

Программа учебной дисциплины «Методы пространственного анализа»

Утверждена
Академическим руководителем ООП
«30» мая 2018 г.

Автор	Гончаров Р.В., к.г.н., Котов Е.А., Шварева Т.Е. Автор онлайн-дисциплины: Карпов А.Д.
Число кредитов	3
Контактная работа (час.)	64
Самостоятельная работа (час.)	50
Курс	1 курс
Формат изучения дисциплины	С использованием онлайн курса (ссылка на онлайн курс: https://stepik.org/course/76)

I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Целями освоения дисциплины «Методы пространственного анализа» (адаптационный курс) являются:

- дать студентам систематизированное представление об основах пространственного анализа, базирующегося на традиционных картографических и на современных геоинформационных методах исследования;
- научить студентов базовым навыкам работы с современными геоинформационными системами (ГИС).

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- Основы картографии;
- Картографические способы изображения;
- Математические принципы построения картографических изображений, наиболее востребованные системы координат и проекции, типы искажений;
- Основные источники данных для составления картосхем (в том числе социально-экономической тематики) и способы их обработки;
- Этапы проектирования, составления и редактирования картосхем, особенности компоновки;
- Фундаментальные понятия геоинформатики и методы представления и организации пространственных данных;
- Принципы работы геоинформационных систем (ГИС);
- Существующие базовые методы пространственного анализа в ГИС;
- В части основ статистики знать:
 - понятие генеральной совокупности и выборки;
 - понятие и свойства нормального распределения;
 - центральную предельную теорему;
 - понятие тестирования гипотез;

- понятие статистической модели;
- понятие корреляции;
- основы регрессионного анализа;
- понятие статистической значимости и статистического вывода.

Уметь:

- Ориентироваться на современном рынке геоинформационных продуктов;
- Разрабатывать картографическую основу и тематическое содержание картосхем;
- Оценивать достоверность и актуальность источников информации;
- Создавать законченные картографические произведения, используя различные источники данных, в среде ArcGIS 10.1+ и/или QGIS 2.16+;
- Работать с различными типами данных, обрабатывать векторную и растровую информацию в ArcGIS 10.1+ и/или QGIS 2.16+, редактировать пространственные и связанные с ними атрибутивные данные;
- Создавать базы геоданных и работать с наборами и классами в базах геоданных;
- Реализовывать основные методы пространственного анализа (расчет геометрических характеристик, анализ наложения, расчет буферных зон, построение растровых поверхностей) в среде ArcGIS 10.1+ и QGIS 2.16+;
- Определять надежность проведенного анализа;
- Выполнять привязку и оцифровку растровых данных;
- Подбирать методы и стратегии анализа данных при помощи инструментов статистики;
- Сравнивать распределения, используя свойства нормального распределения;
- Интерпретировать статистические модели;
- Выбирать наилучшую статистическую модель.

Владеть навыками:

- Выбора методов и стратегий анализа данных при помощи инструментов статистики;
- Сравнения характера распределений, в т.ч. используя свойства нормального распределения;
- Интерпретации статистических моделей;
- Выбора оптимальной статистической модели.

В структуре ООП дисциплина «Методы пространственного анализа» является адаптационной.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Территориальное планирование и проектирование (1 и 2 годы обучения);
- Экономика города;
- Бизнес-планирование городских проектов (девелопмент);
- Методологические основы городского транспортного планирования;
- Управление городской коммунальной инфраструктурой;
- Механизмы финансирования городской инфраструктуры;
- Urban Analytics and Smart Cities (Городские данные и технологии умного города);
- Economics of Transport Projects, Transport Industry and Transportation Behavior (Экономика транспортных проектов, транспортного бизнеса и транспортного поведения);
- Технология транспортного планирования;

- Основы транспортной инженерии;
- Научно-исследовательский семинар «Актуальные проблемы развития городов»;
- Научно-исследовательский семинар «Методы городских исследований»

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- Базовыми навыками компьютерной грамотности, включая умение работать с архивами, с электронными таблицами, с файлами и папками;
- Базовыми знаниями о географии из школьного курса;

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Основы теории картографии.

История становления картографии как науки. Понятие о геоинформатике. Основные картографические дисциплины. Определение карты (картосхемы), ее критерии, элементы и свойства. Манипулятивные свойства картографического изображения. Современное состояние социально-экономического картографирования. Взаимодействие картографии и геоинформатики. Основные этапы проектирования и составления карт (понятие авторства в картографии). Существующие классификации карт.

Картографическая генерализация – сущность, виды и факторы. Виды генерализации. Географические принципы генерализации; генерализация объектов разной локализации. Проблемы автоматизированной генерализации и мультимасштабного картографирования.

Тема 2. Фундаментальные понятия геоинформатики и ГИС

Определение и задачи геоинформатики. Основные теоретические концепции в геоинформатике. Определение ГИС и двоякость трактовки. Основные этапы развития ГИС. Картосхема как один из продуктов ГИС. Техническое и программное обеспечение ГИС - требования к ПО, преобразования форматов данных, графическая визуализация информации, общая характеристика программных коммерческих ГИС-пакетов. Понятие о послышной организации данных.

Знакомство с ArcGIS 10.1+ и QGIS 2.16+ – интерфейс, различные способы отображения информации, построение простейших изображений. Работа в режиме данных и режиме компоновки. Понятие фрейма данных. Форматы данных и их совместимость с другими программными пакетами.

Тема 3. Математическая основа карт. Картографические способы изображения. Основы визуализации пространственных данных.

Математическая картография. Математическая основа карт – обобщенное понятие о геодезических и прямоугольных системах координат; теоретические основы проекций (базовые проекции и методы их распознавания, классификация проекций, принципы выбора проекций для решения различных картографических задач). Типы искажений и их природа. Классификация проекций по характеру искажений. Координатные сетки. Классификация проекций по виду нормальной картографической сетки. Работа с различными системами координат и проекциями в ArcGIS 10.1+ и QGIS 2.16+, совместимость данных с различной географической привязкой. Выбор оптимальной проекция для визуализации и проведения расчетов.

Картографическая семиотика. Картографические способы изображения (значки, линейные знаки, изолинии и псевдоизолинии, качественный и количественный фон, ареалы, знаки движения и т.д.). Выбор способа изображения для того или иного явления. Применение

картографических способов изображения в ArcGIS 10.1+ и QGIS 2.16+. Компоновка и редакционная подготовка картографических произведений. Принципы визуализации пространственных данных.

Тема 4. Картографические источники информации и различные типы данных в ГИС

Обзор различных источников картографических данных (картографические источники, материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), экономические данные, текстовые источники).

Представление и организация географической информации в базах данных ГИС (в т.ч. в базах геоданных). Типы и источники пространственных данных, понятие о векторных и растровых данных, понятие о ДЗЗ. Основные форматы данных, преобразования форматов. Качество данных и контроль ошибок (типы ошибок в данных и их источники, позиционная точность данных, точность атрибутивных данных, логическая непротиворечивость, полнота). Особенности интеграции разнотипных данных. Совмещение пространственных и табличных данных. Операции с растровыми и векторными данными в ArcGIS 10.1+ и QGIS 2.16+. Проблема геопривязки растровых данных. Создание новых классов пространственных данных.

Тема 5. Основы пространственного анализа и обработки пространственных данных

Методы использования карт – картографический метод исследования, система приемов анализа карт. Описания по картам, приемы математико-картографического моделирования. Способы работы с картами – изучение структуры, взаимосвязей, динамики.

Методы пространственного анализа и их реализация в ГИС. Классификация объектов, исследование взаимосвязей объектов. Фильтрация данных по атрибутивной информации. Анализ наложения, выбор объектов по пространственным критериям, построение запросов. Создание буферных зон, расчет геометрических характеристик объектов, тематическое согласование слоев. Понятие об интерполяции и анализе плотности. Использование методов пространственного анализа в комплексных урбанистических исследованиях.

Тема 6. Основы статистики

Генеральная совокупность и выборка. Понятие репрезентативности. Типы переменных. Меры центральной тенденции. Среднее, мода, медиана. График Box-Plot и его интерпретация. Меры изменчивости. Вариационный размах, дисперсия, среднее квадратичное отклонение. Понятие статистических выбросов и связанные с ними проблемы анализа данных. Центральная предельная теорема и ее свойства. Распределения и их характеристики. Гистограммы частот. График плотности распределения. Стандартное нормальное распределение. Правило трех сигм. Понятие z-стандартизации и ее роль в анализе данных. Проверка распределения на нормальность. Коэффициенты асимметрии и эксцесса. График Q-Q Plot. Понятие доверительного интервала для среднего. Статистические гипотезы и их проверка. Понятие р-уровня значимости и его интерпретация. T- распределение (распределение Стьюдента) и его свойства. Понятие степеней свободы. Сравнение средних двух групп. T-критерий Стьюдента, условия его применения и интерпретация. Дисперсионный анализ (ANOVA) и условия его применения. F-критерий (распределение Фишера) и его интерпретация. Множественные сравнения в ANOVA. Поправка Бонферрони и ее роль при множественных сравнениях. Многофакторный ANOVA. Взаимодействие факторов. Понятие корреляции. Диаграмма рассеяния. Оценка силы и направления связи между признаками. Ложная корреляция. Коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена, условия их применения и интерпретация.

Понятие линейной регрессии. Регрессия с одной независимой переменной. Метод наименьших квадратов и его применение в регрессионном анализе. Вид уравнения регрессии и его интерпретация. Коэффициент детерминации и его интерпретация в регрессионной модели. Условия применения одномерного регрессионного анализа. Задача предсказания значений зависимой переменной в регрессионном анализе. Множественная линейная регрессия. Уравнение множественной линейной регрессии и его интерпретация. Проверка на мультиколлинеарность и ее роль в множественном регрессионном анализе. Понятие кластерного анализа и его специфика

Графическое представление результатов кластерного анализа. Дендрограмма и ее интерпретация.

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Практические занятия

На 8 практических занятиях в компьютерном классе студентам предлагаются для выполнения практические задания для освоения разделов курса. За каждое задание студенту ставится оценка по 10-балльной шкале, критерии оценки могут варьировать в зависимости от содержания конкретного задания. Результатом каждого задания является графическое изображение, самостоятельно созданное студентом и сданное в срок через систему LMS. Если по каким-либо причинам какое-либо задание не отработано студентом, он имеет возможность его выполнить дома или в рамках специального занятия по отработке материала. Устанавливается предельный срок сдачи практических заданий – не позднее 2 недель с момента его выдачи. За сдачу задания позже этого срока оценка за соответствующее задание снижается. В случае несдачи задания в срок максимально возможная оценка за любое задание составляет «8» баллов.

Домашнее задание

В начале 2 модуля (ориентировочно на 9-й неделе практической части курса¹) студентам предлагается домашнее задание. Его цель – самостоятельное создание картосхемы² на основе собранных данных по тематике научной деятельности студента (либо любой другой, выбранной студентом). В задачи входит разработка методики сбора, обработки и визуализации материала, непосредственно сбор статистических и пространственных данных, их визуализация с помощью ГИС с компоновкой итогового графического изображения. Для выполнения домашнего задания в учебном плане предусмотрено одно занятие в компьютерном классе. По итогам проделанной работы студент презентует созданную картосхему на отдельном занятии. В ходе обязательной презентации (продолжительностью не более 5 минут) студенту необходимо охарактеризовать следующие обязательные аспекты домашнего задания:

- источники картографических данных;
- процесс составления картосхемы (обработка, анализ данных и описание методики расчетов, если применимо);
- использованные способы картографического изображения.

На выполнение домашнего задания отводится не менее 2 недель.

Экзамен

¹ Конкретные сроки могут быть изменены по решению преподавателя в зависимости от конфигурации расписания и выполнения студентами домашних заданий.

² включающей не менее 2 тематических слоев (за исключением слоев картографической основы)

Оценки на экзамене выставляются по 10-балльной шкале. Оценка складывается из оценки выполнения итогового задания по построению картосхемы на предложенную тему и результатов проведения анализа на основе предоставленных пространственных данных. Основными требованиями являются четкое выполнение поставленной расчетной задачи (получение правильного ответа) и оформление итогового материала согласно пройденным в рамках курса правилам оформления картосхем.

Основы статистики

По итогам прохождения онлайн-курса студентам предлагается задание по обработке статистических данных в статистических пакетах (Microsoft Office, Libre Office/Open Office), сопровождающееся семинарами по работе в соответствующем ПО. Оценка по основам статистики формируется из оценки за онлайн-курс (в соответствии с полученным сертификатом с весовым коэффициентом 0,3) и оценки за выполнение обозначенного выше задания (с весовым коэффициентом 0,7). В случае несогласия с итоговой оценкой студентам может быть назначено дополнительное собеседование по основам статистики, в соответствии с результатами которого оценка может быть скорректирована не более чем на 2 балла.

Порядок формирования оценок по дисциплине

Все оценки выставляются по 10-ти балльной шкале следующим образом:

- 10 – блестяще
- 9 – отлично
- 8 – почти отлично
- 7 – очень хорошо
- 6 – хорошо
- 5 – весьма удовлетворительно
- 4 – удовлетворительно
- 3 – плохо
- 2 – очень плохо
- 1 – неудовлетворительно

2. Результирующая оценка по дисциплине складывается из оценок за:

- Текущую работу;
- Прослушивание онлайн-курса по основам статистики;
- Работу на экзамене.

3. Оценка за текущую работу $O_{\text{текущая}}$ складывается из следующих компонентов:

- выполнение в срок всех заданий на практических занятиях;
- выполнение в срок домашнего задания;

4. Оценка за текущую работу определяется по формуле:

$$O_{\text{текущий}} = 0,4 * KP_1 + 0,4 * KP_2 + 0,2 * ДЗ$$

где:

KP — оценка за контрольные работы;

ДЗ — оценка за домашнее задание;

$$KP_1 = 0,25 * З_1 + 0,25 * З_2 + 0,25 * З_3 + 0,25 * З_4$$

$$КР_2 = 0,25 * Z_5 + 0,25 * Z_6 + 0,25 * Z_7 + 0,25 * Z_8$$

где:

Z — оценка за выполнение заданий на практических занятиях.

5. Результирующая оценка по дисциплине определяется по формуле:

$$O_{\text{результир.}} = k_1 O_{\text{текущий}} + k_2 O_{\text{экзамен}} + k_3 O_{\text{стат}}$$

где:

O_{экзамен} — оценка за работу на экзамене;

O_{стат.} — оценка за прохождение части по основам статистики;

$$k_1 = 0,6$$

$$k_2 = 0,3$$

$$k_3 = 0,1$$

6. Для подсчета результирующей оценки используются стандартные правила округления (до 0,5 баллов оценка округляется в меньшую сторону, после 0,5 включительно – в большую). На промежуточных этапах расчета текущей оценки могут использоваться десятичные значения – однако, финальная оценка за текущую работу округляется согласно стандартным правилам округления. При этом результирующая оценка **ниже 4 баллов не округляется до 4-х**. Например, если она составляет 3,8 балла, то это означает, что студент не перешел рубеж, необходимый для получения удовлетворительной оценки, и ему выставляется неудовлетворительная отметка «3» по 10-балльной шкале.

7. Пример расчета результирующей оценки:

$$O_{\text{текущий}} = 7$$

$$O_{\text{экзамен}} = 5$$

$$O_{\text{стат}} = 7$$

$$O_{\text{результир.}} = 0,6 * 7 + 0,3 * 5 + 0,1 * 7 = 6,4$$

С учетом округления O_{результир.} = 6 баллов

В случае возникновения спорных ситуаций на экзамене студенту может быть предложена беседа по теоретической части курса.

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Примерные темы практических заданий:

1. Создание картосхемы населения города
2. Картографирование динамики явлений
3. Картографирование городской среды
4. Привязка и векторизация растровых данных
5. Расчет зон пешей доступности
6. Анализ плотности дорожной сети
7. Создание растровых наборов данных (анализ плотности, интерполяция).
8. Понятие о базах геоданных

Примеры задач на экзамене для оценки качества освоения практической части дисциплины:

1. Построение карты объема и структуры производства промышленности одного из федеральных округов России

Цель задания – разработать содержание и создать карту объема и структуры промышленного производства на территорию одного из федеральных округов РФ.

Источники – статистические данные промышленного производства по состоянию на определенный период времени по субъектам федерации, данные по численности населению картографируемого округа, цифровая картографическая основа OSM.

2. Карта оценки эффективности размещения магазинов

Цель задания – определение наиболее выгодных участков для размещения магазинов определенной специализации (например, продуктовых) исходя из текущей локализации конкурентов.

Источники – статистические данные, данные OSM

3. Анализ шумового загрязнения

Цель задания – проанализировать дальность шумового загрязнения от различных источников, рассчитать геометрические характеристики зон шумового загрязнения.

Источники – статистические данные, данные OSM.

Вопросы для оценки качества освоения основ статистики (в случае собеседования):

1. Генеральная совокупность и выборка. Преимущества и недостатки выборочного метода
2. Способы формирования выборочной совокупности. Понятие репрезентативности
3. Типы переменных
4. Меры центральной тенденции. Среднее, мода, медиана
5. График Box-Plot и его интерпретация
6. Меры изменчивости. Вариационный размах, дисперсия, среднее квадратичное отклонение
7. Понятие статистических выбросов и связанные с ними проблемы анализа данных
8. Центральная предельная теорема и ее свойства
9. Распределения и их характеристики. Гистограммы частот. График плотности распределения
10. Стандартное нормальное распределение. Правило трех сигм
11. Понятие z-стандартизации и ее роль в анализе данных
12. Проверка распределения на нормальность. Коэффициенты асимметрии и эксцесса. График Q-Q Plot
13. Понятие доверительного интервала для среднего
14. Статистические гипотезы и их проверка. Понятие p-уровня значимости и его интерпретация
15. T- распределение (распределение Стьюдента) и его свойства. Понятие степеней свободы
16. Сравнение средних двух групп. T-критерий Стьюдента, условия его применения и интерпретация
17. Дисперсионный анализ (ANOVA) и условия его применения. F-критерий (распределение Фишера) и его интерпретация
18. Множественные сравнения в ANOVA. Поправка Бонферрони и ее роль при множественных сравнениях

19. Многофакторный ANOVA. Взаимодействие факторов
20. Понятие корреляции. Диаграмма рассеяния
21. Оценка силы и направления связи между признаками. Ложная корреляция
22. Коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена, условия их применения и интерпретация
23. Понятие линейной регрессии. Регрессия с одной независимой переменной
24. Метод наименьших квадратов и его применение в регрессионном анализе
25. Вид уравнения регрессии и его интерпретация
26. Коэффициент детерминации и его интерпретация в регрессионной модели
27. Условия применения одномерного регрессионного анализа
28. Задача предсказания значений зависимой переменной в регрессионном анализе
29. Множественная линейная регрессия. Уравнение множественной линейной регрессии и его интерпретация
30. Проверка на мультиколлинеарность и ее роль в множественном регрессионном анализе
31. Понятие кластерного анализа и его специфика
32. Графическое представление результатов кластерного анализа. Дендрограмма и ее интерпретация

V. РЕСУРСЫ

5.1. Основная литература:

1. Мхитарян, В. С. Статистика: учебник для бакалавров / В. С. Мхитарян, Т. Н. Агапова, С. Д. Ильенкова, и др.; Под ред. В. С. Мхитаряна. – М.: Юрайт, 2013. – 590 с. – (Сер. «Бакалавр». Базовый курс).
2. Seghrouchni, Amal El Fallah. Enablers for Smart Cities / John Wiley & Sons Incorporated. ISBN: 978-1-84821-958-8, 978-1-119-32995-4, 978-1-119-32998-5, 978-1-119-32999-2. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/detail.action?docID=4689108>

5.2. Дополнительная литература:

1. Берлянт А.М. Картография: учебник для вузов. –М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с. — 5-5-7567-0142-7. <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-berlyant-am-kartografiya.pdf>
2. Stimmel, Carol L. Building Smart Cities: Analytics, ICT, and Design Thinking / CRC Press. ISBN: 978-1-4987-0276-8, 978-0-429-06814-0, 978-1-4987-0277-5. <https://library.books24x7.com/toc.aspx?bookid=74149>
3. Гончаров Р.В., Сапанов П.М., Яшунский А.Д. [Электронный ресурс] Метод «фото-GPS» для сбора полевых данных при исследовании городского пространства. Работы молодых исследователей, серия Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран, Ойкумена Москва–Смоленск, том 20, с. 217-228. — <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/anniversary/docs/goncharov.pdf>
4. Гончаров Р. В., Сапанов П. М., Яшунский А. Д. [Электронный ресурс] Технология сбора пространственных данных в полевых городских исследованиях // Социология власти. 2013. № 3. С. 57-72. — <https://cyberleninka.ru/article/v/tehnologiya-sbora-prostranstvennyh-dannyh-v-polevyh-gorodskih-issledovaniyah>

5.3. Программное обеспечение:

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1.	<i>Microsoft Windows 7 Professional RUS</i>	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
2.	<i>ArcGIS 10.1+</i>	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
3.	<i>QGIS 2.16+</i>	<i>Свободно распространяемое лицензионное соглашение/программное обеспечение</i>
4.	<i>Microsoft Office Professional Plus 2010</i>	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
5.	<i>LibreOffice/OpenOffice</i>	<i>Свободно распространяемое лицензионное соглашение/программное обеспечение</i>

5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы):

№ п/п	Наименование	Условия доступа
<i>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</i>		
1.	https://library.books24x7.com	<i>Из сети ВШЭ</i>
2.	https://ebookcentral.proquest.com/lib/hselibrary-ebooks/	<i>Из сети ВШЭ</i>
3.	https://link.springer.com/book/	<i>Из сети ВШЭ</i>
<i>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</i>		
1.	https://cyberleninka.ru	<i>Свободный доступ</i>

5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены программным обеспечением ArcGIS 10.1+ и QGIS 2.16+ с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.