## КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра геофизики и геоинформационных технологий

# ГИС-анализ

Учебно-методическое пособие

Казань - 2023

УДК 004.922 ББК 26.17

> Принято на заседании учебно-методической комиссии ИГиНГТ Протокол № 6 от 15 мая 2023 г.

**ГИС-анализ. Учебно-методическое пособие** / И.Ю. Чернова, О.В. Лунева, О.С. Чернова, Г.М. Сайфутдинова – Казань: Казанский ун-т, 2023. – 118 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению 05.04.01 Геология Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета и изучающих дисциплину «Геоинформационные технологии». Учебно-методическое пособие представлено в виде упражнений по четырем темам лекционного материала. Упражнения включают практическое применение инструментов пространственного анализа программного продукта ArcGISPro. Задания выполняются в условиях учебной лаборатории, оснащенной компьютерными технологиями и программными средствами. Каждое упражнение содержит промежуточные и итоговые контрольные вопросы. В некоторых упражнениях итоговые контрольные вопросы заменены на итоговые задания, которые студенты должны выполнять самостоятельно.

© И.Ю. Чернова, О.В. Лунева,
 О.С. Чернова, Г.М. Сайфутдинова, 2023
 © Казанский университет, 2023

## Оглавление

Практическая работа1. Элементарный пространственный анализ. Пространственные	
распределения	5
Упражнение 1: Определение центроидов	5
Упражнение 1А: Определение центроидов полигонов	5
Упражнение 1В: Определение центроидов точечных распределений	6
Упражнение 2: Измерения	8
Упражнение 2А: Измерение длин и извилистости линейных объектов	8
Упражнение 2В: Измерение периметров и площадей полигональных объектов	9
Упражнение 2С: Измерение расстояний по прямой	10
Упражнение 2D: Расстояние по прямой. Распределение расстояния по прямой	13
Упражнение 2Е: Расстояние со взвешенной стоимостью. Поиск кратчайшего пути	17
Упражнение 3: Пространственные распределения	21
Упражнение ЗА. Плотность линий	21
Упражнение 3В. Распределения полигонов	23
Упражнение 3С. Полигоны Тиссена	27
Практическая работа 2. Поверхности	32
Упражнение 4А. Создание поверхностей с помощью ОВР	32
Упражнение 4В. Создание поверхностей с помощью Кригинга	33
Упражнение 4С. Создание поверхностей с помощью «Сплайн»	38
Упражнение 4D. Создание поверхностей с помощью «Тренда»	41
Упражнение 4Е. Создание поверхностей TIN	44
Практическая работа 3. Классификация	56
Упражнение 5А. Простейшая переклассификация на векторном типе данных	
(агрегирование данных)	56
Упражнение 5В. Классификация векторных данных на основе количественных	
характеристик атрибутов	58
Упражнение 5С. Простейшая переклассификация на растре	69
Упражнение 5D. Переклассификация растровых данных с целью поиска мест наилучш	его
размещения объектов	72
Упражнение 5Е. Переклассификация растровых данных на основе статистики по	
окрестности	79
Упражнение 5F. Фильтры	84
Упражнение 5G. Переклассификация поверхностей	86
Упражнение 5Н. Буферы	90
Практическая работа 4. Пространственный анализ: операции наложения	98
Упражнение 6А. Растровое наложение	98
Упражнение 6В. Комбинирование методов наложения	.101
Упражнение 6С. Векторное наложение «линия в полигоне» и «точка в полигоне»	.103
Упражнение 6D. Инструменты Идентичность, Обновление, Пересечение, Стирание и	
Вырезание	.107
Упражнение 6Е. Принятие решения на основе пространственного анализа	.115

#### Введение

Учебно-методическое пособие для практических работ по дисциплине «Геоинформационные технологии» предназначены для магистрантов I курса Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

Основная цель практических занятий – применение и закрепление теоретических знаний, полученных в процессе обучения, необходимых при анализе и обработке пространственных данных, а также решения прикладных задач.

Методические указания состоят из практических работ по четырем темам: «Элементарный пространственный анализ. Пространственные распределения», «Поверхности», «Классификация», «Пространственный анализ: операции наложения». Практические работы состоят из заданий, соответствующих разделам программы дисциплины 05.04.01 – Геология и содержат 30 учебных проектов. Учебные сценарии заданий вымышлены. Поэтому, с точки зрения специалистов различных отраслей народного хозяйства, в них могут быть неточности или излишние упрощение. Данные также адаптированы для учебных целей, и не могут быть использованы для решения реальных практических задач. Каждая практическая работа сопровождается подробными методическими указаниями по их выполнению и пошаговому осуществлению команд.

Шрифты и обозначения, используемые в заданиях:

□ - символ прямоугольник означает, что вы должны выполнить действие, которое подробно описано;

• - этот символ означает, что вы должны выполнить действие или ряд действий самостоятельно, без подробных инструкций, используя приобретенные знания и навыки.

Усредненный центр – жирным шрифтом выделены названия модулей и инструментов, когда они упоминаются в задании в первый раз.

По завершении каждой лабораторной работы необходимо ответить на контрольные вопросы и оформить отчет, согласно требованиям, предъявляемым к оформлению такого вида работ.

## Практическая работа1. Элементарный пространственный анализ. Пространственные распределения

## Упражнение 1: Определение центроидов Упражнение 1А: Определение центроидов полигонов

В этом упражнении вы научитесь рассчитывать и строить центроиды полигональных объектов с помощью инструментов *ArcGIS Pro*.

Для построения карты результатов региональных экологических исследований масштаба 1:250000 вам нужно создать фоновый слой населенных пунктов. В вашем распоряжении есть данные масштаба 1:50000. Вы будете использовать фрагмент исходных данных для экспериментирования и изучения возможности генерализации исходных данных и их корректного представления в мелком масштабе.

- $\square$  Из папки  $D:\langle GIS2 \rangle$  скопируйте папку *exercises* в свой рабочий каталог  $(D:\langle GIS2 \rangle Workspace \rangle UserName)$ . В своем рабочем каталоге из папки *exercises \ex1* откройте проект *ex1.aprx* (ArcGIS Project File).
- □ Откройте карту *Упражнение 1а*.
- □ Откройте и просмотрите атрибутивную таблицу слоя «Населенные пункты».

Поле NAME содержит название населенного пункта.

- □ Закройте атрибутивную таблицу.
- □ Отобразите карту в масштабе 1:50000.

Вы видите, что кварталы населенных пунктов отображаются корректно.

□ Отобразите карту в масштабе 1:250000.

Вы видите, что в этом масштабе полигоны, представляющие кварталы населенных пунктов сливаются, и карта становиться нечитаемой.

Для корректного представления слоя населенных пунктов в масштабе 1:250000 уменьшим пространственную мерность объектов, заменив полигоны точками-центроидами. Так как населенные пункты представляются в большинстве случаев не одним, а несколькими полигонами, то, теоретически, центроиды мы должны строить дважды: сначала мы должны рассчитать центроид каждого полигона, затем рассчитать центроиды распределения центроидов в пределах каждого населенного пункта. Но в системе *ArcGIS Pro* эту задачу вы можете решить за один шаг, так как инструмент **Усредненный центр** позволяет рассчитывать центроиды не только для точечных распределений, но и для распределений линий и полигонов.

- В дереве инструментов (вкладка *Анализ*) найдите набор инструментов **Пространственная статистика.**
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Измерение пространственного распределения.
- □ Найдите и запустите инструмент расчета центроидов Усредненный центр.
- В списке Входной класс пространственных объектов выберите Населенные пункты.
- □ В списке *Выходной класс объектов* введите путь к своему рабочему каталогу и имя выходного набора данных:

- □ Список *Поле веса* оставьте пустым, так как все полигоны в данном случае равноценны, и нет никаких атрибутов, которые можно было бы использовать в качестве веса полигона.
- □ В списке *Поле группировки* выберите **NAME**. Установка этого параметра позволяет рассчитывать центроиды для объектов, объединенных в группы. В данном случае это будут группы полигонов с одинаковым значением записей в поле **NAME**. Если параметр не выбран, будет рассчитан один центроид по всем объектам.

□ Список Поле измерений в нашем случае тоже нужно оставить пустым.

В других случаях параметр *Поле измерений* вы можете использовать для получения атрибутивных характеристик центроидов, как среднее или средневзвешенное (если установлен вес) значение какой-либо числовой характеристики входных объектов. *Поле измерений* может быть только числовым полем.

□ Нажмите *Запустить*.

На карте и в таблице содержания появится слой centroids. Измените название слоя на «Населенные пункты (точки)».

- □ Подберите подходящий символ для слоя «Населенные пункты (точки)».
- □ Отключите слой «Населенные пункты».
- □ Отобразите карту в масштабе 1:250000.

Теперь населенные пункты в мелком масштабе представлены корректно.

□ Для слоев «Населенные пункты (точки)» и «Населенные пункты» установите масштабно-зависимое отображение так, чтобы при масштабе 1:100000 и крупнее населенные пункты отображались как полигоны, а при масштабе мельче, чем 1:100000 - как точки.

## Упражнение 1В: Определение центроидов точечных распределений

Теперь вы проведете небольшое самостоятельное исследование и поможете сотрудникам природного парка спланировать расширение сети маршрутов для посетителей.

 $\square$  Запустите проект *ex1.aprx* и откройте карту Упражнение 1b.

Вы видите территорию парка, в южной части которого расположено небольшое озеро. Вся остальная территория занята лесом. Главной достопримечательностью парка являются лоси.

Чтобы повысить интерес посетителей к парку сотрудники решили проложить дополнительные маршруты для потенциальных посетителей, чтобы они могли наблюдать за животными в естественных условиях. Для того чтобы выявить участки парка, которые наиболее часто посещают животные, сотрудники вынесли на карту точки, соответствующие местоположению животных. Местоположения фиксировались с помощью GPS-приемников во время плановых наблюдений за животными в течение года.

□ Включите слой «Местоположение животных», если он скрыт.

Простой визуальный анализ дает нам право полагать, что чаще всего лосей можно встретить в северо-западной части парка. Однако в атрибутивной таблице слоя «Местоположения животных» есть дополнительные сведения, которые помогут спланировать линии новых маршрутов более корректно.

□ Откройте и просмотрите атрибутивную таблицу слоя «Местоположения животных».

Поле **count** содержит число случаев фиксирования местоположения животных в данном месте; записи в столбце **season** указывают на сезон года (значение «winter» - зима, значение «summer» - лето), в период которого были проведены наблюдения. Поле **count** вы будете использовать в качестве весового коэффициента при расчете центроида. Параметр **season** также может быть полезен, так как он поможет вам понять, изменяются ли излюбленные места пребывания лосей в зависимости от времени года.

Используя инструмент Усредненный центр рассчитайте и отобразите на карте центроиды: 1) центроид по всем точкам наблюдения без учета весов; 2) центроид по всем точкам наблюдения с учетом весов, 3) центроид без учета весов для точек, зафиксированных в зимний период, 4) центроид без учета весов для точек, зафиксированных в летний период; 5) центроид с учетом весов для точек, зафиксированных в зимний период; 6) центроид с учетом весов для точек, зафиксированных в летний период, 6) центроид с учетом весов для точек, зафиксированных в летний период.



Контрольные вопросы:

- 1) Влияет ли использование весов на результаты расчетов координат центроидов?
- 2) Изменяются ли излюбленные места пастбищ животных в зависимости от сезона года?
- 3) Удачно ли расположены уже существующие тропы?

4) Где, по вашему мнению, нужно проложить дополнительные тропы или дорожки для посетителей?

- ✤ Создайте набор данных, содержащий линии планируемых маршрутов.
- **\*** Сохраните изменения на карте.

#### Упражнение 2: Измерения

#### Упражнение 2А: Измерение длин и извилистости линейных объектов

В этом упражнении вы научитесь определять геометрические характеристики линейных объектов, используя возможности *ArcGIS Pro* при работе с атрибутивными таблицами.

□ Откройте готовый проект ex2.aprx из каталога: D:\GIS2\Workspace\UserName\exercises\ex2.

Вы видите слой линейных объектов, представляющих речную сеть. Работая с атрибутивной таблицей слоя «Речная сеть», вы рассчитаете длины элементов речной сети и их извилистость. Для расчета длин линейных объектов вы будете использовать встроенные средства ArcGIS Pro. Для расчета расстояния между начальной и конечной точками линейного объекта вы воспользуетесь теоремой Пифагора. Сначала вам нужно будет создать несколько дополнительных атрибутивных полей для записи и хранения геометрических характеристик линейных объектов: поле Length (для хранения длины линейного объекта), X\_from (для хранения X-координаты начала линейного объекта), Y\_from (для хранения Y-координаты начала линейного объекта), X\_to (для хранения X-координаты конца линейного объекта), DISTANCE (для хранения расстояния между начальной и конечной точками линейного объекта), TORTUOS (для хранения извилистости линейного объекта).

- □ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Речная сеть». Вы видите, что атрибутивная таблица содержит только служебные поля. Далее вы добавите в таблицу свои собственные поля, пользовательские.
- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Управление данными.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Поля.
- □ На инструменте Добавить поле щелкните правой кнопкой мыши, вызывая контекстное меню. Выберите строку Пакетно.

Откроется диалоговое окно инструмента Добавить поле. Используя пакетный режим инструмента, вы создадите все необходимые поля за один раз.

□ В строке Выбрать пакетный параметр раскройте ниспадающий список и выберите Имя поля. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Нажмите кнопку Следующий.

В поле Входная таблица выберите Речная сеть.

 $\square$  В поле **Пакетно Имя поля** с клавиатуры введите: *Length*. Нажмите *Enter* – появится пустая строка для следующего имени поля. В эту строку введите *X\_from*. Повторите эти действия, вводя имена оставшихся полей (*Y\_from*, *X\_to*, *Y\_to*, *DISTANCE*, *TORTUOS*).

- □ В строке **Тип поля** из списка выберите *С плавающей точкой (32-битное)*.
- □ В поле Разрядность введите с клавиатуры 10.
- □ В поле Точность введите с клавиатуры 1. Остальные поля не заполняйте.
- □ Нажмите Запустить.

□ Когда инструмент **Добавить поле** закончит работу, откройте атрибутивную таблицу слоя «Речная сеть». Вы увидите добавленные поля. Далее вы заполните их значениями геометрических характеристик линий.

□ Щелкните правой кнопкой мыши на названии поля Length. В контекстном меню выберите строку Вычислить геометрию.

Откроется диалоговое окно Вычислить геометрию.

□ Щелкните на стрелке вниз напротив строки *Length* (под словом «Свойство). Раскроется список геометрических свойств, которые вы можете рассчитать для линейных объектов.

Вычислить геометрию	? ×
<ol> <li>Этот инструмент изменяет В</li> </ol>	кодные объекты 🛛 🗙
Параметры Параметры среды	<u>م</u> (2)
Входные объекты	
Речная сеть	
Атрибуты геометрии Поле (существующее или новое)	Свойство
× Length ~	
~	Длина
Система координат	Длина (геодезическая)
	Направление линии
	Количество частей
	Количество вершин
	Число кривых
	Координата х начала линии
	Координата у начала линии
	Координата х окончания линии
	Координата у окончания линии
	Координата х центроида
	Координата у центроида
	Координата х центральной точки 🗸
	OK

По умолчанию единицами измерения величин являются единицы измерения проекции источника данных или проекции карты. Но вы можете выбрать любые единицы измерения. Для этого задания в качестве единиц длины рекомендуется использовать метры.

□ Вычислите значения полей Length, X\_from, Y\_from, X\_to, Y\_to используя диалоговое окно Вычислить геометрию, и значения полей DISTANCE и TORTUOS, используя окно Вычислить поле (доступ к нему открывается так же – через контекстное меню поля).

Для вычисления расстояния между двумя точками используйте теорему Пифагора.

Для вычисления извилистости используйте следующую формулу:  $T = L_0/L$ , где T -извилистость,  $L_0 -$ расстояние (DISTANCE), L -длина (Length).

#### Контрольные вопросы:

1) Какова длина самого извилистого линейного объекта?

#### Упражнение 2В: Измерение периметров и площадей полигональных объектов

В этом упражнении вы будете измерять площади и периметры полигонов с целью обнаружения осколочных полигонов. Осколочные («паразитические») полигоны являются распространенным видом графических ошибок в нетопологических векторных моделях данных. В таких моделях каждый полигон имеет свою отдельную границу. Поэтому вы должны оцифровывать общие линии границ полигонов более одного раза. Невозможность поместить курсор точно в требуемой позиции для каждой точки на линии часто приводит к возникновению последовательности крошечных полигонов. Осколочные полигоны можно также обнаружить в результате выполнения операций наложения. Как результат в полигональном слое могут неожиданно оказаться десятки и даже сотни мелких полигонов, особенно вдоль границ пересекающихся полигонов. Эти визуально незначительные

расхождения могут существенно повлиять на результаты анализа. Как правило, осколочные полигоны имеют очень маленькие площади. Но более надежным критерием обнаружения осколочных полигонов является отношение периметра (P) к площади (S): у этих полигонов отношение P/S обычно значительно превосходит значения этого параметра у «нормальных» полигонов.

## $\square$ В проекте ex2.aprx откройте карту Упражнение 2b.

Вы видите слой полигональных объектов. Ваша задача обнаружить среди полигонов осколочные. Чтобы решить эту задачу, вы должны выполнить ту же последовательность действий, что и при выполнении упражнения 2a: создать пользовательские поля и вычислить геометрические характеристики объектов. Для вычисления периметров и площадей используйте инструмент **Вычислить геометрию**, который можно вызвать из контекстного меню поля атрибутивной таблицы.

- ✤ Создайте самостоятельно все необходимые поля и выполните расчеты периметров, площадей и отношений P/S.
- ✤ Создайте выборку из осколочных полигонов. Обычно у «осколочных» полигонов отношение P/S на 1-4 порядка превышает таковое у «нормальных» полигонов.

## Контрольные вопросы:

1) Сколько осколочных полигонов вы обнаружили? Перечислите их ID.

2) Каково минимальное и максимальное значение площади обнаруженных вами осколочных полигонов?

## Упражнение 2С: Измерение расстояний по прямой

При выполнении этого упражнения вы научитесь выполнять элементарные измерения, используя различные возможности *ArcGIS Pro*. Вы будете измерять расстояния между точками A и B, A и C, представленными двумя наборами данных.

 $\square$  В проекте ex2.aprx откройте готовую карту Упражнение 2с.

Вы видите два набора точечных данных «Точка А» и «Точки В и С». Вы будете измерять расстояние от точки А до точки В и расстояние от точки А до точки С тремя различными способами.

Первый способ: самый простой – с помощью инструмента Измерить.

□ На вкладке **Карта** щелкните инструмент **Измерить** 

Откроется диалоговое окно инструмента **Измерить**. Убедитесь, что выбрана опция **Измерить расстояние**. Щелкните левой кнопкой мыши на точке **A**, протяните линию до точки **B** и двойным щелчком закончите рисование линии. В текстовом поле окна **Измерить** вы увидите результат измерения: Сегмент (длина последнего сегмента), Путь (длина пути, пройденного по точкам) и Сумма (сумма всех проведенных измерений). В нашем случае эти значения совпадают.

□ Аналогичным способом измерьте расстояние от точки А до точки С.

Запишите измеренные значения, так как в дальнейшем вы их сравните с измерениями, полученными другими способами.

Второй способ: использование карты расстояний по прямой.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Расстояние.
- □ Найдите и запустите инструмент Накопление расстояния.



- □ В строке **Входные растровые или векторные данные источника** выберите *Точка А*.
- В строке **Выходной растр накопления расстояния** введите путь к своему рабочему каталогу и базе *ex2.gdb* в нем, а также имя выходного растра, например:  $D:\langle GIS2 | Workspace | UserName | exercises | ex2 | ex2.gdb | distance.$
- □ Щелкните на кнопку *Параметры среды* в верхней части диалогового окна инструмента.

Откроется диалоговое окно **Параметры среды**, в котором вы можете настраивать различные параметры среды обработки ваших данных. Сейчас вы установите только один параметр – экстент обработки, позволяющий ограничивать область расчета и анализа данных в пределах заданного экстента.

□ Щелкните на **\*** рядом с Экстент обработки и вберите *Рамка*.

Геообработка • 4 : • Накопление расстояния Параметры Параметры среды • База геоданных Выходное ключевое слово конфигурации Автоподтверждение • 1000 • Анализ растра Размер ячейки Массимальный из всех входных • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
<ul> <li>Накопление расстояния</li> <li>Параметры Параметры среды</li> <li>База геоданных</li> <li>Выходное ключевое слово конфигурации</li> <li>Автоподтверждение</li> <li>Автоподтверждение</li></ul>
Параметры Параметры среды
<ul> <li>База геоданных</li> <li>Выходное ключевое слово конфигурации</li> <li>Автоподтверждение</li> <li>1000</li> <li>Анализ растра</li> <li>Размер ячейки</li> <li>Максимальный из всех входных</li> <li>Метод проецирования размера ячейки</li> <li>Преобразовать единицы измерения</li> <li>Маска</li> <li>Растр привязки</li> <li>Ухранение растра</li> <li>Сжатие</li> <li>Тип</li> <li>Цирина</li> <li>121</li> <li>Выходные координаты</li> <li>Выходные координат</li> </ul>
Выходные координаты
Быходное ключевое слово конфигурации Автоподтверждение Автоподтверждение 1000 Анализ растра Размер ячейки Маскимальный из всех входных Метод проецирования размера ячейки Преобразовать единицы измерения Маска Растр привязки Растр привязки Схатие Тип L277 Размер листа Ширина 121 Высота 121 Выходные координаты Выходные координат
Автоподтверждение 1000
<ul> <li>Анализ растра</li> <li>Размер ячейки</li> <li>Максимальный из всех входных</li> <li>Метод проецирования размера ячейки</li> <li>Преобразовать единицы измерения</li> <li>Маска</li> <li>Растр привязки</li> <li>Растр привязки</li> <li>Хранение растра</li> <li>Сжатие</li> <li>Тип</li> <li>Цирина</li> <li>121</li> <li>Высота</li> <li>Выходные координаты</li> </ul>
Размер ячейки Максимальный из всех входных  Метод проецирования размера ячейки Преобразовать единицы измерения  Маска Растр привязки Схатие Тип Ц277  Размер листа Ширина 122 Высота 127 Выходные координаты Выходные координат
Максимальный из всех входных  Метод проецирования размера ячейки Преобразовать единицы измерения Маска Растр привязки Хранение растра Сжатие Тип LZ77 Размер листа Ширина 121 Высота 121 Выходные координаты Выходная система координат
Метод проецирования размера ячейки Преобразовать единицы измерения Маска Растр привязки Хранение растра Сжатие Тип L277 Размер листа Ширина 121 Высота 121 Выходные координаты Выходная система координат
Преобразовать единицы измерения Маска Растр привязки Хранение растра Сжатие Размер листа Высота Выходные координаты Выходная система координат
Маска Маска Растр привязки Растр привязки Скатие Тип Ц277 ~ Размер листа Ширина 121 Высота 121 Высота 122 Выходные координаты Выходные координат
<ul> <li>Растр привязки</li> <li>Растр привязки</li> <li>Хранение растра</li> <li>Скатие</li> <li>Тип Ц277</li> <li>Размер листа</li> <li>Ширина</li> <li>121</li> <li>Высота</li> <li>127</li> <li>Выходные координаты</li> <li>Выходная система координат</li> </ul>
Растр привязки
<ul> <li>Хранение растра</li> <li>Сжатие Тип Ц277 </li> <li>Размер листа Ширина 122 Высота 124</li> <li>У Выходные координаты Выходная система координат</li> </ul>
<ul> <li>Хранение растра</li> <li>Скатие Тип LZ77 </li> <li>Размер листа Ширина 122</li> <li>Высота 124</li> <li>У Выходные координаты</li> <li>Выходная система координат</li> </ul>
Скатие Тип IZ77      Размер листа Ширина      Высота 120     Выходные координаты     Выходная система координат
Сжатие Тип LZ77 ~ Размер листа Ширина 124 Высота 124 У Выходные координаты Выходная система координат
Размер листа Ширина 121 Высота 121 У Выходные координаты Выходная система координат
Высота 124 * Выходные координаты Выходная система координат
✓ Выходные координаты Выходная система координат
Выходная система координат
· · ·
Географические преобразования
N N N N N N N N N N N N N N N N N N N
<ul> <li>Экстент обработки</li> </ul>
Экстент По умолчанию
Парадлельная обработка По умолчанию
Коэффициент дэрэдлельной обработки. Объединение входных данных
Пересечение входных данных
Текущий экстент отображения
Как указано ниже
Обзор
Такой же, как слой:
Точка А
Точки В и С

Эта опция определяет, что экстент будет таким же, как у заданного слоя (то есть в нашем случае, ограниченным рамкой).

□ Нажмите Запустить внизу окна инструмента.

Выходной набор расстояний до точки **A** будет добавлен на панель *Содержание* как новый слой. Значение каждой ячейки растра является расстоянием от точки **A** до центра данной ячейки. Значения (расстояния) увеличиваются по мере удаления от точки **A**.

□ Измените название слоя на «Расстояние по прямой от точки А».

Далее вы определите расстояние от точки A до точек B и C с помощью инструмента Идентифицировать.

- □ Щелкните на кнопке Исследовать <sup>™</sup> на вкладке *Карта*.
- □ Щелкните на точке В, чтобы идентифицировать объекты в этой точке.
- □ В появившемся всплывающем окне щелкните на стрелке вниз в строке *Расстояние по прямой от точки А*, чтобы узнать расстояние от точки **A** до точки **B**.
- □ Аналогичным образом определите расстояние от точки А до точки С.

Запишите полученные значения для последующего сравнения с результатами, полученными другими способами.

□ Закройте всплывающее окно инструмента Исследовать.

Третий способ: использование инструмента Построить таблицу соседних объектов.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Близость.
- □ Найдите и запустите инструмент Построить таблицу соседних объектов.

- □ В строке **Входные объекты** выберите *Точка А*.
- □ В строке Ближайшие объекты выберите *Точки В и С*.
- □ В строке **Выходная таблица** укажите путь к базе геоданных ex2.gdb в вашем рабочем каталоге и назовите таблицу *table\_of\_distances*.
- □ Снимите галочку с опции Найти только ближайшие объекты.
- □ В строке Максимальное число ближайших совпадений укажите 2.
- □ Нажмите Запустить.
- □ К панели Содержание будет добавлена созданная вами таблица. Откройте ее.
- □ Откройте также таблицы атрибутов слоев «Точка А» и «Точки В и С». Обратите внимание, что OBJECTID<sup>\*</sup> точки **A** равен 1, OBJECTID<sup>\*</sup> точки **B** равен 1, OBJECTID<sup>\*</sup> точки **C** равен 2.
- □ В таблице *table\_of\_distances* вы видите несколько полей.

П	Поле: 🖽 🖽 🖪ыборка: 🖫 🔍 🖶 🗐 💂 🗐					
	OBJECTID *	IN_FID	NEAR_FID	NEAR_DIST	NEAR_RANK	
1	1	1	1	226451,230953	1	
2	2	1	2	248376,991688	2	
	Нажмите, чтобы добавить новую строку.					

Поле IN\_FID содержит идентификатор точки A, NEAR\_FID – идентификаторы точек B и C, поле NEAR\_DIST - расстояния между парами точек (A и B, A и C).

• Рассчитайте погрешность измерений:

Очевидно, что последний способ дает самое точное решение. Вычислите абсолютную и относительную погрешности измерения расстояний первыми двумя способами, считая, что истинное значение вы получили третьим способом.

#### Упражнение 2D: Расстояние по прямой. Распределение расстояния по прямой

В этом упражнении вы более подробно познакомитесь с функциями инструментов Накопление расстояния и Распределение по расстоянию.

Функция **Накопление расстояния** позволяет вам вычислить, насколько далеко находится каждая ячейка от ближайшего источника. Источником может быть любой объект (колодец, населенный пункт, дорога и т.д.), который может быть задан как в растровом, так и в векторном формате. Если источник является растром, он должен содержать только значения ячеек источника, а все остальные ячейки должны иметь значение «Нет данных». Если источник является векторным, он будет преобразован внутри системы в растр на время выполнения данной функции.

Функция Накопление расстояния может выдать несколько результатов, но для данного упражнения вам понадобятся только два.

• Накопление расстояние вычисляет расстояние по прямой от каждой ячейки растра до ближайшего источника.

• Обратное направление вычисляет направление из каждой ячейки к ближайшему источнику. Растр направления по прямой содержит направление по компасу к ближайшему источнику из каждой ячейки. Диапазон значений – от 0 до 360 градусов, где значение 0 резервируется для ячеек источников. Направление прямо на восток (вправо) определяется, как равное 90 градусам; значения увеличиваются по часовой стрелке (180 - на юг; 270 - на запад; и 360 на север). Такая информация может потребоваться, например, вертолету службы спасения для доставки пострадавшего альпиниста в больницу ближайшего города.

Функция **Распределение по расстоянию** распределяет ячейки по отношению к источникам с точки зрения близости. В растре распределения расстояния каждой ячейке присваивается значение ближайшего от нее источника. Ближайший источник определяется расстоянием по прямой. Эту функцию можно использовать для присвоения объектам областей влияния: например, для определения клиентов, обслуживаемых группой магазинов. Другой пример использования: к какому городу я ближе всего?

Функция Распределение по расстоянию также может выдать множество результатов, из которых на данный момент вам понадобятся три:

• Распределение расстояния позволяет вычислить для каждой ячейки значение ближайшего от нее источника.

• Расстояние (по прямой)

• Обратное направление

Дополнительные результаты будут такими же, как и при использовании инструмента Накопление расстояния.

□ В проекте ex2.aprx откройте готовую карту Упражнение 2d.

Вы видите топографическую карту территории, на которой туристический школьный клуб проводит тренировочные пешие походы. Местоположение групп фиксируется с помощью GPS-приемников.

□ Включите слой «Туристические группы». Вы видите, что сейчас на маршрутах находится 9 групп.

Вы сможете легко ответить на вопросы, которые вам будут предложены в конце упражнения, если используете инструменты Накопление расстояния и Распределение по расстоянию. Источником в данном случае будут являться населенные пункты.

Для начала вы установите экстент обработки в диалоговом окне Параметры среды на уровне приложения ArcGIS Pro.

□ На вкладке Анализ щелкните Параметры среды.



Откроется диалоговое окно *Параметры среды*, которое выглядит так же, как и окно, которое вы открывали из инструмента **Накопление расстояния**. Однако, изменение параметров среды, выполненное из инструмента, будет влиять на результат работы только этого инструмента. Тогда как изменение параметров среды в данном окне, на уровне приложения, будет влиять на работу всех инструментов.

□ Щелкните на стрелке в поле рядом со строчкой Экстент обработки.

Параметры среды			$\times$
Поиск		م ر	≡
пространственный индекс Сохранить Global ID			^
Перенос свойств полей базы геоданных			
<ul> <li>Выходные координаты</li> </ul>			
Выходная система координат		~	•
Географические преобразования			~
∽ Поля			
Передать описания доменов полей			
Поддержка полноценных имен полей			
<ul> <li>Экстент обработки</li> </ul>			
1) Экстент	По умолчанию		-
<ul> <li>Параллельная обработка</li> </ul>	1		По
Интервал повторений рабочих процессов обработки			

- □ Из списка выберите Рамка.
- □ Нажмите *OK* в окне *Параметры среды*.

Теперь вы рассчитаете расстояние от каждой ячейки до населенного пункта и определите направление из каждой ячейки в сторону населенного пункта.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **Расстояние** (Distance).
- □ Найдите и запустите инструмент Накопление расстояния.
- □ Щелкните на стрелке вниз в строке *Входные растровые или векторные данные источника* и выберите слой, расстояние до которого требуется определить.

¢	Накопление расстояния	$\oplus$
п	араметры Параметры среды	?
0	Входные растровые или векторные данные источника	
	<b>~</b>	🖻 🖊 👻
*	Туристические группы	
	Реки	<b>~</b>
	Лес	
	Города	🧎 🖊 🖌
	Рамка	
	Входной растр стоимости	
	Выходной растр обратного направления	
	Метод расстояний	
	Планарный	~
>	Характеристики источников (дополнительно)	
>	Стоимость относительно вертикального перемещения (дополни	тельно)
>	Стоимость относительно горизонтального перемещения (допол	інительно)
>	Дополнительные выходные растры (дополнительно)	

- □ В строке *Выходной растр накопления расстояния* укажите путь к базе геоданных ex2.gdb в вашем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *towns\_distance*.
- □ В строке Выходной растр обратного направления укажите путь к базе геоданных ex2.gdb в вашем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *towns\_direction*.
- □ Нажмите Запустить.

Выходные растры расстояний и направлений на панели *Содержание* и в окне просмотра в виде двух новых слоев. В растре расстояний значением каждой ячейки является расстояние от населенного пункта до центра данной ячейки...



...а в растре направления значением каждой ячейки является направление к населенному пункту из центра данной ячейки.



□ Измените текущие названия новых слоев на «Расстояние по прямой» и «Направление по прямой».

Далее вы используете инструмент **Распределение по расстоянию**, чтобы создать растр со значением ближайшего источника в каждой ячейке.

- □ Найдите в поднаборе инструментов **Расстояние** инструмент **Распределение по** расстоянию и запустите его.
- □ В строке Входные растровые или векторные данные источника выберите Города.
- □ В строке *Выходной растр распределения по расстоянию* укажите путь до базы геоданных ex2.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *allocation*.
- Нажмите Запустить.
   На карту будет добавлен новый растровый слой.



□ Измените текущее название слоя на «Распределение расстояния по прямой».

## Контрольные вопросы:

1) Какая группа, №3 или №4, находится ближе к Новошешминску?

2) К какому городу ближе всего находится группа №1?

3) В каком направлении должна двигаться группа №5, чтобы попасть в поселок Русский Акташ?

4) С какой скоростью и в каком направлении должна двигаться группа №2, чтобы присоединиться к группе №1, при условии, что группа №1 остановится на привал и будет отдыхать и ждать группу №2 в течение полутора часов?

## Упражнение 2Е: Расстояние со взвешенной стоимостью. Поиск кратчайшего пути

В этом упражнении вы научитесь рассчитывать расстояния между объектами с учетом стоимости продвижения, а также определять кратчайшие пути между объектами интереса.

Несколько усложним задачу, предложенную в упражнении 2d, и потребуем, чтобы расстояния рассчитывались с учетом продвижения по местности разного типа. Очевидно, что лесные массивы, хотя и не останавливают туристов, но существенно замедляют скорость их передвижения. Будем считать, что скорость движения через лес в 4 раза меньше скорости движения по открытой местности. Основываясь на этом предположении, вы можете использовать импедансную поверхность, каждая ячейка которой будет иметь значение 1 или 4: 1 – для ячеек, представляющих открытые территории, 4 – для ячеек, представляющих лес.

□ В проекте ex2.aprx откройте готовую карту *Упражнение 2е*.

Вы видите ту же самую карту, что и в *упражнении 2d*, но слой «Лес» здесь представлен не векторным, а растровым набором данных. Этот растровый набор данных вы будете использовать для расчета карт расстояний со взвешенной стоимостью.

Карта расстояния со взвешенной стоимостью отражает в каждой ячейке минимальную накопленную стоимость перемещения до ближайшего (то есть наиболее дешевого) источника. Стоимостью может быть время, деньги или другие параметры. Функции, создающие карту расстояния со взвешенной стоимостью, аналогичны функциям расстояния по прямой, но вместо вычисления прямого расстояния от одной точки до другой они вычисляют суммарную стоимость прохода через каждую ячейку на пути к ближайшему источнику, делая это на основании длины пути и стоимости прохода (в данном случае стоимость прохода по открытой местности равна 1, стоимость прохода через лес равна 4).

Убедитесь в том, что в Параметрах среды в качестве экстента обработки задан экстент слоя Рамка.

<ul> <li>Экстент обработки</li> </ul>		
Экстент	Как указано ниже	~
	← 9495240,98 → 9602996,706	
	↓ 6046852,6133	

Теперь вы вычислите расстояния до населенных пунктов с учетом стоимости продвижения по различной местности.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Расстояние.
- □ Найдите и запустите инструмент Накопление расстояния.
- □ В строке Входные растровые или векторные данные источника выберите Города.
- □ В строке Входной растр стоимости выберите Лес.
- □ В строке *Выходной растр накопления расстояния* введите путь к базе геоданных ex2.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *distance\_2e*.
- □ В строке *Выходной растр обратного направления* введите путь к базе геоданных ex2.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *direction\_2e*.

Растр направлений к ближайшему источнику нам необходим для нахождения кратчайшего пути, рассчитывающийся инструментом Оптимальный путь как растр.

□ Нажмите Запустить.

Рассчитанные растры отобразятся в таблице Содержание и в окне просмотра как два новых слоя.



- □ Измените текущие названия слоев: «distance\_2e» на «Расстояние со взвешенной стоимостью», «direction\_2e» на «Направление со взвешенной стоимостью».
- Сравните растры расстояний по прямой и расстояний со взвешенной стоимостью, а также растры распределений, рассчитанных с учетом и без учета стоимости продвижения.

Вы увидите, что поверхности, построенные с учетом стоимости продвижения, претерпевают наибольшие изменения вблизи лесных массивов.

Целью расчета функционального расстояния является поиск кратчайшего пути. Кратчайший путь – это наиболее короткий путь, который ведет из точки назначения к источнику и имеет гарантированно минимальную стоимость в том смысле, в каком определена "стоимость" в исходном растре стоимости.

Вы будете использовать эту функцию для поиска кратчайших путей от текущего положения туристических групп до ближайших населенных пунктов.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Расстояние.
- □ Найдите и запустите инструмент Оптимальный путь как линия.
- □ В строке *Входные растровые или векторные данные назначения* выберите слой, содержащий пункты назначения (в данном случае *Туристические группы*).

- □ В строке *Входной растр накопленного расстояния* выберите растр, который вы хотите использовать (в данном случае *Лес*).
- □ В строке *Входной растр обратного направления* выберите растр, который вы хотите использовать («Направление со взвешенной стоимостью»).
- □ В строке *Выходной оптимальный путь как объект* введите путь к базе геоданных ex2.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *cost\_path*.
- □ В строке *Тип пути* выберите один из вариантов, в зависимости от того, сколько путей вы хотите вычислить (в данном случае это опция *Каждая зона*). Тип *Каждая ячейка* находит путь для каждой ячейки в каждой зоне, т.е. для каждой ячейки туристической группы вычисляется свой путь. Тип *Каждая зона* находит один путь с наименьшей стоимостью для каждой зоны, т.е. для каждой туристической группы вычисляется только один путь. Тип *Один наилучший* находит один путь с наименьшей стоимостью для всех зон, т.е. вычисляется только один кратчайший путь от одной туристической группы до ближайшего города.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета на карте появится линейный слой кратчайших маршрутов. Перейдите в диалоговое окно символов и измените ширину линии с 1 на 2.



Обратите внимание, что пути минимальной стоимости по возможности обходят лесные массивы или стараются пересечь их в наиболее узкой части.

✤ В качестве самостоятельной работы определите кратчайший путь между городами Черемшан и Русский Акташ. Продемонстрируйте результат своей работы преподавателю.

# Упражнение 3: Пространственные распределения

## Упражнение ЗА. Плотность линий

В этом упражнении вы научитесь строить карты плотности линейных объектов с помощью инструмента **Плотность линий** модуля **Spatial Analyst**.

Вы будете сравнивать степень изученности геофизическими методами территории двух участков геологоразведочных работ. Степень изученности в данном случае будет определяться плотностью и равномерностью распределения сейсморазведочных профилей.

 Откройте готовый проект ex3.aprx из вашего рабочего каталога D:\GIS2\Workspace\UserName\exercises\. В проекте откройте карту Упражнение За.
 Вы видите на карте два участка, на территории которых геофизики планируют провести дополнительные исследования.

На первый взгляд, кажется, что участок №1 изучен более полно, т.к. профили расположены более равномерно и чаще, чем на участке №2. Вы проверите это предположение, создавая и анализируя карты плотности.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Плотность.
- □ Найдите и запустите инструмент Плотность линий.

$\odot$	Плотность линий	$\oplus$
Параметры Пар	раметры среды	?
<ul> <li>Входные линей:</li> </ul>	ные объекты	
		× 🦳
<ul> <li>Поле генеральн</li> </ul>	ой совокупности	
<ul> <li>Выходной растр</li> </ul>	)	
Размер выходно	ой ячейки	
Радиус поиска		
Единицы площа	ди	
Единицы площ	ади карты	~

- □ В строке Входные линейные объекты выберите Сейсмические профили участка №1.
- □ Параметр Поле генеральной совокупности оставьте по умолчанию.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex3.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *dens1*.
- □ Задайте размер выходной ячейки равным 100 м. Единицей измерения системы координат входных данных и карты является метр. Поэтому все параметры расчета выходного растра устанавливаются в метрах.
- □ Радиус поиска установите равным 1000 м, а в качестве единиц площади квадратные километры. При таких параметрах значение каждой ячейки выходного растра будет представлять плотность линейных объектов в м/км<sup>2</sup> в окрестности радиусом 1 км.
- □ Щелкните Параметры среды в верхней части диалогового окна инструмента.

Откроется диалоговое окно, в котором вы установите параметр, позволяющий ограничивать область расчета и отображения растра. Этот параметр называется маска анализа.

- □ В разделе Анализ растра в строке Маска выберите Граница участка №1.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета на карте и на панели *Содержание* появится растр, показывающий плотность распределения профилей на один квадратный километр в пределах площади Участка №1.

- □ Измените имя этого растрового слоя на «Плотность линий 1».
- □ Отключите слой «Сейсмические профили участка №1», чтобы лучше рассмотреть изображение полученного растра.



Растр плотности наглядно представляет неравномерность распределения линий профилей на площади работ: зоны высокой концентрации сейсмопрофилей соседствуют с зонами низкой концентрации. Возможными причинами неравномерного распределения профилей наблюдений в большинстве случаев являются особенности топографии территории исследования: леса и болота, пересеченная местность, реки и озера, сельхозугодия – все эти объекты создают определенные сложности при прокладке сейсморазведочных профилей. Для поиска причин, вызывающих неравномерности распределения, карты плотностей сравнивают с другими покрытиями, используя аналитические операции наложения. Операции наложения будут подробно рассмотрены в разделах 4 и 5. А пока ограничимся определением простейших характеристик распределений.

Исследуя свойства растра, вы можете, например, узнать среднюю плотность линий на данном участке работ.

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на названии слоя «Плотность линий 1», выберите строку контекстного меню *Свойства*.
- □ В открывшемся окне щелкните на закладке Источник.
- □ Разверните раздел Статистика.

Вы видите основные статистические параметры, рассчитанные по значениям ячеек растра.

## Контрольные вопросы:

1) Какова средняя плотность распределения сейсморазведочных профилей на площади Участка №1?

В качестве самостоятельной работы постройте карту плотности распределения профилей на Участке №2 (размер выходной ячейки и радиус поиска установите 100 и 1000 м, соответственно) и ответьте на следующие вопросы:

2) Какова средняя плотность распределения сейсморазведочных профилей на площади Участка №2?

3) Какой участок, №1 или №2, изучен лучше?

- ✤ Вы также можете оценить степень изученности участков №1 и №2, рассчитав плотность профилей иначе: как отношение суммарной длины всех профилей на площадь работ. Для решения этой задачи вам помогут навыки, которые вы приобрели, выполняя Упражнения 2a и 2b. Тот факт, что части некоторых профилей выходят за пределы участков в данном случае несущественен, и вы можете им пренебречь.
- Ответьте на вопросы:
- 4) Площадь какого участка больше?

5) Расчет параметра Сумма длин профилей/Площадь участка показал, что Участок № \_\_\_\_ изучен лучше, чем Участок № \_\_\_\_.

## Упражнение 3В. Распределения полигонов

В этом упражнении вы будете изучать распределения полигональных объектов на основе статистического параметра, аналогичного статистике соединений.

Инструменты пространственной статистики в системе *ArcGIS Pro* весьма разнообразны. Они собраны в набор инструментов **Пространственная статистика**. Вы будете работать с инструментом **Кластеризация с высокими/низкими значениями**.

□ В проекте ex3.arpx откройте карту Упражнение 3b.

Вы видите сельскохозяйственную территорию, разбитую на участки (поля), на которых возделываются различные культуры. Сельскохозяйственные площади арендуются несколькими предприятиями. Границы арендуемых площадей и границы полей пространственно совпадают.

Рентабельное ведение хозяйства требует контроля качества почв и мониторинга основных характеристик почв: содержание питательных веществ, гумуса, кислотности почв и т.д.

Включая и выключая отображение слоев «Содержание фосфора», «Содержание калия», «Кислотность почв», вы можете дать визуальную оценку распределения основных характеристик почв по исследуемой территории.

## • Ответьте на вопрос:

1) К какому виду (случайное, кластерное, равномерное), по вашему мнению, относится распределение полей по содержанию фосфора, распределение полей по содержанию калия, и распределение полей по кислотности почв?

Далее свои предположения вы проверите, используя статистические критерии.

- В дереве инструментов найдите набор инструментов **Пространственная** статистика.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **Анализ структурных** закономерностей.

# □ Найдите и запустите инструмент Кластеризация с высокими/низкими значениями (Глобальный индекс Getis-Ord G).

🛞 Кластеризация с высокими/низкими значениями 🕀
Параметры Параметры среды
<ul> <li>входной класс пространственных объектов</li> <li>Г</li> </ul>
* Входное поле
Отображение результата графически Определение пространственных взаимоотношений
Обратное расстояние ~
Метод определения расстояния
Евклидово ~
Стандартизация
Строка ~
Диапазон расстояний или пороговое расстояние

- □ В строке *Входной класс пространственных объектов* щелкните на стрелке вниз и выберите *Содержание фосфора*.
- □ В строке *Входное поле* выберите *P* (в поле «Р» атрибутивной таблицы слоя «Содержание фосфора» хранятся величины содержания фосфора в почвах).
- □ Отметьте галочкой опцию Отображение результата графически.
- □ В строке Определение пространственных взаимоотношений выберите из списка *Только совпадающие ребра*. Этот параметр будет означать, что анализироваться будут только смежные полигоны (то есть будет анализироваться статистика соединений).
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

Далее вы рассмотрите результаты расчета, представленного в виде статистического анализа, в том числе и в графическом виде.

Щелкните Просмотреть подробности внизу окна инструмента.



В открывшемся окне пролистайте вниз и найдите путь к каталогу, в который был сохранен отчет о работе инструмента.

р-значение	0,058448
Запись html-отчета C:\U:	Result 11432 7144 .html
Успешно на 13 декабря 2022 г. 13:10:34 (Затраченное врем)	я: 1,04 сек.)

Перейдите по указанному пути и откройте файл отчета.

Уделим несколько минут теории статистических методов, чтобы разобраться в том, что вы получили. Подавляющее большинство статистических тестов основано на так называемой нулевой гипотезе. Нулевая гипотеза в нашем случае гласит, что распределение случайное. Не углубляясь в теорию статистических методов, мы можете принять как априорное знание, что существуют критические значения статического критерия, при превышении которого вы не можете принять нулевую гипотезу, и она должна быть отвергнута. В данном случае, в качестве такого статистического критерия используется значение Z (z-score). z-score измеряется в величинах стандартного отклонения. Например, если инструмент Кластеризация с высокими/низкими значениями возвращает z-score = +2.8, то это интерпретируется, как +2.8 стандартных отклонения от среднего. Инструмент Кластеризация с высокими/низкими значениями возвращает также знание p-value. p-value является вероятностью. Обе статистики, z-score и p-value, основаны на нормальном распределении исследуемых величин.



Заданная z-оценка 1.892319394924653, вероятность меньше 10%, что полученный тип распределения - сильно-кластеризован - может быть результатом случайного выбора.

Очень высокое или очень низкое (отрицательное) значение величины z-score, ассоциируемое с очень маленькой величиной p-value, находится в «хвостовых» частях нормального распределения. Когда вы выполняете анализ пространственных распределений и получаете низкое значение p-value и либо очень высокое, либо очень низкое (отрицательное) значение величины z-score, то это является для вас индикатором того, что наблюдаемое распределение, скорее всего, неслучайное и не соответствует нулевой гипотезе.

Для того чтобы отвергнуть нулевую гипотезу, вы должны оценить степень риска на тот случай, если вы отвергаете нулевую гипотезу, а она как раз является истинной. Степень риска чаще всего оценивается в терминах критическая величина и/или уровень доверия.

Например, критическое значение z-score в случае 95% уровня доверия равно -1.96 и +1.96 стандартных отклонений. Значение p-value, ассоциированное с 95% уровнем доверия, равно 0.05. Если значение z-score находится в диапазоне от -1.96 до +1.96, p-value будет намного больше, чем 0.05, и вы не сможете отвергнуть вашу нулевую гипотезу. А это значит, что ваше распределение, скорее всего, случайное. Если значение z-score выходит за пределы

диапазона от -1.96 до +1.96 (например, z = -2.3 или z = +6.4), то ваше распределение не может быть отнесено к одному из возможных вариантов случайных распределений, описываемых в рамках нормального закона. p-value будет иметь низкое значение. В этом случае нулевая гипотеза не может быть принята, и вы должны попытаться найти причины, вследствие которых формируются специфические пространственные распределения. Ключевой идеей здесь является то, что величины в средней части нормального распределения (z-scores = 0.22 или -1.1, например), представляют ожидаемый исход, что является малоинтересным. Когда же z-score принимает большие абсолютные значения (в

«хвостах» нормального распределения), а вероятности – малые, вы видите необычное распределение, что в общем случае является очень интересным.

Для инструмента Анализ горячих точек, с помощью которого вы можете визуализировать существующие кластеры, «необычное» означает либо статистически значимые «горячие точки», либо статистически значимые «холодные точки». «Горячие точки» в действительности представляют собой области, для которых характерно группирование полигонов с высокими значениями атрибута, «холодные точки» - области, для которых характерно группирование полигонов с низкими значениями атрибута.

Вернемся к результату Кластеризации с высокими/низкими значениями. В верхней части документа записано вычисленное значение Z-Score (z-оценка) = 1.89 стандартного отклонения и P-value (p-значение) = 0.05 вероятности. Линейка схематических рисунков, приведенная ниже, демонстрирует, что вы, вероятнее всего, имеете дело с кластерным

распределением полигонов с высокими значениями атрибута 💹

Обратите внимание на надпись в нижней части рисунка: «Заданная z-оценка 1.892319394924653, вероятность меньше 10%, что полученный тип распределения - сильно-кластеризован - может быть результатом случайного выбора». Она означает, что вы на 90% можете быть уверены, что распределение полей по содержанию фосфора является кластерным.

Теперь вы воспользуетесь инструментом Анализ горячих точек, чтобы увидеть эти кластеры.

- В дереве инструментов найдите набор инструментов **Пространственная** статистика.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Картографирование кластеров.
- □ Найдите и запустите инструмент Анализ горячих точек (Getis-Ord Gi\*).
- □ В строке *Входной класс пространственных объектов* выберите *Содержание фосфора*.
- $\square$  В строке *Входное поле* выберите *p*.
- $\square$  В строке *Выходной класс объектов* введите путь к базе геоданных ex3.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *P\_HotSpots*.
- В поле Определение пространственных взаимоотношений выберите из списка Только совпадающие ребра.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Щелкните Запустить.

После окончания расчета на карте появится новый слой, представляющий кластеры. Переименуйте новый слой на «Кластеры по содержанию фосфора».



В легенде отображается статистическая значимость с уровнем процента достоверности. В соответствии с легендой слоя кластеры полигонов с низкими значениями содержания фосфора показаны синим цветом с 90-95% достоверности (-2.58 – -1.65 z-score) и темно-синим с 99% достоверности (< -2.58); кластеры полигонов с высокими значениями содержания фосфора показаны красным цветом с 90-95% достоверности (+2.58–+1.65) и темно-красным с 99% достоверности (<+2.50).

Вы видите, что наиболее выраженные кластеры выпадают на территории предприятий «Новое», «Заречное», «Тан», «Некрасовка» и «Урожайное». Можно предположить, что эти предприятия ведут свое хозяйство как-то иначе, чем все остальные предприятия. Используя дополнительные данные (виды выращиваемых культур, количество внесенного удобрения, типы почв и др.) вы могли бы проверить свое предположение. Очевидно, что, если бы вы обнаружили, что кластеры по содержанию калия и/или кислотности почв выпадают на те же предприятия, то ваши подозрения усилились бы, и вы, как специалист, попытались бы выяснить причины возникновения «интересных» распределений.

✤ В качестве самостоятельной работы изучите распределение полей по содержанию калия и по уровню кислотности почв. Содержание калия и уровень кислотности почв записаны в полях «К» и «pH» атрибутивных таблиц слоев «Содержание калия» и «Кислотность почв», соответственно. В случае обнаружения кластерного распределения, отобразите кластеры с помощью инструмента Анализ горячих точек (Getis-Ord Gi\*).

## Контрольные вопросы:

2) К какому виду распределения относится распределение полей по содержанию калия? Каковы значения Z-Score и P-value для данного распределения?

3) К какому виду распределения относится распределение полей по кислотности почв? Каковы значения Z-Score и P-value для данного распределения?

4) На деятельность каких предприятий должен, по-вашему мнению, обратить свое внимание специалист по ведению и планированию сельскохозяйственных работ?

## Упражнение 3С. Полигоны Тиссена

В этом упражнении вы научитесь создавать полигоны Тиссена с помощью инструмента Создать полигоны Тиссена.

Вы проведете ранжирование территории города по степени агрессивности подземных вод, которую необходимо учитывать при планировании расширения городской застройки и расчете затрат на строительство новых жилых домов.

Высокая агрессивность подземных вод существенно увеличивает затраты на стадии заложения фундамента зданий, т.к. требует проведения дополнительных мероприятий, препятствующих преждевременному разрушению фундамента: выбор и использование специальных марок цемента, усиление гидроизоляции и т.д.

Агрессивность вод определяется по результатам химического анализа проб воды, отобранных из скважин, пересекающих водоносные горизонты, и представляет собой порядковую величину. В данном примере степень агрессивности подземных вод ранжирована на 10 уровней: 1 соответствует наименьшей степени агрессивности, 10 – наибольшей.

 $\square$  В проекте ex3.aprx откройте карту Упражнение 3с.

Вы видите растровое изображение части города и пригородов, а также скважины, в которых проводился отбор проб воды.

□ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Скважины».

Кодированные значения степени агрессивности вод хранятся в поле «wat». Так как числа (от 1 до 10), представляющие степень агрессивности подземных вод, являются категориями, а не абсолютными числовыми характеристиками, интерполяция и построение непрерывной поверхности даст бессмысленное решение. Правильным решением в данном случае будет использование полигонов Тиссена для площадного представления параметра степени агрессивности подземных вод.

Далее вы построите и отобразите полигоны Тиссена, очерченные вокруг каждой скважины.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Близость.
- □ Найдите и запустите инструмент Создать полигоны Тиссена.
- □ В строке Входные объекты выберите Скважины.
- □ В окне *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex3.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *Thiessen\_Polygons*.
- □ В строке Выходные поля выберите Все поля.

При выборе этой опции полигонам будут переданы все атрибуты точек, в противном случае – только ID точек.

□ Щелкните *Запустить*.

После завершения работы инструмента на карте появится полигональный слой, представляющий полигоны Тиссена для скважин.

- □ Измените текущее название нового слоя на «Ранжирование территории по степени агрессивности подземных вод».
- □ Отключите слой «Скважины» и включите слой «Планируемое расширение городской застройки».
- □ Измените порядок отображения слоев, так, чтобы слой «Планируемое расширение городской застройки» отображался поверх слоя «Ранжирование территории по степени агрессивности подземных вод». Для этого щелкните левой кнопкой мыши на названии слоя и, не отпуская кнопки мыши, перетащите слой поверх слоя «Ранжирование территории по степени агрессивности подземных вод».

Далее вы измените способ отображения слоя «Ранжирование территории по степени агрессивности подземных вод» для того, чтобы получить наглядное представление о распределении площадей с высокой и низкой степенью агрессивности подземных вод.

- □ Щелкните левой кнопкой мыши на названии слоя «Ранжирование территории по степени агрессивности подземных вод».
- □ На верхней панели щелкните Слой объектов, а затем Символы.

Вид Редактирование	Изображения Общий	й доступ	Слой объектов	Надписи	Данные	
юсть 0,0% ~	😤 Спрятать	R	Маскирование ч	%		Поле
ние объектов Нормальное	©а мерцание 500,0 ms ↓	Символы	ультры отображения Импорт	Агрегирование	тип У	Единиц
Эффекты	Сравнить		Отображение			

- □ В поле Основные символы выберите Уникальные значения.
- □ В строке *Поле1* выберите *wat*.

Появится список всех уникальных значений степени агрессивности воды и соответствующие им символы.

□ Замените палитру символов, установленную по умолчанию на палитру, представляющую собой переход от ярко-зеленого цвета до кирпично-красного цвета, выбрав ее из списка Цветовая схема.



□ Отключите отображение символа <все другие значения>.

Классы Маси	штабы	
		🗏 💱 + 🔨 🧅 Больше 🛩
Символ	Значение 🗸	Показать все остальные значения
✓ wat	9 к.	Показать количество
	1	Обновить количество
•	2	Показать описание
-	3	Обратить порядок символов
-	4	Формат всех символов
	5	Построить все символы заново
-	6	Удалить все
	7	7
•	8	8
	10	10

□ Переименуйте подпись легенды с «wat» на «Степень агрессивности». После переименования нажмите *Enter*.

Кла	ссы Мась	штабы			
			🗏 📑 + ↑	↓ џ Больше	~
Си	імвол	Значение	Подпись		
~	Степень а	грессивности 9 к	лассы символов 🍬	••	â
	•	1	1		
	•	2	2		

□ Закройте диалоговое окно Символы.

Вы получили наглядное представление о распределении территорий с высоким и низким уровнем агрессивности подземных вод в черте города.

## Контрольные вопросы:

1) Потребуются ли городским властям дополнительные значительные затраты на укрепление фундаментов будущих новостроек?

2) Вспомните материал прошлых занятий. Каким образом и с помощью какого инструмента, вы можете получить такое же решение, как и распределение, полученное с помощью полигонов Тиссена, но на растровой модели данных?

## Упражнение 3D. Изучение связности и развитости сетей.

В этом упражнении вы рассчитаете гамма- и альфа-индексы двух сетевых объектов. Для решения этой задачи не требуется применение инструментов *ArcGIS Pro*. Для расчета гамма- и альфа-индексов достаточно знать число узлов (V) и число связей в каждой сети (L). Эту информацию легко получить из атрибутивных таблиц соответствующих объектов.

□ В проекте ex3.aprx откройте карту Упражнение 3d.

Вы видите 2 сети: группа слоев «Сеть А» объединяет узлы и ребра сети А, группа слоев «Сеть В» объединяет узлы и ребра сети В.

□ Щелкните правой кнопкой мыши на названии слоя «Узлы» из группы слоев «Сеть А». В контекстном меню слоя выберите *Таблица атрибутов*.

Откроется атрибутивная таблица слоя «Узлы». Количество объектов, содержащихся в классе объектов, или количество записей в таблице отображается в статусной строке таблицы.



В данном случае в таблице содержится 740 объектов и ни один из объектов не выбран. Таким образом, число узлов сети А равно 740 (V=740).

□ Щелкните правой кнопкой мыши на названии слоя «Ребра» из группы слоев «Сеть А». В контекстном меню слоя выберите *Таблица атрибутов*.

Вы видите, что сеть A содержит 1026 ребер или связей, если использовать терминологию процедуры расчета гамма- и альфа-индексов. Таким образом, число связей сети A равно 1026 (L=1026).

- ✤ Определите параметры V и L для сети В.
- ✤ Рассчитайте гамма- и альфа-индексы для сети А и сети В.

Контрольные вопросы:

- 1) Какая сеть, А или В, является более связанной?
- 2) Какая сеть, А или В, имеет больше альтернативных маршрутов?

## Практическая работа 2. Поверхности Упражнение 4А. Создание поверхностей с помощью ОВР

В этом упражнении вы научитесь строить поверхности с использованием метода обратно взвешенных расстояний (OBP). Этот метод предполагает, что влияние значений измеренной переменной убывает по мере увеличения расстояния от точки замера. Например, интерполяция поверхности содержания питательных элементов почв поможет вам проанализировать равномерность распределения удобрений после проведения агрохимических работ: если бы удобрения вносились неравномерно, то поверхности, представляющие распределения калия или фосфора показали бы наличие локальных аномальных участков, поскольку химические соединения не способны мигрировать на значительные расстояния. Для решения подобной задачи сетка отбора проб должна быть по возможности равномерной. В противном случае метод ОВР не даст адекватного решения.

Откройте готовый проект ex4.aprx из каталога:
 D:\GIS2\Workspace\UserName\exercises\ex4. В проекте откройте карту Упражнение 4a.

На карте вы видите сельскохозяйственную территорию, разбитую на поля. После проведения агрохимических работ был проведен экспресс-анализ содержания основных питательных элементов почв по равномерной сетке наблюдений с шагом 50 м.

- □ Откройте и просмотрите атрибутивную таблицу слоя «Точки отбора проб». В поле **Р** записано содержание фосфора, а в поле **К** содержание калия.
- □ Закройте таблицу атрибутов.

Далее вы построите поверхности содержания калия и фосфора, используя метод обратно взвешенных расстояний.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Интерполяция.
- □ Найдите и запустите инструмент **OBP**.



- □ В окне инструмента щелкните на стрелке вниз в строке *Входные точечные* объекты и выберите *Точки отбора проб*.
- □ В строке *Поле значений Z* выберите *P*.

- □ В строке Выходной растр введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем
- каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *con\_p*.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Щелкните Параметры среды в верхней части диалогового окна инструмента.
- □ В блоке Экстент обработки из списка выберите Такой же, как слой: «Границы полей».
- В блоке Анализ растра в строке Маска выберите Границы полей.
- □ Нажмите Запустить внизу окна инструмента.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен к карте как новый слой.

□ На панели Содержание перенесите новый слой поверх слоя *Границы полей*. Измените имя нового слоя на «Концентрация фосфора».



Вы видите, что содержание фосфора в пределах исследуемых сельхозугодий распределено крайне неравномерно, что свидетельствует о несоблюдении агротехнических норм при внесении фосфорных удобрений. Вы, как руководитель, должны принять меры по выявлению причин такой ситуации и исправлению положения.

✤ Постройте поверхность, представляющую концентрацию калия с помощью метода OBP.

## Контрольные вопросы:

1) Распределение калия так же неравномерно, как и распределение фосфора?

## Упражнение 4В. Создание поверхностей с помощью Кригинга

В этом упражнении вы научитесь строить поверхности с помощью метода «Кригинг».

□ В проекте ex4.aprx откройте карту Упражнение 4b.

Вы видите границы штата Калифорния. Агентство США по защите окружающей среды осуществляет мониторинг концентрации озона в атмосфере над территорией Калифорнии. По всей территории штата на станциях мониторинга выполняются замеры концентрации озона.

□ Если необходимо, включите слой «Станции мониторинга», чтобы увидеть расположение станций.

Уровни концентраций озона известны для каждой из станций, но мы заинтересованы также в том, чтобы такие значения были доступны в любой точке Калифорнии. Однако из практических соображений и значительных затрат станции мониторинга не могут быть размещены повсеместно.

□ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Станции мониторинга».

В поле OZONE содержатся данные за 1996 г., отражающие максимальное значение концентрации озона в промилле, выбранное из средних значений наблюдений за восьмичасовой период (измерения проводились в суточном режиме и группировались в блоки по восемь часов). Исходные данные были изменены для учебных целей, и не могут рассматриваться как точные данные.

Во многих случаях учитываются не фактические значения показателей, а только те, которые представляют риск для здоровья, то есть те значения, которые превышают некий уровень токсичности. В таких случаях должны приниматься немедленные меры. Для данного упражнения принято, что критическое значение составляет 0.12 промилле. Если максимальная средняя концентрация озона за любой восьмичасовой отрезок времени в году превышает данное значение, то данная точка должна находиться под тщательным наблюдением.

Далее вы построите две непрерывные поверхности, интерполирующие значения концентрации озона для каждой точки штата Калифорния. Для составления первой карты вы используете метод OBP. При составлении второй карты вы будете использовать метод «Кригинг». Затем вы сравните полученные поверхности и сделаете вывод о преимуществах метода «Кригинг».

Используя навыки, приобретенные при выполнении упражнения 4а, постройте поверхность концентрации озона с помощью метода OBP. В качестве маски анализа выберите слой «Штат Калифорния», экстент выходного растрового слоя установите, как у слоя «Штат Калифорния», размер выходной ячейки растра установите 2000 м. Назовите вновь созданный слой «Интерполяция OBP».

Теперь используя тот же набор данных, постройте поверхность с помощью метода «Кригинг».

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Интерполяция.
- □ Найдите и запустите инструмент Кригинг.

□ Щелкните на стрелке вниз в строке *Входные точечные объекты* и выберите *Станции мониторинга*.

□ В строке *Поле значений Z* выберите *OZONE*.

 $\square$  В строке *Выходная растровая поверхность* введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *krig\_ozone*.

□ В качестве метода кригинга выберите *Ординарный*, так как вы не знаете, есть ли в ваших данных какой-либо тренд, и каким законом он описывается.

- □ В строке Модель вариограммы выберите Гауссова.
- □ Размер выходной ячейки установите равным 2000 м.
- □ Щелкните на стрелке вниз в строке *Радиус поиска* и выберите *Переменная*.
- □ Оставьте число точек по умолчанию.

 $\square$  В строке Выходной растр прогнозируемой дисперсии введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *dis\_krig*.

- □ В *Параметрах среды* установите маску и экстент выходного растрового слоя как у слоя «Штат Калифорния».
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходные растровые наборы данных будут добавлены на карту как новые слои.



о Измените имена новых слоев на «Интерполяция Кригинг» и «Дисперсия Кригинга».

Далее вы настроите отображение слоя «Дисперсия Кригинга».

- □ На панели Содержание выделите слой «Дисперсия Кригинга».
- □ Щелкните на закладке *Растровый слой* на верхней панели окна *ArcGIS Pro*, а затем на кнопке *Символы*.

Проект Кар	ота Вставка	Анализ Вид Р	редактирование	Изображения	Общий до	оступ	Растровь	ій слой	Данные
🛃 Крупнее	<her></her>	🗐 Прозрачность 0,0%	· ·	🔛 Спрятать					🔀 DRA
指 Мельче	<Нет> т	📥 Смешивание слоя 占	Іормальное 🔻	👸 Мерцание 50	00,0 ms 🗘	Символы	Тип	<b>А</b> Блоки	ровать статистия
🛃 Очистить огран	ичения	🙆 Смешивание объект	ов Нормальное 🔹			~	растяжки 🗸		
Диапазон в	видимости	Эффек	ты	Сравнит	ъ				Отобр

□ Смените метод представления данных на *Растяжка*, а затем переключите обратно на *Классификация*, чтобы сбросить его предустановки.



В качестве метода классификации выберите Квантиль.

Основные си	імволы		
Классификация	1		
Поле	Hem no.	лей 🔹	
Нормирование	Hem no.	лей 🔹	
Метод	Естестве	нные границы	
Классы Цветовая схема		Естественные границы Числовые значения ранжированных данных проверяются для выявления классов с разным диалазоном и неравномерным распределением значений по классам.	
Классы Мас Больше т Цвет		Квантиль Распределяет наблюдения поровну на интервал класса, задавая неравную ширину классов, но одинаковую частоту наблюдения для каждого класса.	
	=	Равный интервал Диапазон данных для каждого класса является постоянным. Ширина классов равна, но частота наблюдений в одном классе – величина переменная.	

□ Выберите число классов, равным 9.

□ Выберите яркую цветовую схему: например, переход от ярко-синего цвета к кирпично-красному.

□ Закройте окно символов.

Вы получили наглядное представление рассчитанных поверхностей.

• Проанализируйте поверхности и попытайтесь оценить качество полученных растров.

Метод обратно взвешенных расстояний плохо приспособлен к интерполяции в случае неравномерного распределения входных точек. Вес входных точек зависит только от расстояния между интерполируемой ячейкой и точкой. Это приводит к тому, что вокруг отдельно стоящих точек образуются круговые аномалии, которые искажают общую картину.



Ложные круговые аномалии, которые создает метод ОВР вокруг отдельных точек.

В целом, метод «Кригинг» дает лучший результат, так как при расчете веса измерений учитываются пространственные взаимоотношения между точками. Это позволяет оценить весовые коэффициенты входных точек более правильно (с точки зрения статистики и автокорреляции).
Вы можете отметить, что метод OBP дал более гладкую поверхность, чем метод Кригинг. Но это не означает, что метод OBP справился с поставленной задачей лучше, поскольку ценность интерполяции определяется достоверностью предсказанных неизвестных значений, а не красотой полученной картины. В этом смысле метод «Кригинг» дает лучшее решение, так как не создает ложных локальных аномалий и показывает общие тенденции распределения озона более адекватно. Кроме того, вы можете оценить ошибки интерполяции, проанализировав поверхность дисперсии Кригинга.

Дисперсия Кригинга представляет собой статистическую меру ошибки интерполяции. Квадратный корень из дисперсии Кригинга носит название стандартной ошибки Кригинга. Стандартные ошибки вы можете легко рассчитать, воспользовавшись Калькулятором растра.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Алгебра карт.
- □ Запустите инструмент Калькулятор растра.
- □ Найдите SquareRoot в списке математических функций. Дважды щелкните на SquareRoot.



Функция будет добавлена в окно выражения.

□ Дважды щелкните на слое «Дисперсия Кригинга».

- В текстовом блоке будет сформировано выражение SquareRoot("Дисперсия Кригинга").
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *std*.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените название слоя на «Стандартные ошибки Кригинга».
- □ Настройте отображение слоя «Стандартные ошибки Кригинга», так, чтобы области с низкими и высокими значениями стандартной ошибки четко разграничивались.

Вы получили наглядное представление поверхности стандартных ошибок интерполяции. Поверхность стандартных ошибок, как и дисперсия Кригинга показывает общую закономерность: при удалении от точек измерений (входных данных) ошибки интерполяции возрастают.



В областях, где измерения значений концентрации озона отсутствуют или точки измерения удалены от других точек измерения на значительные расстояния, ошибки интерполяции максимальны. Вы видите, что в большей степени вы можете доверять предсказанным значениям концентраций озона для западной части Калифорнии. И в меньшей степени - в северной и юго- восточной частях.

- □ Используйте инструмент *Исследовать* , чтобы узнать значение концентрации озона и ошибку расчета концентрации для любой точки Калифорнии.
- Отключите слой «Станции мониторинга» и включите слой «Города».

### Контрольные вопросы:

1) Попадает ли город Редланс (Redlands) в зону опасных концентраций озона? Можете ли вы доверять полученному результату?

### Упражнение 4С. Создание поверхностей с помощью «Сплайн»

В этом упражнении вы научитесь строить поверхности с помощью метода «Сплайн».

Сплайн рассчитывает значения ячеек на основе математической функции, минимизирующей кривизну поверхности. Сплайн вычисляет наиболее ровную поверхность, точно проходящую через все точки измерений. Этот метод наиболее удобен для медленно меняющихся поверхностей, таких, как высота земной поверхности, уровень грунтовых вод или концентрация вредных веществ.

С помощью метода «Сплайн» вы построите отражающую границу, которая представляет собой поверхность, разделяющую слои горных пород с разными упругими и плотностными свойствами. Поведение отражающей границы является ценной информацией для геологов и геофизиков, которая помогает им понять основные закономерности геологического строения территории. Входными данными для построения поверхности являются точки с известными значениями абсолютных отметок отражающей границы. Значения абсолютных отметок были получены по результатам сейсмических работ и по данным бурения.

□ В проекте ex4.aprx откройте карту Упражнение 4с.

Вы видите распределение входных точек с известными абсолютными отметками. Воспользуйтесь набором инструментов **Spatial Analyst**, чтобы построить сплайн.

□ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.

- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Интерполяция.
- □ Найдите и запустите инструмент Сплайн.
- □ Щелкните на стрелке вниз в поле *Входные точечные объекты* и выберите *Абсолютные отметки*.
- □ Для Поле значений Z выберите ABS\_FUND.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *splineabs*.
- □ Размер выходной ячейки установите равным 300.
- □ Щелкните на стрелке вниз в поле *Тип сплайна* и выберите *С натяжением*.

В данной модификации сплайна создается менее гладкая поверхность, однако вычисленные значения ячеек ближе к диапазону значений замеров.

- □ Параметры *Вес* и *Число точек* оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

□ Измените название нового слоя на «Интерполяция сплайн».

В данном случае вы можете смоделировать поведение отражающей поверхности более точно, используя сплайн с барьерами. Барьер – это линия, используемая для установки границы для поиска точек измерений. Линия может представлять обрыв, горный хребет или другой разрыв в ландшафте. В этом случае при вычислении значения каждой ячейки будут учитываться только те точки, которые расположены по ту же сторону барьера, что и ячейка.

В нашем случае барьерами будут являться линии региональных разломов, вдоль которых перемещаются крупные блоки земной коры.

Вдоль линий разломов поверхность претерпевает разрыв. Поэтому модель с разрывами (с барьерами) будет более точно представлять поверхность отражающей границы.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Интерполяция.
- □ Найдите и запустите инструмент Сплайн с барьерами.
- □ В поле Входные точечные объекты выберите Абсолютные отметки.
- □ Для Поле значений Z выберите ABS\_FUND.
- □ В поле Входные объекты барьеров выберите Региональные разломы.
- □ Размер выходной ячейки установите равным 300.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *splineabs\_bar*.
- □ Коэффициент сглаживания оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

□ Измените название нового слоя на «Интерполяция сплайн с барьерами».

Уже сейчас вы можете совершенно отчетливо увидеть различие в представлении результатов интерполяции с барьерами и без барьеров. Еще больше это различие подчеркнут изолинии, построенные по поверхностям.



без барьеров

с барьерами

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **Поверхность**.
- □ Найдите и запустите инструмент Изолинии.
- □ В строке Входной растр выберите Интерполяция сплайн.
- □ В строке *Выходной класс объектов* введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *isolines*.
- □ В строке Высота сечения введите 50.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной линейный набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените название нового слоя на «Изолинии (сплайн без барьеров)»
- □ Аналогичным образом создайте слой изолиний «Изолинии (сплайн с барьерами)» для сплайна с барьерами с тем же шагом 50 м.

Сгруппируйте слои «Интерполяция сплайн» и «Изолинии (сплайн без барьеров)». Для этого:

- □ На панели *Содержание* щелкните на слое «Интерполяция сплайн».
- □ Зажмите Ctrl и щелкните на слое «Изолинии (сплайн без барьеров)».

Слои «Интерполяция сплайн» и «Изолинии (сплайн без барьеров)» сейчас являются выбранными и подсвечиваются синим цветом.

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на слое «Изолинии (сплайн без барьеров)». В контекстном меню выберите *Группировать*.
- □ Назовите новый составной слой «Сплайн без барьеров».
- Аналогичным образом создайте новый составной слой «Сплайн с барьерами» из слоев «Интерполяция сплайн с барьерами» и «Изолинии (сплайн с барьерами)».
- □ Если это необходимо, измените порядок отображения слоев так, чтобы изолинии отображались поверх растров.

Теперь, отключая и включая слои «Сплайн без барьеров» и «Сплайн с барьерами», вы можете сравнивать и анализировать полученные поверхности вместе с изолиниями.

Обе поверхности отображают структурную ступень: вы видите, что юго-восточная часть территории расположена приблизительно на 900 м ниже, чем вся остальная территория. Обычный сплайн резкое изменение абсолютных отметок показывает, как область сгущения изолиний, которая не согласуется с положением разломов. Сплайн с барьерами дает более реалистичную картину, показывая, что вблизи разломов поверхность действительно претерпевает разрыв.

# Упражнение 4D. Создание поверхностей с помощью «Тренда»

В этом упражнении вы научитесь строить и исследовать поверхности, используя метод «Тренд».

Целью вашей работы будет выявление локальных особенностей гравитационного поля, измеренного в ходе площадных исследований на территории площадью около 150 000 км<sup>2</sup>. Для учебных целей исходные данные были изменены, и не могут рассматриваться как точные данные.

Для того, чтобы обнаружить локальные вариации гравитационного поля, необходимо из исходного наблюденного поля вычесть региональную компоненту. Региональная компонента не зависит от локальных источников аномальных масс и описывает наиболее общие тенденции поведения гравитационного поля. Поэтому для ее представления логично использовать интерполяцию по методу «Тренд».

Сначала вы построите несколько поверхностей тренда (полиномы разной степени) и выберите наилучшую из них. Затем рассчитаете локальную компоненту.

□ В проекте ex4.aprx откройте карту Упражнение 4d.

Вы видите распределение входных точек, в которых проводились измерения силы тяжести.

□ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Точки измерений».

В поле *G* хранятся значения аномалий силы тяжести.

Поскольку гравитационное поле представляет собой плавно меняющуюся поверхность, то для представления наблюденного поля лучше всего подойдет метод «Сплайн».

- □ Используя навыки, приобретенные при выполнении упражнения 4с, постройте поверхность наблюденного гравитационного поля. Размер ячейки выходного растра задайте равным 500 м, тип сплайна с натяжением.
- Назовите новый растровый слой «Наблюденное поле».
- □ Установите свойства отображения слоя «Наблюденное поле» так, как это показано на рисунке ниже.

Основные си	ІМВОЛЫ	
Растяжка		•
Канал	Band_1	•
Цветовая схема		•
Инвертиро	вать	
Значение	-51,315609	45,778862
Подпись	-51.3156	45.7789
Тип растяжки	Средне-квадратич	ное отклонени -
Число сркв. от	клонения	2
Гамма	1,0	
	000	

□ Отключите слой «Точки измерений».

Вы видите, что в наблюденном поле присутствует ярко выраженная тенденция: общее снижение значений поля в направлении с запада на восток.

Мелкие малоамплитудные вариации гравитационного поля (локальная компонента), которые более интересны, подавляются высокоамплитудной региональной компонентой. Поэтому ее нужно удалить (вычесть) из наблюдений.

Далее вы будете моделировать поведение региональной компоненты с помощью интерполяции по методу «Тренд».

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Интерполяция.
- □ Найдите и запустите инструмент Тренд.
- □ Щелкните на стрелке вниз в поле *Входные точечные объекты* и выберите *Точки* измерений.
- □ Щелкните на стрелке вниз в поле *Поле значений Z* и выберите G.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex4.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *trend\_order1*.
- □ Размер выходной ячейки установите равным 500.
- □ Степень полинома оставьте по умолчанию 1. Для расчета поверхности будет использоваться полином 1-ого порядка.
- □ Для типа регрессии выберите Линейная.
- □ В строке *Выходной файл RMS* введите путь к своему рабочему каталогу и имя выходного текстового файла:
  - D:\GIS2\Workspace\UserName\exercises\ex4\RMS\_1.TXT.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой. Текстовой файл в виде таблицы, в которую записана информация о поверхности тренда, вы можете найти в папке ex4.

□ Измените название нового слоя на «Поверхность тренда 1-ого порядка».

□ Установите символы для отображения нового слоя такими же, какими они были у слоя «Наблюденное поле». Для этого импортируйте символы из слоя «Наблюденное поле» в слой «Поверхность тренда 1-ого порядка».

Символы - Поверхность	тренда 1-о 👻 🖣 🗙						
🗾 🖊	=						
Импорт из файла сле	оя						
Клас Импорт из слоя							
Поле Экспортировать шаб	блон функции растра						
Нормирование Нет полей	<b>.</b>						
Метод Естоствонные г							
Классы 9	т						
Цветовая схема							
Геообработка	~ † ×						
Применить си	мволы слоя 🕀						
Параметры Параметры среды							
Входной слой	Входной сдой						
Поверхность тренда 1-ого п							
	юрядка 🗸 🧎						
Слой символов	юрядка 🗸 🧀						
Слой символов Наблюденное поле	юрядка 🗸 🧀						
Слой символов Наблюденное поле Поля символов 📀	орядка 🗸 🖻						
Слой символов Наблюденное поле Поля символов 📀 Тип	юрядка						
Слой символов Наблюденное поле Поля символов 📀 Тип Поле источника	орядка						
Слой символов Наблюденное поле Поля символов 📀 Тип Поле источника Целевое поле	орядка						
Слой символов Наблюденное поле Поля символов 📀 Тип Поле источника Целевое поле	орядка						
Слой символов Наблюденное поле Поля символов 📀 Тип Поле источника Целевое поле Обновить диапазоны символ	орядка						

Полученная поверхность демонстрирует общую тенденцию снижения значений аномалий силы тяжести с юго-запада на северо-восток. Создается впечатление, что поверхность тренда 1-ого порядка слишком упрощает поведение региональной компоненты, и для ее представления, возможно, нужно использовать полиномы большего порядка.

Качество тренда, кроме простой визуальной оценки, вы можете оценить по значениям параметров хи-квадрат (Chi-Square) и среднеквадратической ошибки (RMS Error). Оба этих параметра пропорциональны сумме квадратов разностей предсказанных и измеренных значений в точках наблюдений. В общем случае, чем меньше значение этих параметров, тем точнее поверхность тренда аппроксимирует измеренные значения. Информация о поверхности тренда была записана в текстовый файл *RMS\_1.TXT*.

□ В *Проводнике Windows* перейдите к папке ex4, найдите в ней файл *RMS\_1.TXT* и откройте его. Вы увидите таблицу, в которой представлены рассчитанные коэффициенты полинома, а также параметры хи-квадрат (446239,322) и среднеквадратическая ошибка (11,628).

Вы можете построить тренды более высоких порядков (инструмент «Тренд» позволяет строить поверхности вплоть до 12-го порядка), и выбрать из них наилучший. С точки зрения статистики, наилучшим будет тренд с наименьшими значениями хи-квадрата и RMS. С другой стороны, вы должны помнить, что поведение большинства природных феноменов описывается функциями со степенями не выше четвертой.

- Проведите самостоятельное исследование. Постройте поверхности трендов более высоких порядков. Выберите наилучшую, с вашей точки зрения, поверхность тренда.
- ✤ Затем рассчитайте локальную составляющую гравитационного поля как разность между поверхностью наблюденного поля и поверхностью тренда. Используйте для этой цели Калькулятор растра.

### Контрольные вопросы:

1) Полином какого порядка вы выбрали для представления региональной компоненты гравитационного поля? Обоснуйте свой ответ.

## Упражнение 4E. Создание поверхностей TIN

В этом упражнении вы научитесь строить и отображать поверхности TIN (Triangular Irregular Networks – нерегулярные триангуляционные сети). Для создания и отображения поверхностей TIN в системе ArcGIS существует специальный модуль **3D Analyst**.

В качестве входных данных вы будете использовать пространственные объекты различной геометрии: точечные, линейные, полигональные. Каждый из этих объектов будет вносить свой вклад в формирование поверхности TIN.

□ В проекте ex4.aprx откройте карту Упражнение 4е.

Вы видите фрагмент топографический карты. Используя пространственные объекты, представленные на карте, вы построите модель местности, а затем отобразите ее в трехмерном виде.

Сначала вы построите первичную TIN на основе изолиний рельефа и абсолютных отметок высот. Затем вы будете добавлять различные объекты, все более совершенствуя свою модель и наблюдая за изменениями в структуре TIN.

В формировании высот TIN будут участвовать слои «Тригопункты» и «Изолинии рельефа», у которых абсолютные отметки высот хранятся в полях **abs** и **CONTOUR**, соответственно. Полигоны слоев «Крупная река» и «Площадка для строительства» будут использованы для моделирования горизонтальных площадок с заданной постоянной высотой h. Объекты остальных слоев будут добавлять в TIN новые узлы, ребра и грани, не изменяя значения высот.

Вы начнете с создания поверхности TIN.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты 3D Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **Набор данных TIN**.
- □ Найдите и запустите инструмент **Создать TIN**.

- $\square$  В строке *Выходная TIN* введите путь к папке ex4 в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *tin\_surface*.
- □ В качестве системы координат задайте систему координат карты.

При создании модели TIN вы будете выбирать и настраивать слои, которые будут участвовать в построении модели.

□ Щелкните на стрелке вниз в поле *Входные объекты* и из списка выберите *Тригопункты*.



- □ В качестве *Поля высот* выберите поле *abs*.
- □ В поле *Тип* задайте *Облака точек*.
- □ Поле Тега оставьте по умолчанию (None).

Нажмите на кнопку Добавить еще и самостоятельно добавьте и настройте слои «Изолинии рельефа» и «Рамка», задав для них следующие параметры:

- 1) для слоя «Изолинии рельефа»: Поле высот CONTOUR, Tun Soft\_Line.
- 2) для слоя «Рамка»: Поле высот None, Tun Soft\_Clip).
  - □ Нажмите Запустить.

На панели *Содержание* и на карте появится созданная TIN. Выключите отображение всех слоев, кроме «Тригопункты», «Изолинии рельефа» и «Рамка», чтобы лучше видеть TIN. Полученная первичная поверхность TIN представляет собой цифровую модель рельефа, основанную на точках с абсолютными отметками высот и изолиниях. Выключив отображение слоя «Изолинии рельфа», вы увидите, что все нерезкие ребра TIN располагаются вдоль изолиний. Область интерполяции TIN ограничена полигоном слоя «Рамка».



- □ Измените название слоя TIN на «Модель местности».
- □ Откройте окно настроек символов слоя «Модель местности» и измените цветовую схему модели на «Белый -черный» для того, чтобы четче видеть рельеф поверхности.



□ Перейдите ко вкладке Назначить символы слоя, используя ребра.

Ребра	Назначить символы слоя, используя ребра
🗹 Нарисов	ать, используя Тип ребра 🔹

□ Нажмите на кнопку Больше и выберите Добавить все значения.

🗹 Нарисо	вать, и	спользуя Тип ребра 🔹
Цветовая сх	ема	•
Значения		Больше 🔹
Символ		Добавить все значения
У Тип г	+ /	Добавить значения
	/ 1	Редактировать подпись

- □ Вернитесь на предыдущую вкладку *Назначить символы слоя, используя поверхность* и снимите галочку рядом со строчкой *Нарисовать, используя*.
- □ Включите отображение слоя «Изолинии рельефа».



Вы видите, что поверхность TIN состоит из треугольников, которые образуют неравномерную триангуляционную сеть.

Формообразующие точки (тригопункты) становятся узлами сети, а линии (изолинии) – ребрами. Таким образом TIN сохраняет геометрию входных данных, одновременно моделируя значения, расположенные между известными точками.

Поскольку узлы могут располагаться на поверхности неравномерно, TIN может иметь более высокое разрешение в областях, где поверхность крайне неравномерна или нужна большая детализация (например, в местах с крутыми склонами), и более низкое разрешение в областях с более гладкой поверхностью.

Теперь вы улучшите свою модель, добавив к ней новые объекты. Начните с линейных объектов слоев «Реки и ручьи», «Дороги», «Заборы (ограждения)».

Пересекающие поверхность географические объекты, такие как реки или дороги, могут отображаться в TIN как линии перегиба.

Линии рек и ручьев вы добавите как резкие линии перегиба, так как они формируют уклон поверхности.

Линии, представляющие дороги и заборы, на уклон поверхности не влияют, поэтому вы добавите их как нерезкие линии перегиба.

- □ В дереве инструментов найдите и запустите инструмент **Редактировать TIN**.
- □ В качестве входной TIN используйте «Модель местности».
- □ Входными классами объектов на этот раз будут слои «Реки и ручьи», «Дороги» и «Заборы (ограждения)».

Для слоя «Реки и ручьи» установите следующие настройки: Поле высот – None, Tun – Hard\_Line. Для слоев «Дороги» и «Заборы (ограждения)» установите следующие настройки: Поле высот – None, Tun – Soft\_Line.

□ Нажмите Запустить.

На экране отобразится обновленная поверхность TIN.

Вы видите, что ваша модель усложнилась: добавились ребра, представляющие пространственное положение дорог, заборов и водотоков.



Теперь добавьте полигональные объекты.

- □ Добавьте в свою TIN объекты слоев «Крупная река» и «Площадка для строительства». Для каждого слоя установите следующие настройки: Поле высот *h*, Tun Hard\_Replace.
- □ Убедитесь, что в качестве входной TIN выбрана «Модель местности». Нажмите Запустить.

На экране отобразится обновленная поверхность TIN. Вы видите, что к TIN добавились новые резкие линии перегиба. Особенно отчетливо изменения видны в районе строительной площадки: здесь резкие линии перегиба ограничивают горизонтальную площадку с абсолютной отметкой 74 м.

Далее вы закончите редактировать TIN, добавив к ней полигоны слоя «Сельхозугодья». В отличие от других входных данных слой «Сельхозугодья» имеет атрибутивную информацию, и вы можете добавить к TIN сельскохозяйственные поля с отображением их атрибутов. Для каждого типа сельскохозяйственных культур в поле *code* записан соответствующий числовой код. Поле *code* вы будете использовать в *Поле Teгa* с тем, чтобы, присвоить целочисленное атрибутивное значение всем треугольникам, находящимся в пределах сельскохозяйственных полей. После обновления TIN вы сможете показать на поверхности положение полей и их атрибуты.

- □ Добавьте в TIN объекты слоя «Сельхозугодья», задав следующие параметры: Поле высот None, Tun Softvalue\_Fill, Поле Tera code.
- □ Убедитесь, что в качестве входной TIN выбрана «Модель местности». Нажмите Запустить.

Вы видите, что ваша модель усложнилась: добавились ребра, представляющие границы сельхозугодий.

Далее вы измените свойства отображения поверхности TIN, чтобы увидеть последние изменения.

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на слое «Модель местности» и в контекстном меню выберите Символы.
- □ В диалоговом окне *Символы* во вкладке *Назначить символы слоя, используя ребра* снимите галочку рядом со строчкой *Нарисовать, используя*.
- □ Перейдите на вкладку Назначить символы слоя, используя поверхность.
- □ В поле Нарисовать, используя выберите Значения тегов.
- □ При необходимости нажмите на кнопку Больше и выберите Добавить все значения.

2 🔘 🖄	
Поверхность	
🗹 Нарисовать, исп	ользуя Значения тегов 🔹
Цветовая схема	
Значения	Больше 🔹
Символ	📑 Добавить все значения
У Значение тега	+ Добавить значения
_	🖊 Редактировать подпись
	💉 Формат символов
	🍰 Группировать значения

Отобразится список символов для уникальных значений граней TIN. Атрибут со значением 0 соответствует тем граням, где сельхозугодья отсутствуют.

- □ Щелкните на символе, соответствующем значению тега 0.
- □ В диалоговом окне *Формат символа* измените цвет символа на Зеленый папоротник. Нажмите Применить.
- □ Нажмите на круглую кнопку со стрелочкой («Вернуться на предыдущую страницу»).



- □ В столбце *Подпись* измените «0» на «Сельхозугодья отсутствуют». Нажмите *Enter*.
- □ Щелкните на символе, соответствующем значению тега 1.
- □ В диалоговом окне *Формат символа* измените цвет символа на *Серый 20%*. Нажмите *Применить*.
- □ В столбце Подпись «1» измените на «Картофель».
- □ Щелкните на символе, соответствующем значению тега 2.
- □ В диалоговом окне *Формат символа* измените цвет символа на *Пески Сахары*. Нажмите *Применить*.
- □ В столбце Подпись «2» измените на «Зерновые».
- □ Щелкните на символе, соответствующем значению тега 3.

- □ В диалоговом окне *Формат символа* измените цвет символа на *Лимонный средний*. Нажмите *Применить*.
- □ В столбце Подпись «3» измените на «Подсолнечник».
- □ Щелкните на символе, соответствующем значению тега 6.
- □ В диалоговом окне *Формат символа* измените цвет символа на *Желтый* аутинит. Нажмите Применить.
- □ В столбце Подпись «6» измените на «Кукуруза».

Символ	Значение	Подпись	
♥ Значени	е тега грани	5 знач	ениз 🗙
	0	Сельхозугодья отсутс	
	1	Картофель	
	2	Зерновые	
	3	Подсолнечник	
	6	Кукуруза	

Вы видите, что теперь сельскохозяйственные поля отображены на TIN соответствующим цветом.



Далее вы отобразите законченную модель местности в 3D виде.

□ На верхней панели окна ArcGIS Pro во вкладке Bu∂ щелкните Конвертировать, а затем В локальную сцену.

Ваша модель местности отображена в трехмерном виде. Далее вы измените поверхность высот, которая используется по умолчанию в качестве источника информации о высотах.

- □ Внизу панели *Содержание* в разделе *Поверхности высот* выключите слой «WorldElevation3D/Terrain3D».
- □ Щелкните правой кнопкой мыши на названии раздела *Поверхности высот* и выберите *Добавить слой поверхности высот*.

			вставить
1	поверхности высот	1	
	4 Земля	Τ.	дооавить слои поверхности высот
			-
	WorldElevation3D/Terrain:	+	Создать слои поверхности из источников
		_	

Ниже слоя «WorldElevation3D/Terrain3D» появится слой «Поверхность».

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на слое «Поверхность» и выберите Добавить слой источника высот.
- □ При необходимости перейдите к папке ex4 в вашем рабочем каталоге и выберите *tin\_surface* в качестве источника высот.
- □ На панели Содержание в разделе 2D-слои включите отображение всех слоев, кроме «Тригопункты», «Изолинии рельефа» и «Сельхозугодья».

На данном этапе ваша сцена выглядит плоской. Для того, чтобы поверхность TIN предстала в 3D-виде, а все объекты расположились непосредственно на ней, для всех слоев необходимо указать базовую высоту.

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на слое «Модель местности» и выберите *Свойства*.
- Во вкладе *Высоты* в поле рядом со строчкой *Объекты* выберите *На* пользовательской поверхности высот.



В качестве поверхности программой будет предложен ранее созданный вами слой «Поверхность».

- □ Нажмите ОК.
- □ Аналогичным образом установите базовые высоты для всех остальных слоев.

Теперь поверхность TIN отображена в трехмерном виде, и все слои наложены на нее.



Для того, чтобы улучшить внешний вид сцены, некоторые объекты на поверхности TIN (деревья, дома и заборы) нужно представить в трехмерном виде. Для корректного отображения эти объекты должны быть 3D-объектами (то есть объектами, геометрия которых описывается тремя координатами). В данный момент координата Z (информация о высоте) у них отсутствует, но ее можно получить из поверхности TIN.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты 3D Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **3D-объекты > Интерполяция**.
- □ Найдите и запустите инструмент Интерполировать форму.

Этот инструмент превращает входные объекты в 3D-объекты, используя для этого значения высоты, полученные из входной поверхности, на которой эти объекты расположены.

- В окне инструмента **Интерполировать форму** в поле *Входная поверхность* выберите *Модель местности*.
- □ В поле входные объекты выберите Лес.
- Выходной класс пространственных объектов назовите *forest\_3D* и сохраните его в базу геоданных ex4.gdb в вашем рабочем каталоге.
- □ Остальные настройки оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

Новый слой появится на карте и на панели Содержание в группе 3D-слои.

- □ Проделайте аналогичные действия со слоями «Коттеджи» и «Заборы (ограждения)».
- □ Выключите отображение 2D-слоев «Коттеджи», «Заборы (ограждения)» и «Лес».

Теперь вы можете использовать 3D-символы для отображения ваших 3D-объектов.

□ Во вкладке Вставка на верхней панели окна ArcGIS Pro щелкните кнопку Добавить в блоке Стили и выберите Добавить системный стиль.



□ При необходимости поставьте галочку рядом с разделом 3D-символов.



- □ Нажмите ОК.
- □ Смените символ 3D-слоя заборов и ограждений на Деревянный забор.

🔄 Формат линейного символа 🔳							≡
Галерея Свой	йства						
Введите здесе	ь, что искаї	ть			<i>ب</i>	Все стил	и т
Найдено симво	лов: 156					Ş	$\mathbb{T}$
> 3D реклам	ные щиты						
ArcGIS 2D							
✓ ArcGIS 3D	×						
						-	
Полоса	Труба	Стена	Бетон	Дорожн	Деревя	нн	
Кирпичн							

- □ Смените символ 3D-слоя заборов и ограждений на Деревянный забор.
- В свойствах слоя во вкладке *Отображение* отметьте галочкой опцию *Отображать 3D-символы в единицах реального мира*.

П		
	Общие	Para and annual
	Метаданные	Поле отооражения
	Источник	X • X
	Высоты	Показывать подсказки карты
	Выборка	Отображать 3D-символы в единицах реального мира ()
	Отображение	
	Кэш	качество и производительность отооражения

□ Аналогичным образом задайте символы оставшимся двум слоям (выберите их из имеющихся наборов на ваше усмотрение).

Теперь вы можете управлять изображением (уменьшать, увеличивать, масштабировать, поворачивать) и рассматривать полученную модель местности в деталях и на общих планах.



### Контрольные вопросы:

- 1) Два из входных наборов данных не участвовали в формировании поверхности TIN. Назовите эти слои. Какова геометрия объектов этих слоев (классов пространственных объектов)?
- 2) Почему не было необходимости включать объекты вышеупомянутых слоев в поверхность TIN?
- 3) Если бы вы захотели включить эти объекты в модель TIN, то какие настройки вы использовали бы при добавлении объектов в TIN?

# Практическая работа 3. Классификация

# Упражнение 5А. Простейшая переклассификация на векторном типе данных (агрегирование данных)

В векторных системах процесс переклассификации требует изменения как атрибутов, так и геометрии объектов. В этом упражнении вы выполните переклассификацию полигонов на основе атрибута. В результате переклассификации вы получите меньшее число объектов, чем имелось в исходных данных. Такой результат называется *агрегированием данных*.

Откройте готовый проект ex5.aprx из каталога:
D:\GIS2\Workspace\UserName\exercises\ex5. В проекте откройте карту Упражнение 5a.

Вы видите карту административного деления Российской Федерации. Каждый полигон представляет довольно мелкую административную единицу – район.

□ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Политико-административные единицы РФ».

Просмотрев содержимое атрибутивной таблицы, вы убедитесь, что для районов кроме собственного имени указано название более крупной административной единицы, в состав которой он входит.

В заголовках полей атрибутивной таблицы записаны псевдонимы полей. Чтобы увидеть истинные названия полей, нужно просмотреть свойства каждого поля. Для этого:

- □ Щелкните правой клавишей мыши на заголовке поля, в контекстном меню выберите *Поля*.
- □ В открывшейся таблице в столбце Имя поля вы увидите истинное имя поля.

Вы видите, что псевдоним «Страна» имеет поле name\_cntr.

- □ Определите имена полей, которые скрыты под псевдонимами «Регион» и «Район».
- □ Закройте таблицу Поля и таблицу атрибутов.

Теперь, когда вы изучили входные данные, ваша задача – классифицировать районы по территориальному признаку и отобразить на карте более крупные административные единицы – регионы РФ. Таким образом, вы должны выполнить задачу агрегирования данных.

Для выполнения подобных операция в системе *ArcGIS Pro* существуют инструменты генерализации векторных данных. Эти инструменты собраны в набор инструментов **Генерализация**. Вы воспользуетесь инструментом **Слияние по атрибуту**.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Управление данными.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Генерализация.
- □ Найдите и запустите инструмент Слияние по атрибуту.
- □ В строке *Входные объекты* выберите «Политико-административные единицы РФ».
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *adm\_agr*.

- □ В блоке Поля слияния выберите поле Регион.
- □ При необходимости включите опцию *Создать составной объект*. Составными объектами будут представлены те регионы, которые имеют в своем составе несколько несвязанных полигонов, например, островов.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания работы инструмента новый класс полигональных объектов будет добавлен на карту как новый слой.

□ Измените название только что добавленного слоя на «Регионы России».

Чтобы улучшить восприятие результата классификации, измените настройки отображения слоя «Регионы России». Для этого:

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на слое «Регионы России» и из контекстного меню выберите Символы.
- □ В поле Основные символы выберите Уникальные значения.
- $\square$  В строке Поле 1 выберите name\_adm1.
- □ Нажмите кнопку Добавить не перечисленные значения.

	Ēţ,	+	$\uparrow$	$\downarrow$	÷	Больше 🗸
До	бави	ть не	пер	ечис	лен	ные значения

□ В открывшемся окне нажмите Опции, а затем Выбрать все.

Символы - Регионы России					
🕞 Выбрать значения для добавления					
Символ	Значение	+	Добавить новое зна	чение	
	АГИНСКИЙ БУРЯ		Выбрать все		
	АЛТАЙСКИЙ КРА		Очистить выборку		

- □ Нажмите ОК.
- □ Отключите отображение символа <все другие значения>.



□ Смените *name\_adm1* на «Название».

Символ		Значение	Подпись	
✓ name_	adm	1 94 классы	символов •••	
	•	АГИНСКИЙ БУР	АГИНСКИЙ БУР	
	•	АЛТАЙСКИЙ КР	АЛТАЙСКИЙ КР	
	•	АМУРСКАЯ ОБЛ.	АМУРСКАЯ ОБЛ.	

□ Нажмите *Enter*, а затем закройте окно символов.

Теперь вашу работу по переклассификации входных данных можно считать законченной.

- Сохраните слой «Регионы России» как файл слоя. Для этого:
- □ Щелкните правой кнопкой мыши на названии слоя и в контекстном меню выберите *Публикация* > *Сохранить как файл слоя*.
- □ В открывшемся диалоговом окне перейдите к папке ex5 в своем рабочем каталоге. Имя выходного набора данных оставьте по умолчанию. Нажмите *Сохранить*.

Созданный вами файл слоя Регионы России.lyrx вы будете использовать при выполнении следующего упражнения.

✤ В качестве самостоятельной работы вычислите площади регионов в км<sup>2</sup>. Назовите 5 самых крупных регионов Российской Федерации.

### Упражнение 5В. Классификация векторных данных на основе количественных характеристик атрибутов

В этом упражнении вы научитесь классифицировать и отображать данные на основе их количественных характеристик.

Суть классификации состоит в группировании объектов с близкими значениями. От того, как вы определите диапазоны для классов, будет зависеть, какие объекты попадут в каждый класс, и, следовательно, как будет выглядеть готовая карта. Вы будете изучать стандартные схемы классификации и увидите, что различные методы классификации могут создавать совершенно разные карты.

Выполняя упражнение, вы научитесь выбирать наиболее подходящие методы классификации, учитывая конкретное распределение значений, подлежащих классификации.

Для изучения методов классификации вам предлагаются данные переписи населения России 2002 года. Данные обобщены до уровня регионов и представлены в таблице *CENSUS.dbf*.

□ Откройте проект ex5.aprx и вставьте новую карту.



□ Переименуйте свою карту, дав ей имя «Упражнение 5b».

Для этого на панели *Содержание* щелкните правой кнопкой мыши *Карта* и в контекстном меню выберите *Свойства*.

	Свойства карты: Карта				×
	Общие	14.10	Vanavauouvo Sh		
	Экстент	RWIN	Эпражнение зо		
2	Вырезать слои	Единицы карты	Метры 🚺		
	Метаданные Системы координат	Единицы отображения	отображения Десятичные градусы 🔻		
	Преобразование	Базовый масштаб	<het> *</het>		
	Освещение Подписи	Поворот	0,00 ~		
	Управление цветом	Цвет фона	V. V.		
		Растянуть и включите	максимальный масштаб в диапазоне масштабов		
ŀ		Разрешить назначение уникальных числовых ID для публикуемых веб-слоев ()			
1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 - 1947 -			QK	Отм	ена

□ Сохраните проект.



Теперь вы будете добавлять пространственные данные как слои для вашей карты.

- □ На верхней панели во вкладке *Карта* щелкните на кнопке Добавить данные <sup>▲</sup>.
- □ В диалоговом окне Добавить данные перейдите к своему рабочему каталогу.
- □ В папке ex5 выберите файл **Регионы России.lyrx.**
- □ Щелкните ОК.

Набор данных, который вы создали при выполнении предыдущего упражнения, добавился как слой на панель *Содержание* и на карту. Далее вы добавите таблицу *CENSUS.dbf*.

- 🛛 На верхней панели во вкладке Карта щелкните на кнопке Добавить данные 芦
- □ В диалоговом окне Добавить данные перейдите к своему рабочему каталогу.
- □ В папке ex5 выберите файл CENSUS.dbf.
- □ Щелкните ОК.

Таблица с результатами переписи населения будет добавлена на панель Содержание.

□ Откройте таблицу *CENSUS.dbf*.

Вы видите поле, в котором записаны названия регионов России, а также 9 дополнительных полей, содержащих результаты переписи населения: *Население* – число жителей региона, *Мужчины* – численность мужского населения региона, *Женщины* – численность женского населения региона, *Городское* – доля городского населения региона в %, *Сельское* – доля сельского населения региона %, *Возр\_0\_17* – численность населения возрасте до 17 лет, *Возр 18 60* – численность населения возрасте от 18 до 60 лет,

*Возр\_61\_* – численность населения старше 60 лет, *квм\_чел* – число квадратных метров жилья, приходящихся на одного жителя региона.

Так как атрибуты регионов хранятся в отдельной таблице *CENSUS.dbf*, а не непосредственно в атрибутивной таблице слоя, таблицу *CENSUS.dbf* необходимо к атрибутивной таблице слоя присоединить. Для соединения таблиц вы можете использовать названия регионов, которые и в той и другой таблице хранятся в поле *Регион*. Соединение таблиц позволит получить доступ к данным из таблицы *CENSUS.dbf*.

- Правой кнопкой мыши щелкните на слое *Регионы России*, в контекстном меню выберите *Соединения и Связи*, а затем *Добавить соединение*.
- □ Настройте инструмент так, как показано на рисунке.

Добавить соединение ?	×
Входная таблица	
Регионы России 🗸	
Входное поле соединения	
name_adm1 — Поле «Регион»	~
Соединяемая таблица	
CENSUS ~	<u> </u>
Поле соединяемой таблицы	
Регион	~
Сохранить все целевые объекты	
Индексировать присоединяемые поля	
Проверить соединение	

- □ Щелкните ОК.
- □ Откройте атрибутивную таблицу слоя *Регионы России* и обратите внимание, что связанные поля теперь присоединены к слою.

Теперь вы можете использовать данные из присоединенной таблицы для отображения слоя.

Данные могут быть классифицированы с использованием различных методов: ручного, равных интервалов, заданного интервала, квантиля, естественных границ, геометрического интервала и среднеквадратичного отклонения.

Вы должны выбрать наиболее подходящий метод классификации с учетом конкретного распределения значений. А затем решить вопрос о выборе числа классов.

Хорошим способом оценки распределения значений данных является представление их на гистограмме.

- Правой кнопкой мыши щелкните на слое *Регионы России* и из контекстного меню выберите *Символы*.
- □ В окне символов в качестве основных символов выберите Градуированные цвета.
- □ В блоке Поле выберите Население.

Вы будете отображать регионы России на основании численности населения.

- В качестве метода выберите Естественные границы.
- □ Щелкните на вкладке Гистограмма.



Атрибутивные значения отображаются вдоль оси Y, а число объектов – вдоль оси X. Точки разрыва значений в каждом классе отображаются на гистограмме черной линией и стрелочкой. Зажав стрелочку, вы можете перемещать эти линии, чтобы определять свои границы классов. В этом случае вы автоматически переключаетесь на режим классификации Интервал вручную.

Вы видите, что ваши данные имеют мультимодальное распределение, при котором многие объекты имеют одинаковые или близкие значения, также существуют разрывы между группами величин.

Для подобных распределений наиболее удачным методом классификации является метод естественных границ. Метод естественных границ выявляет группы, которые свойственны вашим данным, поэтому значения в пределах каждого класса оказываются близкими, а значения между классами различаются.

Значения данных, которые образуют группу, помещаются в один класс. Границы классов устанавливаются в тех местах, где между группами значений образуются пробелы.

Определившись с выбором схемы классификации, вам необходимо решить, сколько создавать классов. Если вы выбрали правильную схему классификации, то изменение числа классов не повлияет существенно на характер закономерностей на карте, но сами закономерности будут заметны в большей или меньшей степени.

Гистограмма показывает, что в данных есть 3 группы значений, которые разделяются пробелами.

При необходимости верните метод *Естественных границ*, а затем щелкните на стрелке вниз в поле *Классы* и выберите 3.

Вы видите, что первая группа объединяет множество объектов с наиболее низкими значениями атрибута. Для второй группы характерно несколько более высокое значение численности населения, число объектов в этой группе существенно меньше, чем в первой. В третьей группе содержится всего несколько объектов с очень высокими значениями численности населения.

□ Закройте окно символов.

Теперь на карте показаны Регионы России, классифицированные по численности населения.



Структура распределения числа жителей выражена весьма ярко. Вы видите, что в первый класс попало всего два региона – г. Москва и Московская область. Здесь проживает наибольшее число жителей.

Регионы, с несколько меньшей численностью населения (второй класс), относятся, преимущественно, к южным регионам России. Остальные регионы (третий класс) образуют большой класс территорий с низкой численностью населения.

Вы получили интересный результат. Однако, деление объектов всего на 3 класса дает слишком грубую картину, и вы не видите более тонких закономерностей.

□ Постройте серию карт, последовательно увеличивая число классов от 4 до 20. Проследите, как меняется отображение регионов с увеличением числа классов.

Вы наблюдаете, что общая закономерность в распределении регионов остается прежней, а это значит, что метод классификации был выбран правильно. Но информативность изображения увеличивается. Кроме того, выявляются интересные детали распределения. Например, Мурманская область и Республика Саха (Якутия) имеют приблизительно одинаковую численность населения, но площади их несоизмеримы.



Кроме того, некоторые регионы с чрезвычайно низкой численностью населения (национальные округа Коми-Пермяцкий, Усть-Ордынский Бурятский и Агинский Бурятский) находятся в окружении регионов с высокой численностью населения.

Если вы еще раз просмотрите отображения классификаций с разным количеством классов, то убедитесь, что при выборе числа классов от 10 до 20 картина практически не изменяется. Кроме того, вы должны помнить, что большинство пользователей не могут отчетливо различать более 7-10 цветов. Поэтому использование большего числа цветов для классов затрудняет чтение карты.

Для данного случая остановитесь на числе классов, равном 10.

Теперь поэкспериментируйте с методами классификации, чтобы еще раз убедиться в правильности выбора метода естественных границ.

- □ Снова откройте окно символов, если необходимо.
- В качестве метода классификации выберите *Равный интервал* с количеством классов, равным 10.

Метод равных интервалов классифицирует атрибуты так, что каждый класс содержит одинаковый диапазон значений, то есть разность между максимальной и минимальной величинами одинакова для каждого класса. Поэтому этот метод лучше всего подходит для картирования непрерывных данных, таких, например, как температура или количество осадков. В нашем случае данные образуют группы. Вследствие неравномерного распределения оказалось, что большая часть объектов собраны в первые три класса, последний класс содержит только один объект, а некоторые классы и вовсе остались пустыми.



Такое распределение негативно сказалось на изображении карты регионов: карта трудночитаемая, т.к. на ней преобладают оттенки одного цвета, г. Москва и Московская область на карте выглядят как выбросы, так как каждый из этих регионов составляет целый класс с очень высокими значениями атрибута.

Вы убедились, что метод равных интервалов не подходит для классификации регионов по численности населения.

- □ В диалоговом окне Символы выберите метод Заданный интервал. В поле Размер интервала укажите 1100000.
- □ Нажмите *Enter*.

Вы видите, что метод Заданный интервал дает практически такое же распределение, что и метод равных интервалов. В действительности так и должно быть, так как метод равных интервалов разбивает объекты на классы по аналогичному алгоритму. Различие состоит лишь в том, что интервал класса не вычисляется, а назначается пользователем.

□ Смените метод на *Квантиль* с количеством классов, равным 10.

Метод квантиля старается сгруппировать в каждый класс одинаковое количество объектов. Этот метод, как правило, используется для картирования областей, которые имеют примерно одинаковые размеры, а также для картирования данных с равномерным распределением величин. Под равномерным распределением подразумевается нормальное, или почти нормальное распределение значений атрибута, без разрывов в диапазоне значений. Анализ гистограммы показывает, что разбиение на классы произошло не совсем удачно.



Объекты с близкими значениями величин оказались в разных классах. Подобное разбиение на классы приводит к визуальному увеличению разницы между объектами при отсутствии таковой. Десятый (последний класс) демонстрирует другой серьезный недостаток этой схемы классификации: несколько соседних величин, отстоящих друг от друга на большой интервал, объединены в один класс, что сводит к нулю разницу между этими объектами. Вы видите, что такие регионы как, например, г.Москва и Ростовская область, попадают в один класс, хотя численность населения этих регионов различается на порядок.

Таким образом, вы убедились, что метод Квантиль тоже не подходит для классификации регионов по численности населения.

□ Смените метод на *Геометрический интервал* (10 классов).

Метод *Геометрический интервал* разбивает объекты на классы таким образом, что интервалы классов образуют геометрическую прогрессию. Метод рассчитывает интервалы, минимизируя квадрат суммы элементов, приходящихся на каждый класс. Благодаря этому классы имеют примерно одинаковое число элементов, и в тоже время значения атрибутов в пределах класса подобны. Таким образом, метод *Геометрический интервал* объединяет в себе возможности методов *Квантиль* и *Естественные границы*.

На гистограмме вы видите, что разбиение на классы произошло более корректно, чем в случае использования метода *Квантиль*. Диапазоны классов близки к диапазонам классов, которые вы наблюдали при выборе метода *Естественные границы*. Поэтому и отображение регионов по численности населения практически такое же, как и при использовании метода *Естественные границы*.

Метод *Геометрический интервал* был разработан специально для классификации объектов с мультимодальным распределением, поэтому, он также, как и метод естественных границ подходит для классификации по атрибуту «Население».

□ Смените метод на *Среднеквадратичное отклонение*. Размер интервала – 1/2 стандартного отклонения.

Метод среднеквадратичного отклонения обычно используется для того, чтобы показать на карте объекты, значения атрибутов которых существенно отличаются от среднего.

На первый взгляд вы получили именно такую картину. Но вы должны помнить, что метод основан на статистических показателях – среднее и стандартное отклонение – и подразумевает, что распределение классифицируемых величин нормальное. Вы уже знаете, что распределение значений атрибута «Население» мультимодальное, поэтому этот метод классификации применять в данном случае не рекомендуется.

На настоящий момент вы достаточно подробно изучили стандартные методы классификации, реализуемые в системе *ArcGIS Pro*. Вы изучили особенности каждого метода и границы его применимости. Вы выяснили, что для классификации регионов России по численности населения наилучшие результаты дают методы классификации *Естественные границы* и *Геометрический интервал* с числом классов равным 10.

Но это далеко не все возможности системы *ArcGIS Pro*, которые можно использовать для классификации и визуализации классифицированных данных. Вы получили карту распределения числа жителей, проживающих в каждом регионе. Но регионы имеют разные размеры, поэтому представление о степени населенности того или иного региона не совсем верное. Для подобных ситуаций есть другое решение, состоящее в использовании относительных значений.

Относительные значения показывают взаимные отношения между двумя количественными величинами и находятся делением одной количественной величины на другую для каждого объекта. Использование относительных значений устраняет влияние разницы между большими и малыми площадями участков на карте или разницы между участками, на которых может быть много или мало объектов, поэтому такой подход дает возможность более точно показывать распределение объектов. Чаще всего используются такие виды относительных значений, как пропорции и плотности.

Пропорции показывают, какую часть от целого значения составляет каждая величина. Чтобы рассчитать пропорцию, следует разделить друг на друга значения, которые выражены в одинаковых единицах измерения. Часто для удобства записи пропорции выражают в виде процентов (пропорция, умноженная на 100). Например, деление числа жителей в возрасте от 18 до 60 лет в каждом регионе на полное число жителей соответствующего региона, дает процентное содержание трудоспособного населения в пределах каждого региона. Процентное содержание можно вычислить и другим способом: как результат деления значения на сумму всех значений. Так, например, можно отобразить карту численности населения регионов, представленную не в абсолютных значениях, а в процентах от общего числа жителей России.

Плотности показывают значения концентрации объектов. Чтобы получить плотность, нужно разделить значение на площадь объекта. В этом случае вы получаете удельное значение данной величины, приходящееся на единицу площади. Например, делением числа жителей региона на площадь региона, выраженную в квадратных километрах, вы получите среднее число жителей, приходящееся на один квадратный километр.

Примечательно, что в системе ArcGIS Pro пользователю для отображения относительных величин нет нужды проводить дополнительные вычисления. ArcGIS Pro позволяет рассчитывать относительные значения «на лету», производя соответствующие вычисления в процессе создания карты. Для этого нужно только указать, данные из каких столбцов в таблице следует использовать.

- □ Откройте окно символов слоя Регионы России.
- При необходимости в качестве основных символов выберите Градуированные цвета.
- □ В строке Поле выберите Население.
- □ В строке Нормирование выберите <процент от общего>.
- □ В качестве метода выберите Естественные границы (10 классов).

Вы получили карту распределения регионов по численности населения. Такую же, как по методу естественных границ без нормирования, но выраженную в процентах по отношению к общему числу жителей России (обратите внимание на легенду символов слоя *Регионы России* на панели *Содержание*).

Далее вы построите карту плотности населения.

□ В строке *Нормирование* смените параметр на *Shape\_Area* (то есть площадь).

Вы получили карту распределения регионов по плотности населения. Эта карта существенно отличается от предыдущей и дает более правдивое представление о степени населенности того или иного региона, так как распределение теперь не зависит от размера региона. Мы наблюдаем своеобразную зональность в характере заселенности территории России: вполне отчетливо выделяются три зоны субширотного простирания с высокой и средней плотностью населения, с низкой плотностью населения и чрезвычайно низкой плотностью населения.

Продолжим изучение данных переписи населения. Для отображения относительных данных вы можете использовать и другие способы отображения, например, диаграммы.

Применяя диаграммы, можно одновременно показать распределения нескольких категорий, например, распределение мужского и женского населения по регионам.

- Правой кнопкой мыши щелкните на слое *Регионы России* и в контекстном меню выберите *Символы*.
- В открывшемся окне Символы в качестве основных символов выберите Диаграммы.
- □ В строке *Тип диаграммы* из списка выберите *Столбчатая диаграмма*.
- □ В блоке *Поля* в качестве первого поля задайте *Мужчины*, а в качестве второго *Женщины*.
- □ В блоке *Оформление* задайте ширину и длину столбца: 5 и 30 точек, соответственно.
- □ Закройте окно Символы.

Вы получили отображение численности мужчин и женщин в каждом регионе, а также соотношение этих характеристик с помощью столбчатых диаграмм.

Диаграммы показывают, что в большинстве регионов женское население несколько преобладает над мужским. Возможно, более детальное представление о соотношении мужского и женского населения даст прямое деление численности мужского населения на численность женского населения и отображение этой пропорции с помощью цветовых схем.

- □ Откройте окно символов слоя Регионы России.
- □ В качестве основных символов выберите Градуированные цвета.

- □ В строке Поле выберите Мужчины.
- □ В строке Нормирование укажите Женщины.
- □ В качестве метода выберите Естественные границы (10 классов).



Вы видите, что использование пропорции дает в данном случае более информативную картину. Распределение соотношения мужского и женского населения по регионам не одинаково: женское население преобладает в центральных районах с развитой экономикой и более высоким уровнем жизни, а мужское население преобладает в северных и дальневосточных регионах с более суровыми природными условиями и менее комфортными условиями жизни. Также вы можете заметить, что для национальных округов и республик разница между мужским и женским населением минимальна.

★ Далее исследуйте демографические данные самостоятельно.

Постройте карты, показывающие:

- 1. Распределение соотношения городского и сельского населения (используйте метод диаграмм).
- 2. Распределение регионов по числу квадратных метров жилья, приходящихся на каждого жителя. Карта должна показывать регионы, в которых обеспеченность жильем выше и ниже среднего по России.
- 3. Распределение доли детей в возрасте до 18 лет по отношению к числу всех жителей региона.
- 4. Распределение доли трудоспособного населения к общей численности населения региона.
- 5. Распределение доли людей пенсионного возраста к общей численности населения региона.
- 6. Сколько жителей трудоспособного возраста приходится на одного ребенка в возрасте до 18 лет.

#### Контрольные вопросы:

1) В каких регионах России отсутствует городское население?

2) Какой метод классификации вы выбрали для построения карты распределения регионов по числу квадратных метров жилья, приходящихся на каждого жителя? Обоснуйте свой выбор. Опишите пространственное распределение регионов, население которых в среднем имеет лучшее обеспечение жильем.

3) Какой метод классификации вы использовали для построения карт, показывающих долю различных категорий населения (детей, трудоспособных жителей, пенсионеров) к общему числу жителей в пределах каждого региона. Опишите полученные распределения. Какие интересные закономерности вы заметили?

4) Какие настройки свойств слоя вы использовали, чтобы получить карту №6. Сколько взрослых жителей в возрасте до 61 года приходится на одного ребенка в следующих регионах: Тульская обл., Омская обл., Республика Ингушетия?

# Упражнение 5С. Простейшая переклассификация на растре

В этом упражнении вы научитесь выполнять переклассификацию растровых данных методом простой перекодировки атрибутов.

В большинстве случаев работать приходится с уже проинтерпретированными и классифицированными кем-то данными. Поэтому вашу следующую задачу можно охарактеризовать как переклассификацию полученных данных. В случае растрового набора данных, вы просто меняете числа кодов или имена атрибутов для ячеек растра.

Для этого может быть много разных причин, например, замена значений на основании новой информации, группировка значений, переклассификация по общей шкале, перевод определенных значений в "Нет данных" или присвоение реальных значений вместо "Нет данных".

В среде *ArcGIS Pro* процедура переклассификации представляет собой одношаговую операцию, в которой все необходимые параметры устанавливаются в диалоговом окне инструмента *Переклассификация*.

Диалоговое окно *Переклассификации* позволяет вам модифицировать значения входного растра и сохранить изменения в новом выходном растре.

Вы изучите приемы переклассификации на примере переклассификации типов землепользования.

□ В проекте ex5.aprx откройте готовую карту Упражнение 5с.

Перед вами карта типов землепользования.

Вы видите, что растр содержит 7 категорий ячеек: «лес», «река», «овраги», «свободные земли», «постройки», «сельхозугодия», «дороги».

Перед вами стоит задача классификации этих земель с точки зрения их большей или меньшей пригодности для строительства новых зданий.

Известно, что для строительства лучше всего подходят свободные и сельскохозяйственные земли, менее желательны лесные массивы, а реки, болота и овраги вовсе непригодны.

Чтобы показать пригодность типов земель с точки зрения стоимости, переклассифицируйте растр так, чтобы меньшие значения показывали менее пригодное землепользование, а большие – более выгодное. «Река», «овраги», «дороги» получат значение "Нет данных", поскольку их нужно исключить вовсе.

В результате вы получите растр с меньшим числом категорий, пригодный для дальнейшего анализа.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Переклассификация.
- □ Найдите и запустите инструмент **Переклассификация**.
- □ Щелкните на стрелке вниз в поле *Входной растр* и выберите *Типы землепользования*.
- □ В строке Поле переклассификации выберите DISCRIPTIO.
- □ Задайте следующие значения в столбце Новые значения:

Свободные земли	—	10
Сельхозугодия		6
Лес		4
Постройки		2

Теперь вы удалите значения «дороги», «овраги», «река» и замените их на "NODATA".

- □ Щелкните на строке «дороги», а затем удерживая *Ctrl*, щелкните на «овраги» и «река».
- □ Нажмите *Delete* на клавиатуре.
- □ Поставьте галочку против Заменять отсутствующие значения на "NoData". таким образом все значения «дороги», «овраги» и «река» будут заменены на "NODATA".
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной растр под именем *reclass*.

E	-) Переклассификация						
Параметры	<b>Гараметры</b> Параметры среды						
Входной растр							
Типы земл	~						
Поле переклассификации							
DISCRIPTIO							
Переклассификация							
Обратный порядок новых значений							
31	Значение		Новый				
лес	лес						
свободные	свободные земли		10				
постройки	постройки		2				
сельхозуго	сельхозугодия		6				
NODATA	NODATA		NODATA				
Классифиц	ировать Ун	икальные	i 📄 🔒	<b>&gt;</b>			
Выходной растр							
D:\exercise							
✓ Заменить отсутствующие значения на NoData							

□ Нажмите Запустить.

Выходной переклассифицированный набор данных землепользования будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Степень пригодности».
- □ Отключите отображение слоя «Типы землепользования». Вы видите, что области, в которых данные отсутствуют, на карте теперь не отображаются.
- □ Щелкните правой кнопкой на слое «Степень пригодности» и выберите Символы.
- □ При необходимости установите в качестве основных символов Уникальные значения. В строке Поле 1 задайте VALUE, чтобы отобразить в легенде символов слоя новые цифровые коды типов землепользования. Ячейки с меньшими значениями относятся к областям, менее пригодным для строительства.

Далее вы познакомитесь с еще одним способом переклассификации растров: переклассификация с использованием операторов отношений. Этот метод переклассификации реализуется очень просто с помощью *Калькулятора растра*. Ограничением метода является то, что на выходе вы можете получить только 2 класса.

Вы будете использовать язык Алгебры карт для создания запросов выбора. Условия выбора ячеек растра описываются с помощью операторов отношений:

- == равно,
- > больше чем,
- < меньше чем,
- != не равно,
- >= больше или равно,
- <= меньше или равно.

Операторы отношений оценивают определенные условия отношений. Если условие выполняется (истинно, TRUE), то ячейке на выходе присваивается значение 1, если же условие не выполняется (ложно, FALSE), то на выходе присваивается 0.

Например, результатом запроса «"Типы землепользования" == 6» будет выходной растр, в котором ячейки со значением 1 – это сельскохозяйственные территории, а ячейки со значением 0 – несельскохозяйственные территории.

Следующие шаги познакомят вас с реализацией этого метода.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Алгебра карт.
- □ Найдите и запустите инструмент Калькулятор растра.
- □ Дважды щелкните на слое «Типы землепользования» в блоке *Растры*. Имя слоя будет добавлено в окно выражения.
- □ Дважды щелкните на кнопке *Равно* «= =» в блоке *Инструменты*.
- □ Закончите выражение, дописав после знака равенства «6» через пробел.

## "Типы землепользования" == 6

- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной растр под именем *calc*.
- □ Нажмите Запустить.

Полученный растр будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Сельхозугодия».
- □ Откройте окно символов слоя «Сельхозугодия» и задайте символу для значения 0 цвет «Нет цвета». Теперь новый растр отображает только территории, занятые сельхозугодиями.



□ Добавьте в атрибутивную таблицу слоя «Сельхозугодия» поле Area (тип – Double, Разрядность – 10, Кол-во десятичных знаков – 1) и рассчитайте площадь сельскохозяйственных угодий, зная, что разрешение растра 2.102552 м.

✤ В качестве самостоятельной работы рассчитайте плотность овражной сети (в %), как отношение площади оврагов к общей площади данной территории.

# Контрольные вопросы:

- 1) Какова площадь сельхозугодий?
- 2) Какова плотность овражной сети?

### Упражнение 5D. Переклассификация растровых данных с целью поиска мест наилучшего размещения объектов

В этом упражнении вы будете использовать процедуру переклассификации растров с целью определения подходящих мест для заложения скважин в соответствии с определенными требованиями.

Предварительно, на основе входных данных, вы создадите необходимые растры. Для этого вам, возможно, потребуется вспомнить материал упражнений 2D и 4C. Таким образом, большую часть упражнения вы выполните самостоятельно.

Для проведения магнито-минералогических и литологических исследований, выполняемых в рамках научного проекта, необходимо отобрать образцы «лингуловых» глин. Отложения «лингуловых» глин на изучаемой территории распространены повсеместно. Вашей задачей является определение наилучшего размещения точек бурения с целью отбора керна из горизонта «лингуловых» глин, принимая во внимание, следующее:

- Планируется провести сплошной отбор керна из толщи «лингуловых глин». Чтобы затраты на бурение были минимальны, а объем керна максимальным, нужно найти такое место, где глубина до кровли «лингуловых» глин была бы как можно меньше, а мощность изучаемой толщи как можно больше. Стоимость бурения зависит от метража проходки. Поскольку средства на проведение буровых работ ограничены, а требуется пробурить не менее 2-х скважин, максимальная глубина скважины была определена величиной не более, чем 50 м. Причем мощность вскрытой толщи «лингуловых глин» не должна быть меньше 20 м.
- Площадка для бурения должна располагаться в месте, к которому можно было бы проехать на автомобилях и доставить буровую установку и другое оборудование. Поэтому удаленность от основных трасс не должна составлять более 500 м.
- Технология бурения требует большого расхода воды, поэтому еще одним условием оптимального размещения буровых площадок являлось наличие по близости источника воды. Вода будет перевозиться в цистерне, установленной на грузовой машине. Техническую воду можно найти в любом населенном пункте: деревне, поселке и т.д. Воду так же можно брать из реки. В целях экономии ГСМ и времени на транспортировку воды, источник технической воды не должен быть удален от площадки бурения более чем на 500 м.
- □ В проекте ex5.aprx откройте карту Упражнение 5d.

Вы видите слои топографической карты территории исследования, а также слой структурных скважин, вскрывших горизонт «лингуловых» глин. Вы видите, что скважин довольно много, но кернового материала по ним нет.

□ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Скважины».
Поле **H1** содержит глубину до кровли «лингуловых» глин (в метрах), а поле **M** – мощность горизонта «лингуловых» глин (в метрах).

Кратко сформулируем условия поставленной задачи: 1) глубина новой скважины – не более 50 м; 2) мощность вскрытого горизонта – не менее 20 м; 3) расстояние до автодорог – не более 500 м; 4) расстояние до источника воды – не более 500 м. Источники воды – населенные пункты или реки. Таким образом, для решения поставленной задачи вам нужны следующие наборы растровых данных:

- Глубина до кровли «лингуловых» глин
- Мощность «лингуловых» глин
- Карта расстояний до дорог
- Карта расстояний до населенных пунктов
- Карта расстояний до рек. Таких карт будет две, т.к. в исходных данных реки представлены двумя векторными слоями: линейным и полигональным.
- ✤ Создайте самостоятельно вышеперечисленные растровые наборы данных. Дайте им соответствующие названия: «Глубина до кровли», «Мощность», «Расстояние до населенных пунктов», «Расстояние до дорог», «Расстояние до рек (линии)», «Расстояние до рек (полигоны)».

Перед созданием растров установите параметры среды обработки на уровне приложения *ArcGIS Pro*: экстент анализа установите таким, как у слоя «Граница области исследования».

Проект	r	Карта	Встав	вка	Анализ	з (	Зид	Редактир
Ð	}•• N	/lodelBuilde	r			)		
История	<u>ы</u> н <b>1</b>	'ython × Тараметры	среды	Готовы и	іе к испол інструмен	льзован нты ∽	ию	Инструменты
			Геос	брабо	тка			
		Параметры о	среды				×	
		Поиск • Поля				Q	<b>–</b>	
		Передать опи доменов поле Поддержка по	сания й олноценных					
		имен полей • Экстент обра	ботки					
		🚺 Экстент		По умолча	анию		~	
		<ul> <li>Параллельная</li> </ul>	я обработка	По умо	олчанию		-	
		Интервал пов рабочих проц обработки	торений ессов	Объед Пересе Текущи	инение входны: ечение входных ий экстент отоб	х данных с данных ражения		
		Коэффициент параллельной	обработки	Как ука Обзор.	азано ниже			
		попыток при н	овторных чеудачах	Такой же,	как слой:			
		✓ Сервер удале	нной обраб	с Скважи	ины			
		Имя пользова	теля	Лороги	инии)			
		Пароль		Реки (г	 10лигоны)			
		Сервер обраб	отки	Населе	енные пункты			
		✓ Многомерны	й анализ	Граниь	ца области иссл	едования		
		Сопоставить					~	
					ОК	Отмен	а	

Для создания слоев «Глубина до кровли» и «Мощность» используйте метод интерполяции *Сплайн* в модификации *С натяжением*. Размер ячейки растра установите равным 250 м. Для создания карт расстояний используйте инструмент *Накопление расстояния*. В результате у вас должен получиться такой же набор растровых изображений, как рисунках ниже.



Глубина до кровли горизонта «лингуловых» глин





Мощность горизонта «лингуловых» глин



30 000

Метры 30 000

0

0

7 500 15 000



Карта расстояний до дорог



Карта расстояний до населенных пунктов



Карта расстояний до рек (линейные объекты)

Метры 30 000 7 500 15 000

Условные обозначения

Населенные пункты

М 

0 - 610 611 - 1 221





Карта расстояний до рек (полигональные объекты)

Теперь, когда все необходимые данные готовы, решение поставленной задачи займет совсем немного времени.

Но прежде вы должны познакомиться с булевыми операторами, которые, как и арифметические операторы и операторы отношений, можно использовать в Калькуляторе растра.

Булевы операторы можно применять к данным, измеренным и в количественной, и номинальной шкале. Булевы операторы применяют булеву логику поячеечно к входным растрам, возвращая значения TRUE (истинно) или FALSE (ложно). На выходе значению TRUE соответствует 1, FALSE – 0. Наиболее часто используют операторы

## And (&) – логическое «И»

## и Or (|) - логическое «ИЛИ».

Применение оператора **And** требует, чтобы были выполнены все условия, которые этот оператор разъединяет. Например, выражением

("Глубина до кровли" <= 30) & ("Мощность" >= 20)

будет описан запрос, описывающий два условия в данной задаче: а, именно, мощность горизонта «лингуловых» глин должна быть не менее 20 м **И** глубина до кровли горизонта «лингуловых» глин должна быть не более 30 м (т.к. общая глубина скважины не может превышать 50 м).

Применение оператора **Or** требует, чтобы было выполнено хотя бы одно условие из всех, что этот оператор разъединяет. Например, выражением

("Расстояние до населенных пунктов" <= 500) | ("Расстояние до рек (линии)" <= 500) | ("Расстояние до рек (полигоны)" <= 500)

будет описано требование, согласно которому хотя бы один из «источников» технической воды должен находиться на расстоянии не более 500 м от места бурения.

*Калькулятор растра* позволяет создавать сложные выражения, в том числе и с присвоением приоритета операторам. Чем выше значение приоритета, тем раньше будет обработан оператор. Если два оператора в выражении имеют одинаковое значение приоритета, то первым будет обработан левый оператор. Значения приоритета могут отменяться наличием скобок: выражение в скобках будет обработано первым независимо от его приоритета. Тогда выражение

("Глубина до кровли" <= 30) & ("Мощность" >= 20) & (("Расстояние до населенных пунктов" <= 500) | ("Расстояние до рек (линии)" <= 500) | ("Расстояние до рек (полигоны)" <= 500))

позволит вам найти все местоположения, для которых один из альтернативных источников технической воды расположен на расстоянии не более 500 м, а также мощность лингуловых глин будет не менее 20 м при общей глубине скважины не более 50 м.

✤ Что не хватает в последнем выражении для того, чтобы полностью решить данную задачу? Дополните выражение. Наберите выражение в Калькуляторе растра и завершите решение задачи.

Выполняя это упражнение, вы убедились, что алгебра карт – язык анализа *Spatial Analyst* – не только обеспечивает доступ к дополнительному набору функций, отсутствующих в интерфейсе пользователя, но также позволяет вам строить более сложные выражения и обрабатывать их одной командой.

## Контрольные вопросы:

- 1) Как выглядит выражение учитывающее все условия поставленной задачи?
- 2) Получили ли вы такое же решение, как и решение, представленное на рисунке ниже?



3) Вы получили несколько площадок, в пределах которых вы можете выбирать точки бурения. Если бы вы могли пробурить только 2 скважины, какие две площадки вы бы выбрали? Воспользуйтесь инструментами рисования с панели *Рисование*, чтобы очертить выбранные вами площадки. Обоснуйте свой выбор.

# Упражнение 5E. Переклассификация растровых данных на основе статистики по окрестности

В этом упражнении вы научитесь выполнять переклассификацию растровых данных используя инструмент *Фокальная статистика*, а также выполните ранжирование числовых данных с целью приведения их к единой количественной шкале с помощью инструмента *Переклассификация*.

Инструмент *Фокальная статистика* позволяет вам вычислять статистические данные для каждой ячейки на основании ее значения и значений ячеек в заданной ее окрестности. Вы можете использовать эту функцию, например, для определения преобладающих видов птиц в окрестности (статистика *Большинство*) или количества видов сорняков (статистика *Разнообразие*).

В данном упражнении вы будете действовать от лица частного предпринимателя, заинтересованного в улучшении своего бизнеса. Вы будете исследовать эффективность работы сети магазинов товаров повседневного спроса, используя статистику *Среднее* для выявления наиболее общих закономерностей, и метод ранжирования и переклассификации данных для выявления торговых точек с характеристиками, отличающимися от средних.

□ В проекте ex5.aprx откройте карту Упражнение 5е.

Вы видите центральную часть рабочего поселка, которую с запада на восток пересекает железнодорожная линия. Слой «Магазины» показывает расположение торговых точек. Слой «Маска анализа» ограничивает область вашего исследования. Слой «Улицы» является фоновым слоем.

Откройте и просмотрите атрибутивную таблицу слоя «Магазины». Два поля attendance (Посещаемость) и vol\_sale (Объем продаж) представляют параметры, на основе которых вы собираетесь провести анализ. «Посещаемость» и «Объем продаж» даны в условных единицах и представляют собой осредненные результаты многодневных наблюдений за работой магазинов. «Посещаемость» определяется как число жителей, посещающих данный магазин за определенный промежуток времени, а «Объем продаж» (за тот же промежуток времени) – как объем проданного товара, выраженный в условных денежных единицах. Оба этих параметра зависят от множества факторов (местоположение магазина, число потенциальных покупателей, покупательская способность населения, качество и ассортимент товаров, время работы, качество обслуживания и т.д.). Но изучая их по отдельности и вместе, вы можете выявить закономерности, возможно, неожиданные для вас, и скорректировать свой бизнес.

Вы начнете свой анализ с построения карты объема продаж и карты посещаемости.

✤ Создайте самостоятельно растровые наборы данных, показывающие распределение объема продаж магазинов и посещаемость магазинов. Дайте им соответствующие названия: «Объем продаж», «Посещаемость». В данном случае наилучшим методом интерполяции является метод *OBP*. Установите следующие параметры Перед созданием растров установите новые параметры среды обработки на уровне приложения: экстент анализа установите таким же, как у слоя «Маска анализа».

В результате у вас должен получиться такой же набор растровых изображений, как и на рисунках ниже.



Поверхность посещаемости магазинов

Вы видите, что распределение объемов продаж и числа посетителей магазинов хотя и имеет случайную компоненту, но все же обнаруживает и некую общую закономерность. Поэтому вам нужно представить ваши данные в более обобщенном виде и подчеркнуть эту закономерность. Для получения новых поверхностей вы будете использовать метод осреднения входных данных с использованием функции Фокальная статистика.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Окрестность.
- □ Найдите и запустите инструмент Фокальная статистика.
- □ В поле Входной растр выберите Объем продаж.
- □ В строке *Выходной растр* при необходимости введите путь к базе геоданных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходные данные под именем *vol\_sales\_av*.
- В строке напротив Окрестность выберите Круг. Тем самым вы определяете форму окрестности в виде круга.
- □ *Радиус* задайте равным *1000*. Тем самым вы определяете размер окрестности: радиус окрестности будет равен 1000 м.
- □ В строке *Тип единиц измерения* укажите *Карта*.
- Параметр Тип статистики оставьте по умолчанию (Среднее).
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

□ Измените имя нового слоя на «Среднее значение объема продаж по окрестности».

Для улучшения восприятия полученного результата измените свойства отображения слоя.

- □ Откройте настройки символов для этого слоя.
- □ Разверните поле Цветовая схема и отметьте галочками обе опции внизу списка.

Основные символы						
Растяжка		•				
Канал	Band_1	*				
Цветовая схема		-				
Инвертиров	Cividis	^				
Значение	Vividia					
Подпись	Vindis					
Тип растяжки	Базовая случайная					
Мин.	Батиметрия #1					
Гамма	Батиметрия #2					
	Батиметрия #3					
Статистика М		~				
Статистика	Формат цветовой схемы					
	🗹 Показать названия					
Мин.	🗹 Показать все					

- □ Смените Растяжка в поле Основные символы на Классификация.
- Выберите из списка цветовых схем схему с названием *Желто-зеленый-синий* (непрерывный).
- □ Щелкните на закладке *Растровый слой* на верхней панели окна ArcGIS Pro.
- □ Нажмите на кнопку Метод пересчета и выберите Кубическая свертка.



Теперь ваши данные представлены в наглядном виде, и вы видите, что объемы продаж явно связаны с пространственным положением магазинов.

Создайте самостоятельно растровый набор данных, представляющий собой среднее значение посещаемости магазинов в пределах выбранной вами окрестности. Параметры окрестности выберите такие же, как и параметры окрестности при расчете Среднего значения объема продаж по окрестности. Дайте новому растровому набору данных соответствующие название и настройте отображение слоя для улучшения его восприятия.

## Контрольные вопросы:

1) Почему для расчета поверхностей объема продаж и посещаемости магазинов был выбран метод OBP?

2) Опишите общую закономерность распределения объемов продаж и посещаемости магазинов. Есть ли взаимосвязь между объемом продаж и посещаемостью магазинов? Существует ли внешний фактор, влияющий на распределение этих параметров? Можете ли вы дать обоснованное заключение о причине выявленной закономерности?

Далее вы можете изучить результативность работы торговых точек, исследуя их индивидуальные характеристики, а не общие тенденции. Вам может быть интересно узнать, где находятся магазины с высоким уровнем посещаемости и высоким уровнем продаж, с тем чтобы изучить условия работы этих магазинов в деталях и выяснить причины их успешной деятельности.

Для поиска таких мест на карте и связанных с ними магазинов, вы можете воспользоваться *Калькулятором растра* и выполнить переклассификацию с использование операторов отношения, подобно тому, как это было сделало в упражнении 5d.

Но в данном случае у вас нет четко определенных количественных критериев для отбора нужных объектов или местоположений как в предыдущем упражнении. Общепринятым подходом в таких случаях является переклассификация значений в наборе растров по единой шкале. Эту операцию можно выполнить с несколькими растрами, чтобы привести их к общей шкале значений. Например, при поиске магазинов, наиболее привлекательных для покупателей, вы можете создать ранжированный растр посещаемости путем переклассификации исходного растра посещаемости по шкале от 1 до 10, в котором 10 будет соответствовать окрестностям наиболее посещаемых магазинов.

□ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.

- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **Переклассификация**.
- □ Найдите и запустите инструмент Переклассификация.
- □ В поле Входной растр выберите Посещаемость.
- □ Строку Поле переклассификации оставьте по умолчанию.
- □ Щелкните на кнопке *Классифицировать*.
- В открывшемся диалоговом окне в качестве метода классификации выберите *Равный интервал*.
- □ Количество классов 10.
- □ Щелкните ОК, и окно закроется.
- □ В строке *Выходной растр* при необходимости введите путь к базе геоданных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходные данные под именем *attend\_rang*.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Переклассификация посещаемости магазинов».
- □ Выполните аналогичные операции по переклассификации растра объема продаж и создайте ранжированный растр «Переклассификация объемов продаж».

Теперь ваши входные данные представлены в единой шкале, и вы можете их сравнивать и обращаться к ним с однотипными запросами. Примем, что ранг 8 и выше – это очень хороший показатель работы торговых точек. Тогда вы можете легко обнаружить местоположения на территории рабочего поселка, где торговые точки работают успешно, набрав в калькуляторе растров запрос: ("Переклассификация объема продаж" >= 8) & ("Переклассификация посещаемости магазинов" >= 8). В результате будет обнаружено 13 магазинов, удовлетворяющий данному условию.



#### Контрольные вопросы:

3) Каковы номера магазинов с высоким уровнем продаж и низким уровнем посещаемости?

4) Сколько магазинов при их высокой посещаемости имеют низкий объем продаж?

5) Сколько магазинов имеют наилучшие характеристики? Перечислите их номера.

# Упражнение 5F. Фильтры

Процедуры фильтрации также относятся к переклассификации на основе окрестности. Чаще всего фильтры используют для улучшения изображений дистанционного зондирования. Но они также часто находят применение при обработке растров, полученных другими способами, и поверхностей, полученных в результате интерполяции. Из лекционного курса вам известно, что наиболее распространенными типами фильтров являются фильтры высоких частот (ФВЧ), фильтры низких частот (ФНЧ) и анизотропные фильтры. Система *ArcGIS Pro* позволяет использовать любые виды фильтров, в том числе и нерегулярные.

Выполняя это упражнение, вы научитесь создавать и применять некоторые виды фильтров с целью переклассификации и модификации исходного растра с помощью инструмента **Фокальная статистика**. В качестве исходного растра вам будет предложена цифровая модель рельефа реальной местности масштаба 1:200000.

 $\square$  В проекте ex5.aprx откройте карту Упражнение 5f.

Перед вами фрагмент цифровой модели рельефа (ЦМР). Детальность и точность ЦМР соответствует масштабу 1:200000. Но для выполнения задач вашего проекта данная ЦМР должна быть представлена в виде изолиний в масштабе 1:500000. С помощью инструмента Изолиния вы можете выполнить переклассификацию поверхности ЦМР и создать слой изолиний.

- В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **Поверхность**.
- □ Найдите и запустите инструмент Изолинии.
- □ В поле Входной растр выберите Цифровая модель рельефа.
- □ В строке *Выходной класс объектов* при необходимости введите путь к базе геоданных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходные данные под именем *contour\_200*.
- □ В строке *Высота сечения* наберите 50. Таким образом изолинии будут проведены через 50 м, что является высотой основного сечения на картах полумиллионного масштаба.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной линейный слой изолиний будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Изолинии ЦМР, м 1:200000».
- □ Отобразите карту в масштабе 1:500000.
- □ Отключите отображение слоя «Цифровая модель рельефа».

Вы видите, что в масштабе 1:500000 изолинии хотя и не сливаются, но имеют излишнюю детальность и извилистость, и карта в таком виде не пригодна для конечного представления. Здесь требуется генерализация (упрощение формы) изолиний. Вместо того чтобы выполнять генерализацию изолиний (что является, в общем случае, делом весьма хлопотным), вы выполните генерализацию ЦМР, используя фильтр низких частот. А

затем создадите новый слой изолиний. Вы будете использовать готовый фильтр, который представляет собой текстовой файл в формате .*txt*.

□ С помощью **Проводника Windows** или другого менеджера файлов перейдите к папке ex5 в своем рабочем каталоге откройте текстовый файл *low* (расширение *.txt*).

Вы видите, что фильтр низких частот представляет собой простейшую структуру. В верхней строке файла фильтра через пробел записывается число строк и столбцов окна фильтра, в следующих строках через пробел записываются коэффициенты фильтра. В данном случае фильтр представляет собой окно 10x10 с одним и тем же коэффициентом – «1».

- □ Закройте файл *low.txt* и вернитесь к *ArcGIS Pro*.
- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Окрестность.
- □ Найдите и запустите инструмент Фокальная статистика.
- □ Щелкните на стрелке вниз в поле *Входной растр* и выберите *Цифровая модель рельефа*.
- □ В строке *Выходной растр* при необходимости введите путь к базе геоданных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходной растр под именем *dem\_low*.
- □ В поле напротив *Окрестность* из списка выберите *Bec*.
- □ В поле *Файл Кернела* щелкните на кнопку *Обзор* и выберите файл *low.txt* из папки ex5 в вашем рабочем каталоге.
- □ Параметр *Тип статистики* оставьте по умолчанию (*Среднее*).
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «ЦМР, фильтр низкой частоты».
- ✤ По умолчанию при загрузке растрового набора на карту растр отображается с использованием черно-белой цветовой схемы. Чтобы иметь возможность сравнивать исходную ЦМР и результат фильтрации, для слоя «ЦМР, фильтр низкой частоты» установите ту же цветовую схему, что и для слоя «Цифровая модель рельефа» (Коричнево-зеленый (плавный переход); инвертированный).
- ✤ С помощью инструмента Изолинии создайте изолинии на основе «ЦМР, фильтр низкой частоты». Измените имя нового линейного слоя на «Изолинии ЦМР, м 1:500000».
- ✤ Сравните слои «Цифровая модель рельефа» и «ЦМР, фильтр низкой частоты», а также слои «Изолинии ЦМР, м 1:200000» и «Изолинии ЦМР, м 1:500000». Используйте инструменты масштабирования, чтобы оценить различия, как при крупном, так и при мелком масштабе карты.

Вы видите, что фильтр низких частот позволил избавиться от мелких оврагов и представить формы рельефа на ЦМР в обобщенном виде. Изолинии рельефа избавились от излишней детальности и представлены в более сглаженном виде.



✤ Самостоятельно создайте и исследуйте работу фильтра высокой частоты (ФВЧ). Используйте классический вариант фильтра:

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

Создайте и самостоятельно исследуйте работу диагональных фильтров, используемых для подчеркивания и выделения границ объектов, ориентированных в направлениях СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ. Ниже приведен пример фильтра размером 4х4 для подчеркивания объектов, ориентированных в направлении СЗ-ЮВ:

0	1	1	2
-1	0	1	1
-1	-1	0	1
-2	-1	-1	0

Создайте фильтр для подчеркивания объектов, ориентированных в направлении CB-ЮЗ. Вновь созданные модифицированные растры отобразите с использованием той же цветовой схемы, что и слой «Цифровая модель рельефа».

Контрольные вопросы:

1) Как изменился вид растра ЦМР после применения ФВЧ?

2) Как выглядит файл диагонального фильтра (4х4), предназначенного для подчеркивания объектов, ориентированных в направлении СЗ-ЮВ?

3) В какой части исследуемой области диагонально-ориентированные элементы рельефа проявляются наиболее отчетливо?

4) Приведите пример фильтра, в результате применения которого на ЦМР отобразятся наиболее крупные формы рельефа.

5) Приведите пример фильтра, в результате применения которого на ЦМР были бы подчеркнуты формы рельефа, ориентированные в направлении С-Ю.

# Упражнение 5G. Переклассификация поверхностей

Существует ряд функций переклассификации поверхностей, которые гораздо чаще называют функциями анализа поверхностей. При этом под поверхностью обычно понимают рельеф местности. Переклассификация в этом случае также основана на идее окрестности. Вы создаете новые наборы растровых данных, которые выявляют определенные закономерности, незаметные на изображении исходного растра, например,

углы уклона, экспозиция склона, отмывка рельефа и видимость, а также изменение формы рельефа (насыпи/выемки).

Выполняя это упражнение, вы научитесь создавать различные виды переклассификаций рельефа с помощью поднабора инструментов **Поверхность** набора инструментов **Spatial Analyst.** 

 $\square$  В проекте ex5.aprx откройте карту Упражнение 5g.

Перед вами фрагмент цифровой модели рельефа реальной местности. Слой «Смотровые башни» показывает расположение пожарных смотровых вышек, предназначенных для наблюдения за лесными массивами в пожароопасные периоды. Вы будете использовать этот слой для создания карты видимости.

Составной слой «Торфяное болото» представляет данные торфоразведки: полигональный векторный слой представляет контур торфяного болота, точечный слой – пикеты наблюдения, где для каждого пикета определена абсолютная отметка поверхности болота (поле атрибутивной таблицы - h\_surf) и абсолютная отметка дна болота (поле атрибутивной таблицы - h\_bottom). Данные слоя «Торфяное болото» вы будете использовать для подсчета запасов (объема торфа) с помощью инструмента Объем насыпей и выемок.

□ Включите слой «Землепользование».

Слой «Землепользование» представляет тематический растр, полученный в результате дешифрирования синтезированного снимка *Landsat* 7 с разрешением 15 м. Вы будете использовать этот слой в качестве входного параметра, выполняя переклассификацию входных данных с целью поиска элементов ландшафта с заданными признаками.

Сначала вы создадите растры уклона, экспозиции, отмывки и видимости рельефа.

Инструмент **Уклон** позволяет вам создать растр уклона для всей территории, чтобы получить представление о крутизне склонов и использовать этот растр для дальнейшего анализа.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов **Поверхность**.
- □ Найдите и запустите инструмент Уклон.
- □ В поле Входной растр выберите Абсолютные отметки высот.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе данных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной набор данных под именем *slope*.
- □ Убедитесь в том, что в поле Выходное измерение указаны Градусы.
- □ *Z*-коэффициент оставьте по умолчанию (1).

Для правильного вычисления результатов любой функции анализа поверхности единицы измерения значений высоты (z) должны соответствовать единицам расстояния (x,y). Если на вашей поверхности единицы измерения z отличаются от единиц x,y, используйте Z-фактор для приведения единиц измерения z к единицам измерения x,y. Например, если x и y измеряются в метрах, a z - в футах, задайте Z-фактор равным 0,3048 для конвертации футов в метры.

Для растрового слоя «Абсолютные отметки высот» единицы измерения для *x*, *y* и *z* одинаковы (метры). Поэтому сейчас и далее при выполнении упражнения значение Z-коэффициента будет равняться *1*.

□ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

□ Измените имя нового слоя на «Уклон».

Функция Экспозиция позволяет создать карту, отображающую направление наиболее крутого склона в каждой точке территории в направлении от ячейки карты к соседним. Чаще всего эта функция применяется к растру высот для создания карты направления склонов.

- □ Найдите в поднаборе инструментов **Поверхность** инструмент Экспозиция и запустите его.
- □ В поле Входной растр выберите Абсолютные отметки высот.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе данных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной набор данных под именем *expos*.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

□ Измените имя нового слоя на «Экспозиция».

Инструмент Отмывка (Hillshade) обычно используется для создания карты оттененного рельефа из растра высот. Заданные по умолчанию значения азимута и высоты дают хороший эффект при графическом отображении. Для анализа вам может потребоваться изменить эти значения.

- □ Найдите в поднаборе инструментов **Поверхность** инструмент **Отмывка** (Hillshade) и запустите его.
- □ В поле Входной растр выберите Абсолютные отметки высот.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе данных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной набор данных под именем *shading*.
- □ В строке Азимут наберите 30.
- □ В строке Высота наберите 30.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Отмывка рельефа».
- □ Для того, чтобы увидеть эффект отмывки, отключите видимость всех растровых слоев на панели *Содержание*, за исключением слоя «Отмывка рельефа» и слоя «Абсолютные отметки высот».
- □ На панели *Содержание* щелкните на названии слоя «Отмывка рельефа» и, не отпуская кнопки мыши, переместите слой ниже слоя «Абсолютные отметки высот».
- □ На панели *Содержание* выделите слой «Абсолютные отметки высот».
- □ На верхней панели окна ArcGIS Pro щелкните вкладку Растровый слой.

□ Установите прозрачность слоя на 70%.

После этого вы должны увидеть отмывку рельефа под растром высот. Различная освещенность создает эффект объемности рельефа.

Инструмент **Видимость** позволяет определить места, видимые из одной или более точек или линий наблюдения. В случае линий в качестве точек наблюдений берутся их вершины. Растр создается из ячеек, значение которых указывает, видимы или невидимы они из точки наблюдения. Если точек наблюдения больше одной, каждая видимая ячейка растра показывает число точек, из которых ее видно. Кроме того, функция видимости может учитывать высоту точек наземного наблюдения, а также и более сложные параметры: вертикальный и горизонтальный угол обзора, а также азимут обзора. Для того, чтобы эти параметры были учтены, в атрибутивную таблицу точек (или линий) наблюдения должны быть добавлены специальные поля. В данном случае вы будете учитывать только высоту смотровых башен (15 м), которая записана в поле OFFSETA (подробнее о возможностях функции **Видимость** см. в справочной системе *ArcGIS Pro*).

- □ Найдите в поднаборе инструментов **Поверхность** инструмент **Видимость** и запустите его.
- □ В поле Входной растр выберите Абсолютные отметки высот.
- □ В поле *Входные точечные или линейные объекты наблюдения* выберите *Смотровые башни.*
- □ В строке Выходной растр введите путь к базе данных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной набор данных под именем *vis*.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Видимость».
- □ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Видимость». В поле Value записано значение зоны, а в поле Count число ячеек зоны. Зона со значением 0 представляет собой невидимые области, 1 видимые только с одной башни, 2 видимые с двух башен.

Инструмент **Насыпи/Выемки** позволяет вам создать карту по двум входным поверхностям «До» и «После». Выходной растр будет показывать площадь и объем поверхности, которая была изменена добавлением или удалением вещества, из которого она состоит.

С помощью инструмента **Насыпи/Выемки** вы рассчитаете запасы (объем) торфа, считая, что торф занимает весь объем торфяного болота – от его поверхности и до дна.

- □ Включите слой «Торфяное болото».
- □ Щелкните на меню Закладка выберите закладку Торфяное болото.

Вы видите небольшое торфяное болото, примыкающее к исследуемому вами участку ландшафта. Прежде, чем использовать инструмент **Насыпи/Выемки**, вы должны создать поверхности, которые будут представлять поверхность «До» и поверхность «После». Для данной задачи это будут поверхности, представляющие поверхность болота и поверхность дна болота, соответственно.

- ✤ Заключительную часть упражнения выполните самостоятельно. Постройте поверхность болота и поверхность дна болота. В качестве метода интерполяции выберите метод Сплайн в модификации С натяжением, размер ячейки – 50 м, в качестве маски анализа используйте слой «Контур болота». Для расчета объема торфа выполните следующие действия:
- □ Найдите в поднаборе инструментов **Поверхность** инструмент **Насыпи/Выемки** и запустите его.
- □ В поле Входная растровая поверхность До выберите нужную поверхность.
- □ В поле Входная растровая поверхность После выберите нужную поверхность.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе данных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной набор данных под именем *volume*.
- □ *Z коэффициент* оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной растровый набор данных будет добавлен на карту как новый слой. Измените имя нового слоя на «Насыпи/Выемки». Откройте атрибутивную таблицу слоя «Насыпи/Выемки». В поле VOLUME вы увидите объем торфа в м<sup>3</sup>.

- ✤ Далее самостоятельно выполните целевую переклассификацию входных наборов данных с целью поиска и определения площади элементов ландшафта с определенными признаки. Используйте Калькулятор растра, чтобы найти:
- 1. Пашни, расположенные на участках с уклоном более 8 градусов. Такие участки наиболее подвержены почвенной эрозии и их распашка нежелательна. Какова суммарная площадь этих участков?
- 2. Все земли лесного фонда, расположенные на склонах южной экспозиции с уклоном более 8 градусов. Склоны южной экспозиции имеют наибольшую интенсивность стока при снеготаянии. Леса перехватывают сток и препятствуют развитию бассейновой эрозии почв. Выбранные участки леса можно использовать для оценки лесистости таких склонов. Какова суммарная площадь этих участков?
- 3. Пашни на участках с превышением более 200 м и уклоном менее 2 градусов для определения площади распаханных участков водораздельных плакоров. Плакор – это широкое приводораздельное пространство, где при глубоком залегании подземных вод поверхностный смыв и тем более отложение новых напластований не нарушили типичных зональных черт почвенного или почвенно-растительного покрова. По почвам и растительности плакора характеризуют главные черты ландшафтных зон и проводят границы между географическими зонами. Это имеет не только научное, но и практическое значение при сельскохозяйственном, лесоэксплуатационном, гидротехническом и другом использовании территории. Какова суммарная площадь этих участков?
- 4. Участки леса, не просматриваемые со смотровых башен. Службе пожарной охраны необходимо определить, есть ли необходимость в строительстве еще одной башни. Какова суммарная площадь этих участков?

# Упражнение 5Н. Буферы

Построение буферов является одной из самых распространенных функций ГИС-анализа. Она настолько универсальна, что находит применение при решении весьма разнообразных практических задач.

Функция построения буфера анализирует форму и местоположение объектов, поэтому расчет и построение буферов относится к переклассификациям на основе положения.

Выполняя упражнение 5H вы научитесь создавать буферы и использовать функцию Выбрать по расположению.

□ В проекте ex5.aprx откройте карту *Упражнение 5h*.

Вы видите территорию сельскохозяйственного района с множеством небольших населенных пунктов и районным центром Туринск, с численностью населения в 50 тыс. человек. На территории района находится аэропорт. С целью оценки степени негативного влияния шума от аэропорта, местные органы самоуправления провели измерения уровня шума и с помощью ГИС создали контур повышенного шума.

□ Включите слой «Контур шума (65 дБ)».

Контур повышенного шума соответствует 65 децибелам шума, зарегистрированного на протяжении периода в 24 часа. Во многих случаях здания, а также люди, находящиеся в пределах контура шума, нуждаются в средствах защиты от шума и других мерах снижения вредного влияния. Как показывают исследования, для слуха вреден шум, интенсивность которого превышает 90 дБ. Уровень шума в 20-30 децибел практически безвреден для человека. Это естественный шумовой фон. Местная общественность потребовала от местных властей предоставления информации о том, попадают ли жилые постройки (населенные пункты) в зону шума, превышающего 90 дБ, а также о том, какие населенные пункты находятся вне зоны воздействия шума от аэропорта. Границы этих двух зон были рассчитаны по результатам измерений и с использованием законов распространения звуковых волн, и составили расстояние 3 км от контура повышенного шума (65 дБ) для зоны, граница которой является границей естественного шумового фона.

С помощью инструмента **Буфер** вы построите контуры зон с уровнем шума 90 дБ и уровнем шума 30 дБ, а затем определите, какие населенные пункты в какую зону попадают.

- □ В наборе Инструменты Анализа, в поднаборе Близость найдите и запустите инструмент Буфер.
- □ В поле Входные объекты выберите Контур шума (65 дБ).
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе данных ex5.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните туда выходной набор данных под именем *zone\_90db*.
- □ Убедитесь, что в блоке параметров *Расстояние [значение или поле]* выбраны *Единицы измерения длины*. В строке ниже с клавиатуры наберите -3 и выберите из списка единиц измерения «Километры».

Расстояние (значение или		Единицы измерения длины	~
-	3	Километры	~

Тем самым вы определяете ширину буфера в 3 км. Знак минуса означает, что буфер будет строиться внутрь зоны, так как контур зоны опасного уровня шума находится ближе к аэропорту.

- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной полигональный класс объектов будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Контур шума (90 дБ)».
- □ Измените символ отображения слоя «Контур шума (90 дБ)». Для этого щелкните на значок символа слоя на панели *Содержание*.
- □ В открывшемся окне Символы перейдите ко вкладке Свойства.
- 🗆 Смените цвет символа на Красный марс.

Цвет	
Цвет контура	🔛 Нет цвета
	цвета ArcGIS
ширина конту	
	📕 Красный марс 📕 📕 📕 📕

## 🗆 Щелкните Свойства цвета.

Цвет	<b>—</b> •							
Цвет контура	🔛 Нет цвета							
	цвета ArcGIS							
ширина конту								
	🗡 Пипетка							
	Свойства цвета							

- □ Задайте прозрачность в 60 %. Нажмите ОК.
- □ Нажмите Применить в окне Символы.

Теперь контур опасного уровня шума отображается ярко-красным цветом.

Далее вы определите, какие населенные пункты попадают в зону опасного воздействия шумов.

- □ На вкладке *Карта* на верхней панели окна *ArcGIS Pro* щелкните *Выбрать по расположению*.
- □ В открывшемся диалоговом окне задайте следующее условие для выборки:

Выбор по расположению	?	×
Входные объекты 😔		
Населенные пункты	~	] 🕋
	~	
Отношение		
Пересечение		~
Вспомогательные объекты выборки		
Контур шума (90 дБ) У	2,	/~~
Расстояние поиска		
Метры		~
Тип выборки		
Новая выборка		~
Инвертировать пространственные отношения		

□ Нажмите ОК.

Выбранные населенные пункты будут подсвечены. Обратите внимание, что некоторые населенные пункты попадают в контур шума полностью, а некоторые только частично. Вам придется самим решать, какие населенные пункты следует учитывать: все, или только те, что попадают полностью в контур 90 дБ.

С точки зрения ГИС более корректным является нахождение пересечения полигональных объектов и выбор только тех частей населенных пунктов, которые удовлетворяют заданному условию. Подобные операции пространственного анализа называются операциями наложения и будут рассмотрены в разделе 4.

На данном этапе примем, что все населенные пункты, которые пересекают зону опасного уровня шума, должны быть рассмотрены. Рассчитаем, какова общая численность населения, попадающая в зону опасного шумового воздействия (90дБ и больше).

□ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Населенные пункты».

□ Нажмите кнопку *Показать выбранные записи* □

Вы видите атрибуты всех выбранных объектов. Численность населения (**MEAN\_PPA\_P**) дана в тысячах человек.

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на поле **MEAN\_PPA\_P**.
- □ Из контекстного меню выберите Статистика.

Значение параметра Сумма дает вам искомую величину: 7 тыс. человек проживают в зоне опасного воздействия шума.

Статистика			
		Набор данны	хВыборка
🗸 Среднее	—	1,53	0,88
Медиана	—	0,5	1
Стд. откл.		6,8	0,22
Строки		53	8
Количество		53	8
Значения NULL		0	0
Мин.		0	0,5
Макс.		50	1
Сумма		81,3	7,0
Скошенность		7,0	-1,17
Эксцесс		50,8	2,4

Здесь следует отметить, что любая функция в *ArcGIS Pro* при наличии выбранных объектов обрабатывает только выбранные объекты. Если вы хотите применить какуюлибо функцию ко всем объектам слоя, нужно предварительно очистить выборку или выбрать все объекты слоя.

- ✤ Самостоятельно постройте буферную зону, за пределами которой уровень шумов, создаваемых работой аэропорта, становиться равным уровню естественных шумов.
- Ответьте на вопрос:
- 1) Какой процент населения района «не слышит» как работает аэропорт?

Обычно буферы используют для того, чтобы определить, какие объекты или сколько объектов находится внутри очерченной области или за ее пределами. В системе ArcGIS Pro подобные задачи можно решать и без создания буферов. Когда вы применяете функцию Выбрать по расположению, система ArcGIS Pro выполняет операции пространственного анализа без создания буферов, на основании функций близости. Другими словами, буферные зоны будут не создаваться, а только подразумеваться.

С помощью функции **Выбрать по расположению** вы решите другую задачу. Новая цель данного — найти подходящее место для свалки мусора. Город Туринск растет и расширяется, вплотную приближаясь к существующей свалке, которая уже не справляется с нуждами города. Задача усложняется из-за ужесточения требований к охране окружающей среды, а также тем, что большая часть земель района отведена под сельское хозяйство. Совет по развитию города предоставил список требований, которым должен удовлетворять участок земли, отведенный под свалку. Он должен быть:

- На расстоянии не менее 500 м от реки, с тем чтобы минимизировать вероятность затопления свалки.
- На расстоянии не менее 500 м от жилых районов, чтобы минимизировать неудобства для жителей города.
- На свободной земле, где разрешено строительство.
- На расстоянии не более 100 м от существующей дороги.
- Площадь участка должна быть не менее 300000 м<sup>2</sup>.
- Свалка не должна быть удалена от города более, чем на 5 км.

Сначала вы выберите земельные участки, которые расположены в радиусе 5 км от города Туринск.

□ На вкладке *Карта* на верхней панели окна ArcGIS Pro щелкните Выбрать по

атрибуту.

Инструмент Выбрать по атрибуту позволяет вам строить запросы к слоям вашей карты.

□ В окне инструмента выберите слой населенных пунктов и сформулируйте запрос, используя атрибут *PPA\_TEXT\_1* (названия населенных пунктов), который должен быть равен *ТУРИНСК*.

Выбрать по атрибуту	?	×
Входные строки		
Населенные пункты	~	
Тип выборки		
Новая выборка		~
Выражение		
🚰 Загрузить 🗧 Сохранить 🗙 Удалить		
SQL (		錼
Где РРА_ТЕХТ_1 • равно • ТУРИНСК	•	×
+ Добавить условие		

□ Нажмите *OK*. В области отображения убедитесь, что город Туринск подсвечен. Также строка состояния внизу окна приложения показывает количество объектов, выбранных в результате данной операции.

🖽 Выбранные объекты: 1

- □ На вкладке *Карта* на верхней панели окна *ArcGIS Pro* щелкните *Выбрать по расположению*.
- □ В открывшемся диалоговом окне задайте следующее условие для выборки:

Выбор по расположению	?	$\times$
Входные объекты 😔		
Земельные участки	~	
	~	
Отношение		
В пределах расстояния		~
Вспомогательные объекты выборки		
Населенные пункты ~	📄 🏒	/ ~
Входные данные содержат выборку. Записи для обработки: 1		2
Расстояние поиска		
5 Километры		~
Тип выборки		
Новая выборка		~
Инвертировать пространственные отношения		

□ Нажмите Применить.

Обратите внимание, что в пределах буферной зоны шириной 5 км вокруг Туринска выбрано и подсвечено 128 участков. Теперь из этих участков вы выберите те, которые

находятся на расстоянии не более 100 м от существующих дорог.

□ В диалоговом окне инструмента **Выбор по расположению** измените настройки следующим образом (обратите внимание на опцию *Tun выборки*):

Выбор по расположению	?	$\times$
Входные объекты 😔		
Земельные участки	~	
Входные данные содержат выборку. Записи для обработки: 128		3
	~	<b></b>
Отношение		
В пределах расстояния		~
Вспомогательные объекты выборки		
Дороги - 4	>,	/* ~
Расстояние поиска		
100 Метры		~
Тип выборки		
Выбрать поднабор из текущей выборки.		~
Инвертировать пространственные отношения		

#### □ Щелкните Применить.

Обратите внимание, что выбрано и подсвечено 85 участков.

□ Теперь из этих участков вы удалите те, которые находятся на расстоянии менее 500 м от рек.

Выбор по расположению	?	×					
Входные объекты 🛇							
Земельные участки	~						
Входные данные содержат выборку. Записи для обработки: 85							
	~	] 📄					
Отношение							
В пределах расстояния		~					
Вспомогательные объекты выборки							
Речная сеть 🗸		/~~					
Расстояние поиска							
500 Метры		~					
Тип выборки							
Удалить из текущей выборки		~					
Инвертировать пространственные отношения							

□ Щелкните Применить.

Обратите внимание, что выбрано и подсвечено 35 участков.

□ Теперь из этих участков удалите те, которые находятся на расстоянии менее 500 м от населенных пунктов. Для того чтобы снять выборку со слоя «Населенные пункты», на панели *Содержание* щелкните на нем правой кнопкой мыши, а затем в контекстном меню нажмите *Выборка* > *Очистить выборку*. После этого в окне

инструмента Выбор по расположению нажмите кнопку 😂 в блоке Вспомогательные объекты выборки.

Выбор по расположению	?	×						
Входные объекты 😔								
Земельные участки	~							
Входные данные содержат выборку. Записи для обработки: 35								
	~							
Отношение								
В пределах расстояния		~						
Вспомогательные объекты выборки								
Населенные пункты 🗸 🖌	• ,	/* ~						
Расстояние поиска								
500 Метры		~						
Тип выборки								
Удалить из текущей выборки		~						
Инвертировать пространственные отношения								

- □ Щелкните Применить. Обратите внимание, что выбрано и подсвечено 12 участков.
- □ Щелкните *ОК*, чтобы закрыть диалоговое окно инструмента Выбрать по расположению.
- ✤ Последний шаг вашего анализа выполните самостоятельно. В диалоговом окне инструмента Выбрать по атрибуту создайте запрос, в соответствие с которым будут выбраны участки свободной земли, площадью не менее 300000 м<sup>2</sup>. Обратите внимание на опцию *Тип выборки*.

*Примечание:* прежде чем создавать новое выражение, удалите старое (PPA\_TEXT\_1 = 'ТУРИНСК'). После этого вы сможете воспользоваться переключателем SQL для того, чтобы вернуть привычную вам форму для создания выражений.

#### Контрольные вопросы:

1) Сколько участков земли удовлетворяют всем установленным требованиям?

Вы успешно завершили процесс поиска участков, пригодных для организации места свалки мусора. Теперь совет города может выбрать один единственный участок на основе более жесткого критерия.

# Практическая работа 4. Пространственный анализ: операции наложения

## Упражнение 6А. Растровое наложение

Работая над упражнением 6а, вы научитесь выполнять операции наложения на растровом типе данных. Вы уже применяли растровое наложение, когда использовали операторы отношений (упражнения 5С и 5D). Но ранее ваше внимание акцентировалось на операторах отношений как функциях, позволяющих выполнять переклассификацию растров. Между тем, построение логического выражения с использованием нескольких растровых наборов данных и результат действия программы в соответствие с этим выражением по своей сути является операцией наложения. Набор инструментов **Spatial Analyst** дает возможность вам выполнять и другие виды растровых наложений.

В данном упражнении вы будете использовать растровое наложение с целью изучения агроклиматических ресурсов Республики Татарстан (РТ) и получениях ответов на некоторые общие вопросы, которые возникают при планировании развития сельского хозяйства крупного региона.

Агроклиматические условия природно-хозяйственных районов определяются рядом общепринятых параметров: продолжительность вегетационного периода, теплообеспеченность и влагообеспеченность вегетативного периода. В Татарстане период активной вегетации равен в среднем 135 дням. Обеспеченность растений теплом в период вегетации определяют по сумме активных температур, составленной из средних суточных температур выше 10 °C. Влагообеспеченность определяется суммой осадков за год и суммой осадков в период созревания тех или иных сельскохозяйственных культур.

С учетом экономических и географических различий территория Республики Татарстан разделена на 5 природно-географических районов.

Откройте готовый проект ехб.аргх из каталога:
 D:\GIS2\Workspace\UserName\exercises\ex6. В проекте откройте карту Упражнение 6а.

Вы видите схему природно-географических районов РТ. Для получения общего представления о климатических ресурсах Республики Татарстан, вам также будут необходимы данные по суммам активных температур (слой «Суммы активных температур») и осредненным значениям количества осадков, приходящихся на каждый месяц года (составной слой «Осадки»).

Включая и отключая слои карты, просмотрите содержимое карты, чтобы иметь общее представление о входных данных.

Ниже приводится таблица (таблица 1), в которой записаны некоторые параметры, описывающие агроклиматические условия различных природно-географических районов Республики Татарстан.

Используя растровое наложение, вы рассчитаете недостающие параметры.

## Таблица 1

#### Агроклиматические условия природно-географических районов Республики Татарстан

Природно-	Сумма	Период	Осади	ки, мм
географические	активных	активной	за год	май-сентябрь
районы	температур, °С	вегетации, дни		-
Западное Закамье		135-140		
Предволжье		133-137		
Восточное Закамье		130-135		
Восточное Предкамье		130-135		
Западное Предкамье		130-135		

Сначала вы рассчитаете суммы осадков за год и за период с мая по сентябрь, используя инструмент Статистика по ячейкам.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Локальные.
- □ Найдите и запустите инструмент Статистика по ячейкам.
- □ В поле *Входной растр или постоянные значения* из списка выберите *Осадки, мм\май*.

Слой «май» будет добавлен в список входных растров или постоянных значений.

- □ Выполняя аналогичные действия, добавьте слои «июнь», «июль», «август» и «сентябрь» в список входных растров или постоянных значений.
- □ В строке *Выходной растр* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *may\_sept*.
- В поле Статистика наложения из списка выберите Сумма.
- □ Нажмите Запустить.

Выходной набор данных будет добавлен на карту как новый слой. Скройте слой «Природно-географические районы РТ», чтобы увидеть новый слой.

□ Измените имя нового слоя на «Сумма осадков за май-сентябрь, мм».

Для улучшения восприятия полученного результата измените свойства отображения слоя.

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на слое «Сумма осадков за май-сентябрь, мм» и из контекстного меню выберите *Символы*.
- □ В поле Основные символы смените Растяжка на Классификация.
- В качестве метода классификации выберите Равный интервал.
- □ Количество классов задайте равным 9.
- □ Из списка цветовых схем выберите схему с названием *Желто-зеленый-синий* (для того, чтобы увидеть названия схем, отметьте галочкой опцию *Показать названия*).
- □ Закройте окно Символы.

Самостоятельно создайте слой «Сумма осадков за год, мм» и настройте отображение слоя, выбрав метод *Равный интервал* с количеством классов равным 9 и цветовой схемой *Желто-оранжево-красный*.

Теперь вы должны узнать, сколько осадков за год и в период активной вегетации в среднем выпадает в пределах каждого природно-географического района. Для этого воспользуйтесь инструментом **Зональная статистика в таблицу**.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Spatial Analyst.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Зональные.
- □ Найдите и запустите инструмент Зональная статистика в таблицу.
- □ В поле *Входные растровые или векторные данные зон* из списка выберите *Природно-географические районы РТ.*
- □ В поле *Поле зоны* из списка выберите *name*. Поле *name* хранит название природногеографических районов РТ.
- □ В поле *Входной растр значений* из списка выберите *Сумма осадков за майсентябрь, мм.*
- □ В строке *Выходная таблица* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *may\_sept\_stats*.
- □ В строке *Тип статистики* выберите *Среднее*.
- □ Нажмите Запустить.

На панели *Содержание* под списком слоев появится только что созданная таблица. Откройте эту таблицу. В поле *MEAN* представлены средние значения количества осадков в мм в каждом районе (зоне).

Самостоятельно постройте диаграмму средних значений количества осадков за май-сентябрь. Вы должны получить результат, аналогичный представленному на рисунке ниже.



Самостоятельно рассчитайте средние значения количества осадков, выпавших за год по зоне, и средние суммы активных температур для каждой зоны. Постройте диаграммы для наглядного отображения полученных результатов. Далее: 1. Используйте результаты расчетов, чтобы заполнить соответствующие столбцы в

1. Используите результаты расчетов, чтобы заполнить соответствующие столбцы в таблице 1.

2. Проанализируйте результаты ваших исследований и дайте заключение о том, какие районы РТ наиболее пригодны для ведения сельского хозяйства, а какие менее пригодны.

## Упражнение 6В. Комбинирование методов наложения

Выполняя упражнение 6В, вы будете комбинировать методы растрового и векторного наложения, чтобы продолжить исследование агроклиматических ресурсов Республики Татарстан.

□ В проекте ex6.aprx откройте карту Упражнение 6b.

Вы видите уже знакомую вам карту природно-географических районов РТ. Вы выясняли, что климатические ресурсы отдельных частей республики не одинаковы. Вашей следующей задачей будет определение наиболее подходящих районов для выращивания отдельных культур. Для того, чтобы результат был более точным, вы будете рассматривать агроклиматические показатели не всей территории природногеографических районов, а только той части, которая занята под сельскохозяйственные земли.

□ Оставьте включенными только слои «Природно-географические районы РТ» и «Схема типов растительности РТ».

Для того, чтобы увидеть, как распределены сельскохозяйственные земли в пределах каждого природно-географического района, измените настройки отображения слоя «Природно-географические районы РТ»:

- □ Откройте окно настроек символов для слоя «Природно-географические районы PT».
- □ В окне *Символы* щелкните на кнопке *Больше* и выберите *Формат всех символов*.

Классы	Mac	штабы									
					🔲 🖺 + 🕆 🧼 😓 Больше 🗸						
Символ Значение П				Подпис	Показать все остальные значения						
<ul> <li>Название</li> <li>5 клас</li> </ul>				имволо	Показать количество						
	•	Предволжье		Предво	Обновить количество						
	•	Западн	юе Предк	Западно	Показать описание						
	•	Западн	юе Закам	Западно	Обратить порядок символов						
	*	Восточное Пред		Восточн	Формат всех символов						
-		Восточное Зака		Восточн –	Построить все символы заново						
					Удалить все						

В открывшемся окне смените Цвет на Нет цвета.

✓ Оформление	
Цвет	
Цвет контура	🔛 Нет цвета
	цвета ArcGIS
ширина контура	

□ Нажмите *Применить*, а затем закройте диалоговое окно *Символы*.

Теперь вы видите, как размещены сельскохозяйственные земли в пределах каждого природно-географического района. Таким образом, вы выполнили нетопологическое векторное наложение, которое позволяет визуально оценивать полученный результат, но не дает возможности проводить дальнейший анализ. Далее вы выполните топологическое

векторное наложение и получите новый набор данных, в котором полигональные объекты будут представлять сельскохозяйственные земли, относящиеся к определенному природно-географического района РТ.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Наложение.
- □ Найдите и запустите инструмент Пересечение.
- □ Щелкните на значке Урядом со строчкой *Входные объекты* и отметьте слои «Природно-географические районы РТ» и «Схема типов растительности РТ». Затем нажмите кнопку *Добавить*.
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ех6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *intersect*.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной полигональный набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

□ Измените имя нового слоя на «Земли в пределах районов».

□ Отключите отображение надписей для этого слоя.

Проект	Карта Вставка Анализ Вид		Редактирование	Изображения	Общий дос	туп (	Слой объектов		Надписи		
	Класс По умолчанию		▼ SQL SQ	L запрос	🛃 Крупнее	<Нет> *			Аа Лостоприм		Arial
Надпись	🗹 Надпи	Надписать объекты этого класса		指 Мельче	<Нет> т	Граница	АА Форма				
	Поле пате 🗸 👘 Выражение		🛃 Очистить ограничения			земли/физ		÷	Полужирны		
Слой	Класс надписей			Диапазон в	видимости			Текстовый	сим	вол	

□ Используя *Выборку по атрибуту* (одно из полей **name**), в слое «Земли в пределах районов» выберите полигоны с атрибутами «Сельскохозяйственные земли на месте лесов» и «Сельскохозяйственные земли на месте степей и лесов».

[	€ ∋ 🗸					SC		令(
	Где	name -	·	равно 🝷	эзяйственные земли на мес	те лес	сов т	×
	или *	name •	·	равно -	ные земли на месте степе	й и лес	сов *	×

□ Сохраните выбранные объекты в новый слой. Для этого в контекстном меню слоя «Земли в пределах районов» (открывается щелчком правой кнопкой мыши) нажмите Выборка > Создать слой из выбранных объектов.

На панели *Содержание* и в окне карты появится новый слой – «Земли в пределах районов выборка».

- □ Отключите слой «Земли в пределах районов».
- □ Измените имя слоя «Земли в пределах районов выборка» на «Сельскохозяйственные земли РТ».
- ✤ Далее вы будете использовать слой «Сельскохозяйственные земли РТ» в качестве зон (Поле зоны – name), чтобы получить более точные агроклиматические характеристики каждого природно-географического района РТ и ответить на следующие вопросы:

1. Основными культурами в Татарстане издавна считаются озимая рожь и яровая пшеница. Агроклиматические условия каких районов РТ пригодны для возделывания этих культур? Воспользуйтесь справочными данными из таблицы 2, чтобы ответить на этот вопрос.

# Таблица 2

Культура	Сумма активных температур	Объем осадков	Период активной вегетации, дни
Озимая рожь	1000-1250°C	Необходимо, чтобы в период с июля по сентябрь в сумме выпало не менее 100-120 мм	75-100
Яровая пшеница	1200-1500°C	Необходимо, чтобы в период с мая по сентябрь в сумме выпало не менее 250–1000 мм	90-120

# Условия созревания зерновых культур

2. Почему рожь в республике из года в год дает стабильные урожаи, а урожаи пшеницы подвержены значительным колебаниям?

## Упражнение 6С. Векторное наложение «линия в полигоне» и «точка в полигоне»

Работая над упражнением 6В, вы узнали, как с помощью инструмента **Пересечение** выполняется наложение «полигон в полигоне». С помощью инструмента **Пересечение** вы можете выполнять и другие виды векторного наложения. В операции пересечения могут участвовать объекты различной геометрии, а пространственная мерность результата наложения может отличаться от пространственной мерности входных объектов.

□ В проекте ex6.aprx откройте карту Упражнение 6с.

Вы видите карту автодорожного хозяйства развитого региона. Регион включает в себя несколько районов. С точки зрения специалиста по планированию развития автодорожного хозяйства хорошо было бы иметь справочную карту, на которой для каждого района были бы вынесены: суммарная протяженность автодорог, суммарная длина автодорог с различным покрытием, общая длина дорог, требующих ремонта и т.д. При наличии необходимых данных подобные задачи в системе *ArcGIS Pro* решаются довольно просто.

Сначала вы построите карту плотности автодорожных сетей. Для этого вам необходимо рассчитать общую длину дорог в пределах каждого района.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Наложение.
- □ Найдите и запустите инструмент Пересечение.

- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *roads\_intersec*.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания расчета выходной линейный набор данных будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Автодороги в пределах районов».
- □ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Автодороги в пределах районов».

Вы видите, что к атрибутам каждого сегмента дороги добавились атрибуты района, на территории которого данный сегмент находится: поле **name\_adm2** содержит название района, а поле **area** – площадь территории района в кв.км.

Для того, чтобы узнать суммарную длину дорог, принадлежащих каждому району, нужно выполнить операцию *Суммирование* для таблицы. Для этого:

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на заголовке поля **name\_adm2**.
- □ В контекстном меню поля **name\_adm2** щелкните *Суммирование*.
- В диалоговом окне Суммирование заполните поля так, как показано на рисунке ниже:

Суммарная статистика			?	×
Входная таблица				
Автодороги в пределах ра	айонов	3	~	
Выходная таблица				
roadlength_stats				
Поля статистики				
Поле 😔		Тип статистики		
Shape_Length	~	Сумма		~
	~			~
Поле группировки 📀				
name_adm2				~
				~

□ Нажмите ОК.

По окончании обработки результат суммирования в виде таблицы будет добавлен на панель Содержание.

- □ Откройте таблицу *roadlength\_stats*. Кроме поля **name\_adm2**, таблица содержит еще два поля: поле **SUM\_Shape\_Length**, в котором записана сумма длин сегментов дорог, и поле **FREQUENCY**, которое хранит число объектов, участвующих в статистических вычислениях. Поле **FREQUENCY** генерируется программой автоматически.
- □ Щелкните правой кнопкой мыши на заголовке поля SUM\_Shape\_Length и выберите *Поля*.
- □ В открывшемся окне дважды щелкните на поле *Числовой* в строке *SUM\_Shape\_Length*.

⊿	со чтение	Имя поля	Псевдоним	Тип данных	Разрешить пустые значения (NULL)	Выделить	Числовой формат
		OBJECTID	OBJECTID	Object ID			Числовой
		name_adm2	name_adm2	Текст			
		FREQUENCY	FREQUENCY	Long	$\checkmark$		Числовой
		SUM_Shape_Length	SUM_Shape_Length	Double	✓		Числовой

Щелкните здесь, чтобы добавить новое поле.

Затем нажмите на значок ... и в открывшемся окне измените настройки по умолчанию следующим образом:

Числовой формат		$\times$
Категория Числовой	•	
Округление		
Десятичные знаки	0 🗘	
🔘 Значащие цифры	0	
Выравнивание Слева		
💿 Справа	0 🗘	
<ul> <li>Показывать раздели</li> <li>Дополнять нулями</li> <li>Показывать знак пли</li> </ul>	тель разрядов	
Суффикс (дополнительн	••••	
Общие настройки ото	бражения чисел	
	ОК	Отмена

- □ Нажмите *OK* и кнопку <sup>Сохранить</sup> на верхней панели окна *ArcGIS Pro*. Таким образом вы привели числовые знаения в поле **SUM\_Shape\_Length** к читаемому виду.
- □ Отключите отображение всех слоев кроме слоя «Районы».
- ✤ Далее самостоятельно выполните следующие шаги:

1. Постройте карту, показывающую распределение районов по плотности сети автомобильных дорог. Подобную задачу вы уже решали, когда работали над упражнением 3а.

Предварительно выполните соединение атрибутивной таблицы слоя «Районы» и *roadlength\_stats*. Для соединения таблиц вы можете использовать названия районов, которые и в той, и в другой таблице хранятся в поле **name\_adm2**. Соединение таблиц позволит получить для каждого района суммарную протяженность автодорог (поле **SUM\_Shape\_Length**).

Далее используйте настройки свойств слоя «Районы» (закладка *Слой объектов* > *Символы*), чтобы показать суммарную длину автодорог, нормированную на площадь района.

На заключительном этапе работы вы можете повысить информативность вашей справочной карты, подписав название каждого района и протяженность автомобильных дорог. Для этого:

- □ Нажмите на закладку *Надписи* на верхней панели окна *ArcGIS Pro*.
- □ Нажмите кнопку Выражение.



В открывшемся окне в поле Выражение наберите:



- 🗆 Нажмите кнопку Проверить 🔨 и убедитесь, что выражение было записано верно.
- □ Нажмите Применить.
- □ Нажмите кнопку *Надпись* <sup>№</sup> на верхней панели окна *ArcGIS Pro*.

Вы должны получить результат, аналогичный представленному на рисунке ниже.



2. Включите слой «Дорожные сооружения». В атрибутивной таблице слоя в поле **NAME\_1** записан вид материала сооружения. Для многих мостов данные о материале сооружения отсутствуют.

Составьте сводную таблицу: в таблице для каждого района должно быть указано количество мостов, для которых необходимо найти данные о материале сооружения.

# Упражнение 6D. Инструменты Идентичность, Обновление, Пересечение, Стирание и Вырезание

Упражнение 6D объединяет несколько небольших задач. Каждая из задач демонстрирует работу одного или нескольких инструментов наложения. Вы увидите, как, комбинируя различные инструменты, можно обновлять пространственную информацию. Обновление может касаться геометрии или атрибутов объектов, или, и геометрии, и атрибутов объектов.

□ В проекте ex6.aprx откройте карту Упражнение 6d.

Вы видите карту одного из административных районов, представленных в предыдущем упражнение (Лениногорский район). Используя инструменты наложения, вы обновите содержимое слоев «Мосты» и «Лес», а также создадите новый точечный слой, который дополнит базу данных автодорожного хозяйства района.

# Задача 1. Обновление слоя «Мосты».

По поручению администрации Лениногорского района были проведены мероприятия по изучению состояния дорожных сооружений. В частности в базу данных были внесены данные о типе материала, из которого строился каждый мост. При проведении полевых исследований местоположение моста фиксировалось с помощью GPS-приемника, при этом погрешность определения координат составила 15 м. В результате полевых исследований был получен точечный набор данных *bridge\_identity*, в атрибутивной таблице которого в поле **NAME\_1** записан вид материала сооружения. Вы будете применять операцию наложения **Идентичность** для того, чтобы обновить атрибутивные данные слоя «Мосты».

- □ Загрузите на карту набор данных *bridge\_identity* из базы геоданных ex6.gdb в вашем рабочем каталоге.
- □ Откройте атрибутивную таблицу слоя «bridge\_identity» и убедитесь, что все записи поля **NAME\_1** заполнены.
- □ Из меню Закладки щелкните на закладке *Мост*.

Проект <mark>Карта</mark> Вставка		Вставка	ка Анализ		Вид	Редактирование		Изображени		я Общи	ий дост
Вставить	‰ Вырезать ∰ Копировать ∰ Копировать п	и	сследовать •		Пр Закладки С	––––– Перейти к точке ХҮ	₩ •	00	Выбрать •	Выбрать по атрибуту	Выбр распол
Бу	фер обмена			Навига						Во	e~
Содерж	ание				Упраж	кнение 6d За	кладки	1			
<b>Поиск</b>	c .					<u> </u>			1		
						Иост		<u>Лесхо</u> з	3	Лениногор	ск
- Honday	N BOODUCODU	1.4									

Поскольку во время полевых исследований координаты моста определялись с погрешностью, местоположение объектов слоя «bridge\_identity» отличается от истинного местоположения.



Но в данном случае нас интересует не геометрия, а атрибуты объектов, и вы с помощью слоя «bridge\_identity» обновите атрибутивную информацию слоя «Мосты».

Инструмент **Идентичность** вычисляет геометрическое пересечение между входными объектами и объектами идентичности. К входным объектам или их частям, которые совпадают с объектами идентичности, присоединяются атрибуты соответствующих объектов идентичности.

Поскольку некоторые объекты слоя «bridge\_identity» не пересекаются с соответствующими объектами слоя «Мосты» (как на рисунке выше), сначала вы создадите слой идентичности путем построения буферов вокруг объектов слоя «bridge\_identity», чтобы нивелировать 15-метровую погрешность в расположении объектов.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Близость.
- □ Найдите и запустите инструмент Буфер.
- □ В поле *Входные объекты* из списка выберите *bridge\_identity*.
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *bridge\_identity\_poly*.
- □ Убедитесь, что в блоке параметров *Расстояние [значение или поле]* выбраны *Единицы измерения длины*. В поле ниже с клавиатуры введите 15 и выберите из списка единиц измерения *Метры*.



Тем самым вы определяете ширину буфера в 15 м (в соответствии с погрешностью определения координат).

- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите *Запустить*. После окончания расчета выходной полигональный класс объектов будет добавлен на карту как новый слой.
- □ Измените имя нового слоя на «Объекты идентичности».
- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Наложение.
- □ Найдите и запустите инструмент Идентичность.
- В поле Входные объекты из списка выберите Мосты.
- □ В поле Объекты идентичности из списка выберите Объекты идентичности.
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *bridge\_edit*.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания обработки выходной точечный класс объектов будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Мосты (новая версия)».
- □ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Мосты (новая версия)».

Вы видите, что в результате работы инструмента **Идентичность** атрибуты слоев «Мосты» и «Объекты идентичности» были объединены.

□ Измените псевдоним присоединенного поля NAME\_1 (системное имя NAME\_12\_13; задержите курсор на заголовке поля, чтобы увидеть информацию о нем).

NAME_1	BUFF_DIST ORIG_FID	
Деревянный	NAME_1 (NAME_12_13)	
Деревянный	Тип:	Текст (254)
Деревянный	По умолчанию: Только для чтения:	<null> Нет</null>
	Может содержать значение NULL:	Да
Металлический	Индексированы: Требуется:	Нет Нет
Металлический	10 0	TICI

Для этого щелкните правой кнопкой мыши на заголовке поля и в контекстном меню выберите *Поля*.

□ Дважды щелкните на ячейке *NAME\_1* в поле *Псевдоним* и смените псевдоним на *MISSING\_DATA*. По окончании ввода нажмите *Enter*.

⊿	🖌 Видимый	🔳 Только чтение	Имя поля	Псевдоним	Тип данных
	$\checkmark$	$\checkmark$	OBJECTID	OBJECTID	Object ID
			Shape	Shape	Геометрия
	$\checkmark$		FID_bridges_len	FID_bridges_len	Long
			TSPB_CODE	TSPB_CODE	Long
	$\checkmark$		NAME	NAME	Текст
			NAME_1	NAME_1	Текст
	~		FID_bridge_identity_poly	FID_bridge_identity_poly	Long
			TSPB_CODE_1	TSPB_CODE	Long
	✓		NAME_12	NAME	Текст
			NAME_12_13	NAME_1	Текст
		$\square$	BUFF DIST	BUFF DIST	Double

- □ Нажмите кнопку *Coxpaнumь* и верхней панели окна *ArcGIS Pro* и закройте таблицу *Поля*.
- □ Нажмите кнопку Выбрать по атрибуту в окне таблицы Мосты (новая версия).



□ В диалоговом окне *Выбрать по атрибуту* задайте условие выбора **NAME\_1** = *Hem данных*.



- □ Щелкните Применить.
- □ Щелкните ОК.

Записи, атрибуты которых нуждаются в обновлении, теперь выбраны.

- □ Щелкните правой кнопкой мыши на заголовке поля NAME\_1.
- В контекстном меню выберите Вычислить поле.
- □ В блоке *Поля* дважды щелкните на *MISSING\_DATA*. Выражение внизу окна должно принять следующий вид:



- □ Нажмите *Применить*, а затем *ОК* в диалоговом окне *Вычислить поле*. Теперь все мосты имеют информацию о материале, из которого они построены.
- В окне таблицы Мосты (новая версия) нажмите кнопку Очистить

Теперь вы можете удалить все ненужные поля из атрибутивной таблицы слоя «Мосты (новая версия)». Для этого:

□ Снова откройте настройки полей таблицы. Вы можете это сделать другим способом: нажав на кнопку *Поля* на вкладке *Таблица* на верхней панели окна *ArcGIS Pro*.

Вид Редактирование Из	о <del>браж</del> ения Об	бщий доступ	Таблица	Слой обт	ектов	Надписи	Данные
Добавить Удалить Сортировать Поле	Поля Песевдонимы Ве	Все Все Перек ыбрать по атрибуту Очист	€ П слючить ₹П тить 🛒 У, ыборка	риблизить к ереместить к далить	Вычислить поле	Вычислить геометрию Инструмен	Суммировани ты

□ В таблице *Поля* выделите строчку *FID\_bridges\_len*, щелкнув на серый прямоугольник в крайнем левом столбце.

⊿	🗹 Видимый	🔳 Только чтение	Имя поля	Псевдоним	Тип данных
	$\checkmark$	$\checkmark$	OBJECTID	OBJECTID	Object ID
			Shape	Shape	Геометрия
	▲) 🗹		FID_bridges_len	FID_bridges_len	Long
			TSPB_CODE	TSPB_CODE	Long

- □ Зажмите клавишу *Ctrl* и аналогичным образом выделите все оставшиеся строчки, кроме *NAME* и *NAME\_1*.
- □ Нажмите клавишу *Delete*. Ранее выделенные вами строчки будут зачеркнуты.
- □ Нажмите кнопку *Сохранить* на верхней панели окна *ArcGIS Pro* и закройте таблицу *Поля*.
- □ Закройте атрибутивную таблицу слоя «Мосты (новая версия)».
- □ Откройте настройки символов для слоя «Мосты (новая версия)».
- □ Удалите из списка символов символ «Нет данных». Для этого щелкните правой кнопкой мышки на ячейке с текстом *Hem данных* и из контекстного меню выберите *Удалить*.
- □ Закройте окно Символы.
- □ На панели *Содержание* удалите слои «Мосты», «Объекты идентичности» и «bridge\_identity».

Вы закончили обновление пространственных данных по объектам дорожных сооружений и удалили из документа карты все промежуточные и неактуальные данные.

#### Задача 2. Обновление слоя «Лес»

По поручению лесхоза, прилегающего к северо-западной границе района, было выполнено дешифрирование космоснимка и получены уточненные данные о местоположении лесных массивов. Используя операции наложения **Вырезать**, **Обновить** и **Стирание** вы обновите пространственную информацию о лесных угодьях северо-западной части Лениногорского района.

- □ Загрузите на карту набор данных *forest\_update* из базы геоданных ex6.gdb в вашем рабочем каталоге.
- □ Из меню Закладки щелкните на закладке Лесхоз.

Вы видите, что конфигурация лесных массивов действительно изменилась, и слой «Лес» нужно обновить.

□ Откройте атрибутивную таблицу слоя «forest\_update».

Вы видите, что объекты этого слоя имеют два атрибута: код типа растительности (VGA\_CODE) и площадь (area).

Большая часть площадей лесхоза не относится к территории Лениногорского района, поэтому вашим первым действием будет вырезание объектов слоя «forest\_update» по форме района.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Извлечение.
- □ Найдите и запустите инструмент Вырезать.
- □ В поле *Входные объекты или набор данных* из списка выберите *forest\_update*.

- □ В поле Вырезающие объекты из списка выберите Граница района.
- □ В строке *Выходные объекты или набор данных* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *forest\_update\_clip*.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания обработки выходной класс объектов будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Обновление лесных массивов».
- □ Удалите слой «forest\_update».
- Ответьте на вопрос:
  - 1. Все ли значения атрибута **area** слоя «Обновление лесных массивов» соответствуют действительности?
- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Наложение.
- □ Найдите и запустите инструмент Обновить.
- □ В поле Входные объекты из списка выберите Лес.
- □ В поле Обновленные объекты из списка выберите Обновление лесных массивов.
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *forest\_upd*.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

После окончания обработки выходной класс объектов будет добавлен на карту как новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Редактирование лесных массивов».
- □ Откройте атрибутивную таблицу слоя «Редактирование лесных массивов».

Инструмент **Обновить** вычислил геометрическое пересечение входных и корректирующих объектов. При этом атрибуты и геометрия входных объектов были заменены атрибутами и геометрией корректирующих объектов.



Выходные объекты



Чтобы завершить процедуру обновления нужно удалить «остаточные» полигоны, которые представляют собой геометрическую разность между объектами слоев «Лес» и «Обновление лесных массивов».

Воспользуйтесь инструментом Выбрать по расположению для выбора «остаточных» полигонов:

- □ Из вкладки Карта откройте инструмент Выбрать по расположению.
- □ Заполните настройки диалогового окна следующим образом:

Выбор по расположению	?	$\times$	
Входные объекты 🛇			
Редактирование лесных массивов	~	<b>~</b>	
	~		
Отношение			
В пределах расстояния		~	
Вспомогательные объекты выборки			
Обновление лесных массивов 🗸 🧎			
Расстояние поиска			
Метры		~	
Тип выборки			
Новая выборка		~	
Инвертировать пространственные отношения			

## □ Нажмите Применить.

□ Не закрывая окна инструмента, смените настройки диалогового окна следующим образом:

Выбор по расположению	?	×
Входные объекты 😔		
Редактирование лесных массивов	~	/ 🧀
Входные данные содержат выборку. Записи для обработки: 24		G
	~	/ 🧀
Отношение		
Идентичны		~
Вспомогательные объекты выборки		
Обновление лесных массивов 🗸		/ v
Расстояние поиска		
Метры		~
Тип выборки		
Удалить из текущей выборки		~
Инвертировать пространственные отношения		

- □ Нажмите Применить.
- □ Нажмите ОК.

«Остаточные» полигоны теперь выбраны.

В данной ситуации для удаления выбранных полигонов проще всего было бы перейти в режим редактирования и воспользоваться функцией удаления объектов. Но для того, чтобы познакомиться с инструментом **Стирание**, вы решите эту задачу другим способом.

Сохраните выбранные объекты в новый класс пространственных объектов:

□ Из контекстного меню слоя «Редактирование лесных массивов» выберите Данные > Экспорт объектов.

- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *forest\_erase*.
- □ Нажмите ОК.

На карту будет добавлен новый слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Стирающие объекты».
- □ Во кладке Карта в блоке Выборка нажмите кнопку Очистить <sup>[1]</sup>.
- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Наложение.
- □ Найдите и запустите инструмент Стирание.
- □ В поле Входные объекты из списка выберите Редактирование лесных массивов.
- □ В поле Стирающие объекты из списка выберите Стирающие объекты.
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ex6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *forest\_new*.
- □ Нажмите Запустить.

На карту добавится новый полигональный слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Лес (новая версия)».
- □ В таблице содержания из списка слоев удалите слои «Стирающие объекты», «Редактирование лесных массивов», «Обновление лесных массивов», «Лес».

Вы закончили обновление пространственных данных по объектам лесных массивов и удалили из документа карты все промежуточные и неактуальные данные.

Ответьте на вопрос:

2. Функция выбора по расположению по сути также выполняет наложение объектов. Но результат ее отличен от результата, который дают инструменты из набора инструментов **Наложение**. В чем состоит отличие?

# Задача 3. Создание слоя «Переезды»

□ Из меню Закладки щелкните на закладке Лениногорск.

Обратите внимание (восточная часть окна просмотра), что на пересечении рек и автомагистралей расположены мосты: это соответствует логике пространственной базы данных и расположению реальных объектов на местности.

Если вы посмотрите на автомагистрали, расположенные западнее города Лениногорск, то увидите, что на карте отсутствуют такие важные дорожные сооружения, как переезды (точки пересечения железной дороги и автомагистралей). Класс пространственных объектов, представляющих на карте переезды, можно создать, используя инструмент **Пересечение**.

- □ В дереве инструментов найдите набор инструментов Инструменты Анализа.
- □ Найдите и разверните поднабор инструментов Наложение.
- □ Найдите и запустите инструмент Пересечение.
- □ В поле Входные объекты из списка выберите Дороги.
- □ В открывшемся новом поле, ниже, выберите Железные дороги.
- □ В строке *Выходной класс пространственных объектов* введите путь к базе геоданных ех6.gdb в своем рабочем каталоге и сохраните в нее выходные данные под именем *intersections*.

- □ В поле Тип выходных данных выберите Точка.
- □ Остальные параметры оставьте по умолчанию.
- □ Нажмите Запустить.

На карту добавит новый точечный слой.

- □ Измените имя нового слоя на «Переезды».
- □ Выберите подходящий символ для объектов слоя «Переезды».
- □ Перейдите к полному экстенту карты.

Теперь ваша работа по обновлению карты Лениногорского района закончена.

## Упражнение 6Е. Принятие решения на основе пространственного анализа

При выполнении предыдущих упражнений и практических работ вами было проведено несколько простых исследований. Теперь вы проведете самостоятельное исследование, которое поможет вам принять верное решение относительно выбора места для организации вертолетной посадочной площадки.

К настоящему моменту вы обладаете всеми необходимыми знаниями и навыками работы в среде *ArcGIS Pro*. Инструкции к заданию будут содержать лишь самые общие указания и подсказки. Вы сами отвечаете за планирование процесса анализа и самостоятельно принимаете решение, какие из операций помогут вам правильно ответить на вопросы.

Прежде, чем начать работать:

- обдумайте проблему от начала до конца,
- не игнорируйте фазу подготовки к анализу,
- начертите блок-схему, в которой показан каждый шаг.

Эти простые рекомендации помогут вам избежать множества ошибок и потерь времени.

Итак, задача: в развитом районе с высокой плотностью промышленных объектов для разрешения возможных экстренных ситуаций предусмотрено сооружение вертолетной площадки. Основываясь на практике спасательных операций, пилоты поисковоспасательной службы составили перечень необходимых условий и требований для рационального использования вертолетов на спасательных работах в густонаселенных промышленных районах:

- Уклон посадочной площадки не должен превышать 5 градусов.
- Минимальный размер посадочной площадки 30х30 м (900 кв. м), с открытыми подходами на расстояние не менее 300 м.
- Площадка должна быть расположена на расстоянии не менее 20 м от рек, водоемов, дорог, жилых построек, промобъектов.
- Площадка должна быть расположена близко к географическому центру распределения промышленных объектов (не далее 5 км от географического центра).
- □ В проекте ех6.аргх откройте карту *Упражнение 6е*.

Вы видите карту местности с высокой плотностью промышленных объектов и коммуникаций. На этой местности в радиусе 5 км от центра скопления промышленных объектов вам нужно будет выбрать участок для строительства посадочной вертолетной площадки.

Слой «Промышленные объекты» вы будете использовать для расчета центроида распределения промышленных объектов. Для расчета центроида выберите инструмент Центральный объект (Пространственная статистика Измерение > пространственного распределения). Результат вычислений этого инструмента несколько отличается от результата вычислений инструмента Усредненный центр, который вы использовали при расчете центроидов в упражнении 1а. Инструмент Усредненный центр рассчитывает координаты центроида методом простого осреднения значений координаты Х и координаты У входных точечных объектов. Инструмент Центральный объект рассчитывает координаты центроида с учетом взаимного расположения входных точек: сначала рассчитываются расстояния между всеми парами входных точек, затем на основании этих расстояний рассчитываются веса точек (чем ближе точки друг к другу, тем выше вес), и наконец рассчитываются координаты центрального объекта с учетом весовых коэффициентов. В результате центральный объект располагается не в точном географическом центре исследуемой совокупности точек, а в месте их максимальной скученности. В данном случае такой подход предпочтительнее, так как вертолетная площадка должна располагаться как можно ближе к потенциально опасным объектам (по крайней мере, к большей их части), а не просто в географическом центре области, в пределах которой эти объекты расположены.



Затем вы должны будете определить пятикилометровую зону вокруг центроида.

Слои «Лесополосы», «Лес», «ЛЭП», «Населенные пункты» представляют объекты, которые закрывают открытые проходы вертолета, поэтому вертолетная площадка должна быть удалена от лесных массивов, лесопосадок и линий ЛЭП на расстояние не менее 300 м.

Кроме того, площадка должна быть удалена на расстояние не менее 20 м от объектов слоев «Промышленные объекты», «Русла рек, каналы», «Дороги», «Крупные реки, озера, пруды».

Слой «Классификация уклона» представляет собой готовый результат расчета уклона и переклассификации уклона с разделением территории на два класса: с уклоном более 5 градусов и с уклоном менее 5 градусов.

Слой «Рельеф» является фоновым слоем, и в анализе использоваться не будет. Этот слой вы можете использовать для получения общего представления о географии района и сравнения его со слоем «Классификация уклона».

Обратите внимание, что информация о системе координат входных данных отсутствует. Так как система координат входных данных неопределенна, единицы измерения координат и расстояний для *ArcGIS Pro* остаются неизвестными. Поэтому в инструменте построения буферных зон в качестве единиц измерения по умолчанию будет указываться

*Неизвестно*. Но заказчик вам сообщил, что система координат местная и координаты измеряются в метрах. Поэтому значения ширины буферных зон будете задавать в метрах.

Подобные задачи можно решать несколькими способами.

Попробуйте решить эту задачу, применяя методы векторного наложения, с использованием инструментов, которые были рассмотрены в упражнении 6d и в соответствующем разделе лекционного курса.

При использовании инструментов векторного наложения, таких как Объединить или Стирание, в выходных классах пространственных объектов могут быть созданы составные объекты. Составной объект может состоять из множества отдельно стоящих, касающихся или пересекающихся объектов. Несмотря на то, что мы видим несколько графических элементов, программа будет воспринимать их как один объект, и в атрибутивной таблице ему будет соответствовать одна запись. Так как вам нужно будет учитывать площадь каждого графического элемента, составные объекты на определенном этапе анализа нужно будет преобразовать в простые. Эта операция легко выполняется с помощью инструмента Составной в простые (Инструменты Управления данными > Объекты).

Общий план решения задачи может быть следующим:

- 1. Определение центроида промышленных объектов.
- 2. Построение буферных зон.
- 3. Векторное наложение.
- 4. Расчет площадей участков.
- 5. Выбор участков, соответствующих всем предъявляемым требованиям.

• Разработайте алгоритм действий и решите задачу итогового упражнения самостоятельно.

Учебное издание

Чернова Инна Юрьевна, Лунева Ольга Викторовна, Чернова Ольга Сергеевна, Сайфутдинова Гузель Маратовна

# ГИС-АНАЛИЗ

Учебно-методическое пособие