com/giswqs/intro-gispro>

Чтобы загрузить материалы, вы можете использовать один из следующих методов:

- Клонировать репозиторий (если у вас установлен Git):

```
$ git clone https://github.com/giswqs/intro-gispro.git
```

- Загрузить как ZIP (если вы предпочитаете не использовать Git):

- Посетите страницу репозитория GitHub
- Нажмите зелёную кнопку **Code**
- Выберите **Download ZIP**
- Извлеките файлы в предпочтаемое место
- **Просматривать отдельные файлы** онлайн через интерфейс GitHub, если вам нужны только конкретные примеры

Репозиторий регулярно обновляется исправлениями, улучшениями и дополнительными примерами. Проверяйте периодически обновления или **следите** за репозиторием на GitHub, чтобы получать уведомления об изменениях.

Если вы найдёте ошибки в коде или у вас есть предложения по улучшениям, пожалуйста, откройте issue или отправьте pull request на GitHub. Вклад сообщества помогает сделать этот ресурс лучше для всех.

## Видеоуроки

Дополняя письменное содержание, эта книга поддерживается всеобъемлющей серией видеоуроков, которые проходят через ключевые концепции и предоставляют дополнительные примеры:

<https://tinyurl.com/intro-gispro-videos>

Видео предназначены для дополнения, а не замены письменного материала. Они особенно полезны для:

- Визуальных учащихся, которые получают пользу от наблюдения за написанием и выполнением кода
- Понимания сложных концепций через множественные объяснения
- Изучения рабочего процесса разработки и лучших практик
- Понимания того, как подходить к проблемам и отлаживать ошибки

Плейлист организован в соответствии со структурой книги. Вы можете смотреть их по порядку, продвигаясь по книге, или переходить к конкретным темам по мере необходимости.

Видео были созданы осенью 2024 года, когда я преподавал курс **Introduction to GIS Programming**<sup>1</sup> в Университете Теннесси. Хотя курс завершился, видео остаются актуальными и могут использоваться как справочник для книги. Дополнительные видео будут добавлены в будущем.

## Связаться с автором

Я приветствую отзывы, вопросы и предложения от читателей. Ваш вклад помогает улучшить книгу и делает её более полезной для сообщества геопространственного программирования.

**Для вопросов и обсуждений, связанных с книгой:**

- GitHub Issues: <https://github.com/giswqs/intro-gispro/issues>
- GitHub Discussions: <https://github.com/giswqs/intro-gispro/discussions>

**Типы отзывов, которые особенно полезны:**

---

<sup>1</sup><https://geog-312.gishub.org>

- Ошибки или неясные объяснения в тексте или коде
- Предложения дополнительных примеров или случаев использования
- Идеи для новых тем или глав
- Сообщения о проблемах совместимости с различными операционными системами или версиями библиотек
- Истории успеха о том, как вы применили техники из книги

## Благодарности

Эта книга была бы невозможна без вклада и поддержки многих людей и более широкого сообщества open-source геопространственных технологий.

**Сообщество открытого кода:** Эта книга строится на невероятной работе бесчисленных разработчиков open-source, которые создали и поддерживают экосистему геопространственного Python. Особая благодарность разработчикам и сопровождающим NumPy, Pandas, GeoPandas, Rasterio, Xarray, Rioxarray, Folium, ipyleaflet, MapLibre, GDAL и многих других библиотек, которые делают геопространственное программирование доступным.

**Студенты и коллеги:** Вопросы, вызовы и идеи студентов моих курсов геопространственного программирования в Университете Теннесси сформировали подход и содержание этой книги. Их отзывы о том, что работает, а что нет, были бесценными в создании материалов, которые действительно служат учащимся.

**Соавторы исследований:** Коллеги и соавторы в сообществе геопространственных исследований предоставили случаи использования из реального мира, наборы данных и проблемные сценарии, которые информируют практические примеры на протяжении всей книги.

**Семья и друзья:** Написание технической книги требует значительного времени и фокуса. Я благодарен за терпение и поддержку семьи и друзей, которые понимали многие вечера и выходные, посвящённые этому проекту.

**Более широкое ГИС-сообщество:** Геопространственная область построена на фундаменте обмена знаниями и инструментами. Эта книга является частью этой традиции, и я горжусь тем, что вношу вклад в ресурсы, доступные для изучения геопространственного программирования.

Эта книга была написана с использованием [MyST Markdown](#)<sup>2</sup> и скомпилирована с использованием [Typst](#)<sup>3</sup> с шаблоном [min-book](#)<sup>4</sup>. Благодарность разработчикам и сопровождающим проектов Typst и MyST Markdown. Особая благодарность [Maycon F. Melo](#)<sup>5</sup> за шаблон min-book и их помощь в настройке шаблона для этой книги.

Любые ошибки или упущения в этой книге остаются моей ответственностью. Я привержен решению проблем и улучшению содержания на основе отзывов читателей.

## Об авторе

Доктор Цюйшэн Ву является асьюнкт-профессором и директором аспирантуры в Департаменте географии и устойчивости Университета Теннесси в Ноксвилле. Он также является Amazon

<sup>2</sup><https://mystmd.org>

<sup>3</sup><https://github.com/typst/typst>

<sup>4</sup><https://github.com/mayconfmelo/min-book>

<sup>5</sup><https://github.com/mayconfmelo>

Scholar. Исследования доктора Ву фокусируются на геопространственной науке о данных и разработке программного обеспечения с открытым кодом, с акцентом на использование больших геопространственных данных и облачных вычислений для изучения экологических изменений, особенно динамики затопления поверхностных вод и водно-болотных угодий. Он является создателем нескольких широко используемых пакетов Python с открытым кодом, включая [geemap](#)<sup>6</sup>, [leafmap](#)<sup>7</sup>, [segment-geospatial](#)<sup>8</sup> и [geoai](#)<sup>9</sup>, которые поддерживают продвинутый геопространственный анализ и интерактивную визуализацию. Его работа с открытым кодом доступна в [Open Geospatial Solutions](#)<sup>10</sup> на GitHub.

## Лицензирование и авторские права

Эта книга принимает принципы открытой науки и открытого образования. Для поддержки прозрачности, обучения и повторного использования **примеры кода** в этой книге выпущены под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#). Это означает, что вы свободны копировать, изменять и распространять код, даже в коммерческих целях, при условии указания соответствующих авторских прав.

Пожалуйста, указывайте использование кода, ссылаясь на книгу или давая ссылку на репозиторий GitHub:

Wu, Q. (2025). *Introduction to GIS Programming: A Practical Python Guide to Open Source Geospatial Tools*. <https://gispro.gishub.org>

Хотя код свободно доступен, **текст, рисунки и изображения** в этой книге **защищены авторским правом** автора и не могут быть воспроизведены, перераспределены или изменены без явного разрешения. Это включает всё письменное содержание, пользовательские диаграммы и встроенные визуализации, если не указано иное.

Если вы хотите повторно использовать или адаптировать любой не-кодовый материал из книги — например, для преподавания, презентаций или публикаций — пожалуйста, свяжитесь с автором для запроса разрешения.

Этот двойной подход к лицензированию помогает сбалансировать открытый доступ к учебным материалам с защитой оригинальной творческой работы. Спасибо за соблюдение этих условий и поддержку сообщества геопространственных технологий с открытым кодом.

---

<sup>6</sup><https://geemap.org>

<sup>7</sup><https://leafmap.org>

<sup>8</sup><https://samgeo.gishub.org>

<sup>9</sup><https://opengeoai.org>

<sup>10</sup><https://github.com/opengeos>

# Введение в программирование ГИС

## Практическое руководство по использованию открытых геопространственных инструментов на Python

По мере того как спрос на пространственный анализ данных продолжает расти в различных областях — от экологических наук и градостроительства до общественного здравоохранения и бизнеса — возрастает и потребность в доступных и масштабируемых инструментах, способных справляться с геопространственной сложностью. Введение в программирование ГИС на Python — это ваше практическое руководство к освоению пространственного анализа.

Будь вы студентом, специалистом по ГИС, аналитиком данных или разработчиком, эта практическая книга предлагает структурированный и дружелюбный для новичков путь к геопространственному программированию с использованием Python. Вы начнёте с основ Python и постепенно перейдёте к продвинутому пространственному анализу и интерактивной визуализации с помощью мощных библиотек с открытым исходным кодом, таких как GeoPandas, Rasterio, и Leafmap.

Особенность этой книги — в её ориентированности на примеры: вы будете работать с реальными наборами данных, решать практические задачи и создавать значимые результаты — от статических карт до динамических веб-приложений. Каждая глава тщательно разработана, чтобы пошагово развивать ваши навыки, сочетая теорию, аннотированный код, практические упражнения и советы по устранению ошибок.

### Что вы узнаете:

- Как настроить среду разработки с помощью conda, VS Code, Git, Docker и облачных инструментов
- Базовые навыки программирования на Python — от переменных и структур данных до работы с файлами и библиотеки Pandas
- Обработку векторных и растровых данных, интерактивное картографирование, 3D-визуализацию и геообработку
- Облачные геопространственные вычисления с использованием Google Earth Engine и продвинутые темы, такие как гиперспектральные данные и пространственный SQL



Сканируйте QR-код, чтобы  
перейти на сайт книги и  
скачать примеры кода:  
<https://gispro.gishub.org>