ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему

«Создание цифровой модели объектов окружения магистрального газопровода»

Екатеринбург – 2018

РЕФЕРАТ

Отчет состоит из 51 страницы, в нём присутствует 5 рисунков, 3 приложения, использовано 21 источник.

Ключевые слова:

Магистральный газопровод - сооружение, предназначенное для транспортировки природного газа от места добычи или производства к пунктам потребления.

Линейная часть - часть магистрального газопровода, объединяющая компрессорные станции в единую газотранспортную систему для передачи газа от газовых промыслов к потребителям газа.

Газотранспортная система (ГТС) - связующее звено между месторождениями газа и его потребителями.

Линейное производственное управление магистральных газопроводов (ЛПУМГ) - низовая структура, осуществляющая непосредственное управление и контроль над режимом работы оборудования компрессорных станций, подземных хранилищ газа, газораспределительных станций и линейной части в своих границах.

СОДЕРЖАНИЕ

1. История развития гео-информациолнных систем.....7
2. Описание геоинформационной системы arcgis.....11
3. Слои в ARCGIS.....16
4. Классификация методов обработки изображений.....22
5. Работа с дополнительными источниками данных.....36
6. Оцифровка объектов окружения линейной части мг.....38

Заключение.....42

Список литературы.....44

Приложение 1.....46

Приложение 2.....48

Приложение 3.....51

ВВЕДЕНИЕ

«Газпром» располагает крупнейшей в мире газотранспортной системой, ее протяженность на территории России составляет 171,2 тыс. км. Основными составляющими техногенного риска в рамках задач системы управления техническим состоянием и целостностью линейной части магистральных газопроводов (СУТСЦ ЛЧ МГ)

Единой системы газоснабжения (ЕСГ) ОАО «Газпром» являются ожидаемые прямой ущерб от одной аварии и частота аварий на участках газопроводов [1]. В масштабе всей газотранспортной системы (ГТС) ОАО «Газпром» вопрос о выработке единого подхода к сбору и подготовке данных об объектах окружения ГТС и создании единого геоинформационного хранилища актуален. Этот вопрос осложняется многообразием инфраструктуры, окружающей магистральные газопроводы.

Для задач СУТСЦ ЛЧ МГ было разработано классификационное описание объектов так называемый классификатор. Он включает 59 основных типовых объектов (например, лес, поле, здание, дорога, реку и т.д.), каждый из которых имеет характерный набор атрибутов. Рассматривать их необходимо не только как объекты, подверженные возможному негативному влиянию со стороны ГТС, но и как объекты, представляющие угрозу ее функционированию (например размытие опор МГ водой).

Спутниковые данные предполагают большое значение в решении поставленных задач имеют при том условии, что объем полученных данных в самое кратчайшее время будет переведен в полезную информацию.

Цифровые ЭВМ, которые можно считать современными и быстродействующими, достаточно приспособлены для решения задач, которые сокращают данные.

Слияние всех процессов и методов с новыми современными системами наблюдения на сегодняшний момент позволило получать достаточно точную информацию о мире, который нас окружает. Поэтому результатом такого синтеза можно считать количественным метод ДЗ.

Для того, чтобы анализировать полученные данные ДЗ, наиболее удобно использовать географические информационные системы, которые позволяют достаточно эффективно осуществлять работу с различного вида информацией, например, планами, схемами разного типа, таблицами разного типа и т.п.

Данные такого типа могут использовать в различных сферах деятельности, начиная от карты природных ресурсов, заканчивая схемой движения транспорта, или атласом земкадастра и т.п.

Данные дистанционного зондирования представляют собой разнообразные данные об объектах, которые расположены на поверхности Земли, о самой поверхности, о ее недрах, которые получены в процессе в процессе сьёмки любыми неконтактными методами, т.е. дистанционными.

К таким данным можно отнести все данные, полученные при помощи как космического, так и наземного базирования, как в одном, так и в нескольких участках электромагнитного спектра и т.д.

В настоящее время, благодаря последним достижениям в сфере искусственных спутников, которые несут сложные системы датчиков, появилась возможность использования большого количества видов информации о поверхности Земли, которые смогут помочь решить различные задачи.

ГИС имеет возможность объединять, накапливать, анализировать поступившую информацию, владеет быстрым поиском требуемых сведений, оценивает все геометрические характеристики расположенных объектов, например, длину улицы, расстояние между имеющимися городами и т.д.

Все цифровые данные можно представить в виде объединенной излученной площадки, которая соответствует пикселю, элементу изображения.

Геоинформационная система используется при обработке уже существующих данных позиционирования. Наиболее вероятными источниками получения пространственной информации являются картографические материалы (цифровые карты, полученные методом векторизации существующих бумажных карт и космоснимки).

Цель исследования: оцифровка объектов окружения линейной части магистрального газопровода в полосе 1 км. (500 м вправо и влево от МГ) в соответствии с классификатором.

Основные задачи:

1) создание геопространственной основы для отображения результатов (техническая обработка и географическая привязка изображений);

2) идентификация природных и инфраструктурных объектов окружения газопровода в полосе шириной 1 км (500 м вправо и влево от МГ);

3) определение и оценка их основных характеристик (атрибутов).

1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОЛННЫХ СИСТЕМ

Считается, что вся история развития ГИС берет свои истоки в середине 60-х готов прошлого столетия[1].

Самой первой работающей ГИС принято считать Канадскую ГИС, руководителем которой является Р. Томлинсон[2]. Данная система является первой, которая работала с распределительной информацией.

Данная ГИС как и все другие геоинформационные системы, которые были разработаны с Северной Америке и Европе в 60-70 годах прошлого столетия, являлись так называемыми банками картографических данных.

ГИС предоставляли возможность самый простой обработки данных, присутствовали функции ввода, имелась возможность использования печатающих устройств[3].

К таковым, в первую очередь, следует отнести картографию и системы автоматизированного картографирования, дистанционное зондирование и методы обработки данных дистанционного зондирования, системы компьютерного проектирования (CAD) и компьютерную графику, пространственный анализ, географическое и картографическое моделирование.

Результатом вначале параллельного, а затем все более тесного совместного развития средств и методов обработки и анализа пространственного распределения данных в этих и некоторых других

---

[1] Серапов М.С. Математическая картография: Учебник для вузов. М.: Издательский центр Академия, 20016. – 336 с.

[2] Веренкова Д.Т. Топографические карты. Научные основы содержания. М. МАИК. Наука. 2012.-319 с.

[3] Берлянт А.М. Математическая основа карт. Глава III. Картография. Учебник для вузов. Аспект Пресс. Москва. 2002.– 70 с.

областях и явились географические информационные системы, а точнее, технология географических информационных систем[4].

В предшествующем появлению первого поколения ГИС периоде можно условно выделить как качественные этапы 60-е и 70-е годы. Именно в 60-е годы появились первые автоматизированные картографические системы.

Для периода с конца 60-х по вторую половину 70-х годов характерно последовательное усовершенствование методов пространственного, в том числе - статистического, анализа, а также технологии кодирования и представления пространственных данных.

Уже в конце 60-х годов разработана т.н. DIME-файловая структура хранения топологической информации, появилась технология графического отображения 3-х мерных изображений и т.д.

Весьма характерной для этого периода является тенденции к усилению междисциплинарных связей в среде разработчиков ГИС, в первую очередь между учеными и инженерами.

Однако, геоинформационных системы этого периода все же были специализированными, причем создаваемыми на базе мощных и очень дорогих ЭВМ, в силу чего они были системами уникальными с весьма ограниченным кругом пользователей[5].

К 1984 г. только в Северной Америке было инсталлировано примерно 1000 геоинформационных систем. В Европе разработка ГИС велась в меньшем масштабе, но основные шаги в области разработки и использования ГИС-технологии были проделаны и здесь. Особенно необходимо отметить Швецию, Норвегию, Данию, Францию, Нидерланды, Великобританию и Западную Германию[6].

---

[4]

[5] Закатикова А.В. Курс высшей геодезии. Изд. 4, перераб. И доп. М., Недра, 2016. 511 с.

[6] Лопандо Д.П., Немтиновка З.К. Основы ГИС и цифрового тематического картографирования. Учебно-методическое пособие. 2013.

Реализацией мощного интеграционного потенциала ГИС-технологии явилось выполнение, начиная с конца 80-х годов, ряда глобальных и межнациональных проектов по мониторингу природной среды таких как, например, GRID и CORINE[7].

Полученное тематическое изображение может быть использовано для создания предварительного множества классов до выполнения классификации с обучением.

Это простой метод кластеризации, требующий незначительных вычислительных затрат.

К недостаткам метода относится то, что результаты кластеризации зависят от меры измерения расстояний (обычно используется евклидово расстояние), количества кластеров и начальных средних значений признаков (центров) кластеров [5].

Среди алгоритмов данной классификации можно отметить следующие способы: параллелепипедов, минимального расстояния, дистанции Махаланобиса и максимального правдоподобия.

Не только печатные карты, но и интерактивные, которые предоставляют окна к информации вашей организации, аналитическим инструментам, а также ключевым задачам и рабочим потокам, которые ежедневно используют люди в вашей организации для более эффективной работы.

Геоинформационная система используется при обработке уже существующих данных позиционирования. Наиболее вероятными источниками получения пространственной информации являются картографические материалы (цифровые карты, полученные методом векторизации существующих бумажных карт и космоснимки).

[7] Берлянтиневская Д.П. Математическая основа карт. Глава III. Картография. Учебник для вузов. Аспект Пресс. Москва. 2013.– 70 с.

2. ОПИСАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ARCGIS

ArcGIS — это система, позволяющая работать с онлайн-картами и связанной географической информацией. С помощью ArcGIS можно создать множество различных карт. Наиболее интересными являются интерактивные карты, которые отображают, интегрируют и синтезируют значительные слои географической и описательной информации из различных источников. Карты ArcGIS представляют собой интерактивное окно, при помощи которого можно визуализировать, изучать и анализировать данную информацию.

Эти карты являются качественно новым информационным продуктом, в котором объединяются достоверные данные и инструменты анализа, визуализации и управления данными профессиональной системы ГИС. Эти инструменты включают атрибутивные отчеты, различные тематические отображения, информативные всплывающие окна, динамические графики, ползунки времени, интеллектуальный сбор данных на основе шаблона, а также геостатистику, геообработку и прогнозирование.

Например, в организациях карты ArcGIS позволяют выполнять следующее:

- собирать и хранить самые последние данные о ресурсах и клиентах организации;

- анализировать самые последние данные для поиска наилучшего расположения для нового объекта;

- обсуждать результаты планирования с группой управления;

- планировать проектирование и строительство объекта;

- информировать партнеров и общественность об объекте;

- управлять работой объекта.

Карты, поддерживающие данные задачи, содержат информацию, необходимую для определенной задачи, например, демографические данные для карт планирования, геотехнические данные для карт проектирования, показания с датчиков, GPS для карт управления операциями и др. Этими данными можно управлять с помощью централизованных баз данных, обеспечивая единообразие основных наборов данных, таких как расположения объектов, для использования в различных картах и приложениях.

Развертывание карт ArcGIS также можно выполнять по-разному. Карты для сбора данных можно установить на мобильные устройства для использования в полевых условиях; карты, которые используют планировщики, можно развернуть на настольных компьютерах; карты, используемые для управления инструктажем, могут быть включены в печатные отчеты или встроены в управленческую информационную систему; общественные информационные карты могут быть доступны в Интернете и т. д.

Интерактивные карты настраиваются в рамках приложений, предоставляющих соответствующие инструменты и пользовательские интерфейсы, например, инструменты редактирования и функцию создания шаблонов карт для сбора данных, аналитические инструменты, такие как модели прогнозирования спроса для карт планирования и др.

Ключевыми моментами здесь является предоставление системой ArcGIS нескольких вариантов использования возможностей интеллектуальных карт для сотен различных приложений. Другими словами, карты ArcGIS объединяют и предоставляют все возможности ГИС.

Целью ГИС является создание, обмен и применение информационных продуктов на основе карт, которые поддерживают работу организаций, а

также создание и управление поддерживаемой географической информацией для расширения возможностей карт.

ArcGIS – семейство геоинформационных программных продуктов американской компании ESRI. Применяются для земельных кадастров, в задачах землеустройства, учёта объектов недвижимости, систем инженерных коммуникаций, геодезии и недропользования и других областях.

ArcGIS позволяет выполнять следующее:

– создавать, обмениваться и использовать интеллектуальные карты

– компиляция географической информации

– создавать и управлять базами географических данных

– решение задач при помощи пространственного анализа

– создание приложений на основании карт

– связь и обмен информацией с использованием силы географии и визуализации

Бесплатными являются только пользовательские приложения ArcGIS, позволяющие просматривать объекты – это ArcReader и ArcGISExplorer. Существуют также коммерческие серверные продукты для хранения собственных баз геолокационной информации, публикации объёмных данных, редактирования существующих карт. В пакетах или отдельно могут поставляться модули для решения конкретных задач.

Для выполнения задач в программе ArcGIS рекомендованы следующие требования к ЭВМ:

– процессор (CPU) – Двуядерный процессор с частотой 2.2 GHz или выше;

– оперативная память (RAM) – 2 GB или больше;

– дисплей – Разрешение 1024 x 768 или выше при размере пикселя (96dpi);

– видеокарта/Графический ускоритель – Подержка OpenGL 2.0, 128 MB видео памяти или выше;

– пространство на жестком диске (HDD) – 2.4 GB.

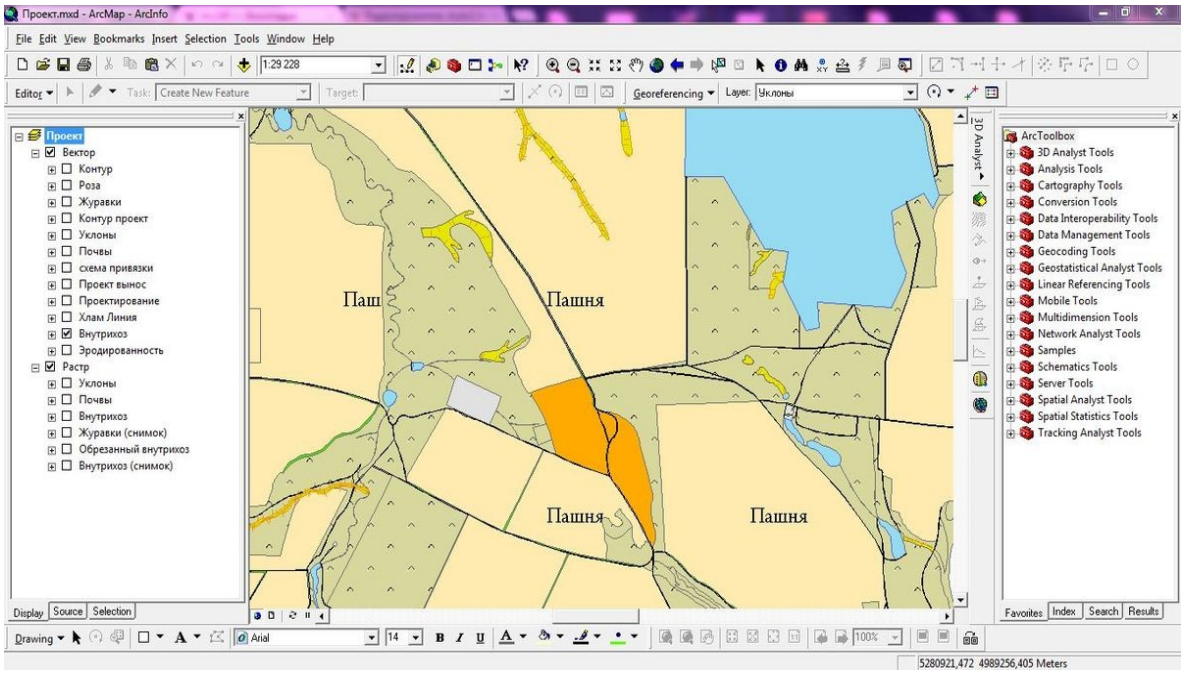

Рисунок 2.1 – Интерфейс ArcMap

В качестве источников исходной картографической информации обычно используют:

1) космические снимки и топографическую информацию: результаты изысканий (аэрофото, лазерное сканирование);

2) космические снимки из открытых источников: SAS.Planet (Google.maps, Bing.maps, Yandex.карты), Landsat-7,8, Santinel-2A;

3) картографическая информация из открытых источников: Росреестр [2].

Во время прохождения практики был использован ArcGIS 10. При решении задач СУТСЦ ЛЧ МГ ArcGIS помогает позиционировать и отображать объекты окружения, чтобы по этим данным оценить надежность газопровода и риск аварии.

Система ArcGIS позволяет создавать надежную географическую информации ГИС сообществом и использовать ее как сотрудниками вашей организации, так и сторонними пользователями.

Данная система включает в себя программное обеспечение, интерактивную облачную инфраструктуру, настраиваемые ресурсы, например готовые к использованию веб и мобильные приложения, готовые к использованию базовые карты, а также надежное содержание, которое создается и распространяется пользователем ГИС сообщества.

Данная система позволяет внедрять в жизнь географическую информацию и использовать ее при помощи карт.

3. СЛОИ В ARCGIS

В ArcGIS взаимодейтсвие с геоданными происходит через слои. Слои, также называемые веб-слоями, это наборы географических данных, которые используются с целью создания карт и сцен; они также являются основой географического анализа.

Например, слой зданий может отображать набор строений кампуса и содержит атрибуты, описывающие все характеристики соответствующего строения: тип, размер строения и многие другие потенциальные атрибуты. Другими примерами слоев могут также являться эпицентры землетрясений, исторические модели миграций, рельефы, 3D-здания, земельные участки и т.д.

Основные типы отображаемых данных – это объекты и изображения. Различные типы слоев имеют различные особенности. Например, публикация данных из файла CSV приводит к созданию векторного слоя. Векторные слои обеспечивают возможность создавать запросы к объектам и редактировать их в клиентских приложениях, а также управлять доступом к актуальным данным.

Данные слоев могут быть получены из различных источников. Некоторые источники данных являются "родными" для ArcGIS, например, размещенные сервисы ArcGIS Online и сервисы ArcGIS Server, другие являются файловыми источниками данных (например, файлы CSV и XLS), либо открытыми стандартами (например, KML и OGC).

Некоторые веб-слои – такие как векторные и слои изображений – предоставляют доступ к базовым данным, тогда как другие – слои листов и слои сцен – являются визуализацией данных, оптимизированной для конкретного использования. Вы можете размещать свои данные на ArcGIS Online или в базовых слоях, находящихся на ГИС-сервере. Публикация

данных на ArcGIS Online позволяет размещать, или хранить, данные на ArcGIS Online, создавая слои, отображающие эти данные. Эти слои называются размещенными веб-слоями. При публикации данных в виде размещенного веб-слоя, все данные содержатся в слое. ArcGIS Online может хранить векторные слои, слои листов, слои сцен и слои WFS.

У вас также могут быть слои, которые ссылаются на данные, находящиеся на ГИС-сервере. Например, если вы зарегистрировали картографический сервис ArcGIS Server как элемент, то будет создан слой, который содержит ссылку на ваш сервис. Данные по-прежнему находятся в вашем картографическом сервисе и не копируются на ArcGIS Online.

Слои представляют географические объекты, такие как точки, линии и полигоны, изображения, рельеф поверхности, ячейки сетки или виртуально любые данные, у которых есть местоположение (например, погода, глубины, условия дорожного движения, камеры слежения и твиты). Тип слоя определяет, как пользователь может взаимодействовать с его данными. Например, у векторных слоев можно просматривать и запрашивать данные, чтобы узнать об атрибутах объектов. Вы также можете редактировать данные, представленные векторным слоем. В случае слоев листов, можно только просматривать листы с изображениями объектов.

На портале ArcGIS, веб-слои делятся по типу содержащихся в них данных, например, слои высот, объектов или изображений. Это помогает объединить все, что отображается на карте, в единое целое. Значки также позволяют обозначать типы данных на слое. Источник веб-слоев описывается на странице описания элемента.

Поддерживаются следующие типы веб-слоев:

-  Слой изображений карты – Коллекция карт, картографически основанная на векторных данных. К векторным данным относятся точки,

линии и полигоны. Слои изображений карты являются динамически отображаемыми листами изображений.

- Слой изображений – Коллекция карт, картографически основанная на растровых данных. Растровые данные представляют собой сетку ячеек, обычно используемую для хранения изображений и другой информации, полученной от сенсоров дистанционного зондирования. Слои изображений могут отображаться динамически или как заранее подготовленные изображения кэшированной карты.
- Слой листов – набор доступных в сети листов, размещенных на сервере. Тайловые слои могут содержать подготовленные растровой карты или .
- Слой высот – группа готовых кэшированных листов изображений в формате Limited Error Raster Compression (LERC). LERC – это формат сжатия одноканальных данных или данных высот. Слои высот подходят для отображения рельефа в сценах глобального и локального масштабов.
- Векторный слой—это группа схожих географических объектов, например, здания, участки, города, дороги или эпицентры землетрясений. Объектами могут быть точки, линии или полигоны. Векторные слои лучше всего использовать для визуализации данных поверх базовых карт. Вы можете задавать свойства для векторных слоев, такие как стиль, прозрачность, диапазон видимости, интервал обновления и надписи, которые управляют внешним видом отображаемого слоя на карте.
- Используя векторный слой, вы можете просматривать, редактировать, анализировать объекты и выполнять запросы к объектам и их атрибутам. Содержание некоторых векторных слоев можно загрузить.
- Потоковые объекты могут быть источниками слоев объектов. Коллекции объектов – это другой тип векторного слоя.

- Слой сцены—группа 3D объектов и z-значений (значений высот). Слои сцены бывают следующих типов: точка, 3D-объект, интегрированная модель mesh или облако точек.
- Таблица – Набор строк и столбцов, где каждая строка, или запись, представляет собой географический объект – такой как земельный участок или столб ЛЭП – а каждый столбец, или поле, описывает определенный атрибут географического объекта, например его площадь, высоту или длину.

Таблицы могут содержать сведения о местоположении, например адреса, или не содержать эти сведения, например, это может быть список сотрудников и их зарплат. Таблицы как правило не показываются на карте, даже если в них есть данные о местоположении.

Но слои – это не только данные. Слой представляет данные и способ их визуализации. К визуализации относятся символы и цвета, которые используются для отображения данных, равно как и окна параметры, прозрачность, фильтры и другие свойства слоя.

Можно создать копии размещенных веб-слоев, если вы хотите показать или презентовать одни и те же данные по-разному. При создании копии слоя все его настройки копируются в новый слой. Обычно связанные со слоем данные не копируются, слой работает со ссылками на данные. Если данные обновляются, слой, ссылающийся на них, будет отображать обновленные данные. Это особенно полезно, если у вас имеются данные со множеством атрибутов. На различных слоях могут отображаться одинаковые данные, но с разными способами визуализации. Каждый слой может использовать стиль, основанный на разных атрибутах. Хотя данные слоев одинаковы, различные стили позволяют взглянуть на них под разными точками зрения. Слой может входить в состав нескольких веб-карт или веб-

сцен, т.е., настройки сохраненные в слое будут использоваться на любой веб-карте, в которой он присутствует.

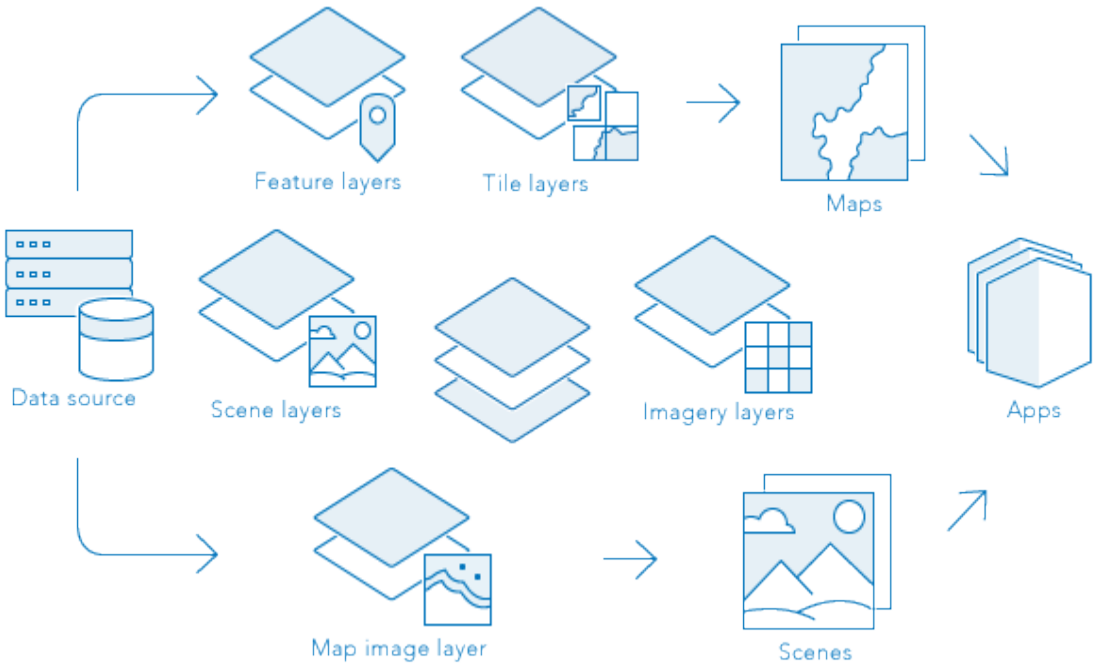

Рисунок 3.1 - Работа в ArcGIS

Слои являются неотъемлемым элементом платформы ArcGIS. Ссылка на одни и те же данные может использоваться различными слоями, что позволяет создавать различные представления и типы слоев на основе одних и тех же данных. Один и тот же слой может использоваться во множестве веб-карт и веб-сцен, дополнительная настройка слоя не требуется.

Слои - это основные составляющие веб-карт и веб-сцен. Каждая карта и сцена содержит базовую карту и может содержать другие слои, которые отображаются поверх базовой карты. Слои базовых карт обычно используются только для просмотра и создания контекста, обычно это слои листов, слои изображений карты или слои изображений. Слои, отображаемые поверх базовой карты, могут состоять из пространственных объектов или

изображений, и называются рабочими слоями. Рабочие слои – это слои, с которыми вы взаимодействуете.

Таким взаимодействием может быть просмотр атрибутивной информации, редактирование объектов или выполнение анализа. В то время как способ визуализации слоя на карте или в сцене заложен в самом слое, такие свойства, как экстент, видимость и порядок слоев определяются настройками карты, которые позволяют управлять отображением набора слоев на карте или в сцене.

Карты, сцены и слои обрабатываются в ArcGIS Online как элементы. Эти элементы отображаются на странице ресурсов, они доступны для поиска в ArcGIS Online и ими можно делиться с другими людьми. Хотя многие слои доступны как элементы в ArcGIS Online, в некоторых случаях это не так; слой доступен только в содержащей его веб-карте.

Например, можно добавить файл CSV непосредственно на карту. В этом случае векторный слой, созданный при добавлении файла CSV, доступен только на карте, но не в виде отдельного элемента.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Все методы обработки изображений могут быть разделены на две основные группы[8]:

1) улучшение изображений (в литературе встречается также ряд синонимичных названий: предварительная обработка изображений, коррекция изображений, реставрация изображений). Это методы, обеспечивающие преобразования снимков, направленные на облегчение визуального дешифрирования, повышение его объективности и достоверности, а также подготовку снимков к последующему автоматизированному дешифрированию и созданию карты;

2) тематическая обработка изображений (извлечение информации из изображений ДЗЗ)[9]. Это методы автоматизированного дешифрирования – классификации объектов по снимкам с использованием априорной информации о признаках выделяемых классов или без нее.

Характеризуя первую группу методов, можно отметить, что данные методы являются преимущественно проблемно ориентированными; так, метод улучшения, являющийся полезным для одного снимка, не обязательно окажется полезным для другого.[10]

Таким образом, общего подхода к улучшению изображений не существует. Подбор методов зависит в первую очередь от характера данных, цели обработки, знания представленной на изображении области и подготовленности (опыта в проведении работ по улучшению изображений). Тем не менее в основе процесса по улучшению материалов ДЗЗ можно

[8] Francis J. Pierce, David Clay. GIS Applications in Agriculture. 2011

[9] Лопандо Д.П., Немтиновка З.К. Основы ГИС и цифрового тематического картографирования. Учебно-методическое пособие. 2013.

[10] Серапов М.С. Математическая картография: Учебник для вузов. М.: Издательский центр Академия, 20016. – 336 с.

выделить три основных вида коррекции изображений, включающих геометрические, радиометрические и яркостные преобразования.

Геометрическая коррекция основана на принципах цифровой фотограмметрии. В результате проведения геометрических преобразований координаты элементов цифрового снимка связываются с пространственными координатами (географическими или геодезическими), а снимок трансформируется в заданную проекцию[11].

Координатная привязка изображения может осуществляться путем поворота изображения (так как оси координат цифрового снимка, как правило, не параллельны ни сетке параллелей и меридианов, ни сетке прямоугольных координат).

Для этого используется метод ввода «чистых» пикселей, не требующий перестройки изображения. Существует также ряд методов, которые осуществляют привязку путем автоматизированного цифрового трансформирования координат. Среди них наиболее распространенными являются аффинная и полиномиальная (аппроксимационная) модели преобразования, модель «резинового листа» (интерполяционная) и др. [1].

Аффинная модель позволяет исправлять линейные искажения на изображении путем простейших линейных преобразований (изменение размеров, поворот, сдвиг).

Данный метод используется для устранения систематических ошибок, одинаковых для всех пикселей изображения. В частности, при необходимости преобразовать растровую версию карты (или уже скорректированное изображение) из исходной в новую картографическую проекцию.

Использование аффинной модели преобразования также может дать удовлетворительные результаты при геометрической коррекции полученного

[11] Серапов М.С. Математическая картография: Учебник для вузов. М.: Издательский центр Академия, 20016. – 336 с.

в надире авиационного или спутникового изображения небольшой области с незначительным изменением рельефа местности (поверхность приближается к плоскости, и смещение вследствие наклона местности является небольшим или отсутствует).[12]

Данный метод требует минимум трех опорных точек, не лежащих на одной прямой линии. Полиномиальная (аппроксимационная) модель в отличие от аффинных преобразований позволяет исправлять более сложные искажения на изображении, в частности используется для исправления как линейных, так и нелинейных геометрических искажений на снимках.

Основная цель данного преобразования заключается в определении такого аппроксимирующего полинома, который бы обеспечил наименьшее отклонение координат опорных точек изображения от заданных координат. Полиномы разной степени определяются исходя из характера искажений на изображении, а также количества и рассредоточения опорных точек.

Чем выше порядок аппроксимации полинома, тем точнее обработка изображения, но тем больше для этого требуется опорных точек, также значительно возрастает сложность вычислений. Для многих случаев полином 1-й или 2-й степени является достаточным.

Радиометрические преобразования восстановление пропущенных пикселей исправление полосатости исправление выпавших строк коррекция влияния атмосферы математическое моделирование; калибровка цели; вычитание темных пикселей преобразования чёрно-белых снимков контрастирование подавление шума (методы фильтрации) квантование цветокодирование линейное растягивание гистограммы; нормализация гистограммы; выравнивание (эквализация) гистограммы трансформирование метод «ближайшего соседа»; метод билинейной интерполяции; метод

[12] Бугаевский. Математическая картография: Учебник для вузов.-М.: 1998.-400 с.

интерполяции полиномом 3-й степени, небольшие участки земной поверхности (без учета кривизны земной поверхности)[13].

Аппроксимация полиномами второго порядка используется для нелинейных преобразований (например, для перевода данных из географической системы координат в прямоугольную) и является оптимальной при работе со спутниковыми изображениями больших областей (для учета кривизны Земли). [14]

Полином 2-й степени позволяет избавиться от искривлений, идущих в одном направлении (вогнутость или выпуклость), и поэтому часто используется для исправления радиальных искажений, обусловленных формой линзы камеры или Земли, после чего возможна точная привязка изображений, искаженных по данной причине.

Полиномы более высокой степени используются для коррекции сложных геометрических искажений изображения, при этом, однако, зачастую происходит появление искажений в областях между опорными точками, особенно по краям снимка.

Минимальное число точек при аппроксимации полиномом первого порядка – 3, полиномом второго порядка – 6, полиномом третьего порядка – 10. Для обеспечения достаточного уровня точности обычно требуется число точек, равное удвоенному минимальному числу полиномов.

Модель «резинового листа» (интерполяционная) отличается от двух предыдущих тем, что в ее основе лежит использование заданных фиксированных опорных точек изображения, которые не меняют своих координат в процессе трансформирования. При этом положение остальных точек вычисляется на основе интерполяции координат.

---

[13] Варламенова В.И., Галиновская Т.П. кадастр. Т.6. Географические и земельные информационные системы.-М.: КолосС, 2013. - -400 с.

[14] Бугаевский. Математическая картография: Учебник для вузов.-М.: 1998.-400 с.

Этот процесс можно проиллюстрировать растяжением резинового листа с нанесенной на него координатной сеткой так, чтобы определенные точки заняли положение с определенными координатами.

Также выделяется ряд специальных моделей, которые представляют собой модификации или комбинации различных методов и используются для более эффективной трансформации изображений, среди них метод триангуляции, рациональных полиномов и др. [2].

Радиометрическая коррекция – это исправление аппаратных радиометрических искажений, обусловленных характеристиками используемого съемочного прибора и средой прохождения излучения (атмосферой).

Радиометрическая коррекция данных ДЗЗ выполняется в основном двумя методами: с использованием известных параметров и настроек съемочного прибора (корректировочных таблиц) или статистически [4].

В первом случае необходимые корректировочные параметры определяются для сенсора на основе длительных наземных и полетных испытаний. Во втором случае улучшение выполняется путем выявления дефекта и его характеристик непосредственно из подлежащего улучшению изображения.

Качество улучшения в первом случае выше, чем при статистическом методе, так как при этом учитываются особенности создавшего изображение сенсора.

Виды дефектов на изображениях, которые устраняются путем радиометрической коррекции: сбойные пиксели, выпадающие строки, модуляция (полосатость), искажения за счет влияния атмосферы.

Пропущенные (сбойные) пиксели могут возникнуть во время съемки или передачи данных, также случается замена значений яркости целой

строки значениями соседней строки. Такие явления могут стать помехой при тематической обработке снимка.

Пропущенные пиксели можно восстановить с определенной погрешностью путем интерполяции. Модуляция изображения (полосатость) проявляется в виде полос, параллельных или перпендикулярных оси изображения, при этом данные полосы представляют собой непостоянные значения яркости, для которых нет некоторого постоянного ошибочного коэффициента или смещения.

Наиболее очевидно полосатость проявляется на изображениях с однородными областями (пустыни, водные объекты, растительность). Разработаны различные методы исправления полосатости: анализ Фурье, метод главных компонент и др.

Кроме того, в настоящее время данная проблема практически устранена в сенсорах новых поколений. Исправление выпавших строк происходит в случае, когда датчик съемочного прибора полностью выходит из строя. В результате на изображении создается полоса с более высокими значениями яркости. Данная проблема наиболее характерна для сенсоров Landsat 4,5 TM.

Выпавшие строки исправляются заменой на предполагаемые значения яркости, основываясь на значениях яркости строк выше и ниже выпавшей. Наличие атмосферы значительно осложняет зависимость между солнечным излучением и излучением, которое определяет датчик.

Корректировка параметров изображения с учетом влияния атмосферы на распространение света осуществляется тремя способами. Во-первых, методом математического моделирования, когда рассеивание в атмосфере и параметры поглощения вычисляются с помощью компьютерных программ (среди которых наиболее популярны LOWTRAN и MODTRAN).

Во-вторых, с помощью калибровки цели, при этом необходимо знать показатели рассеивания с заданной точностью для определенного спектрального диапазона; каждый калибратор должен обеспечивать охват области как минимум в несколько пикселей и настройку на различные атмосферные условия.

В-третьих, путем вычитания темных пикселей. Это самый простой и широко применяемый способ коррекции. Он основан на предположении, что пиксель с наиболее низким радиометрическим показателем яркости в каждой зоне должен быть в действительности нулем, а его ненулевое значение является результатом вызываемых атмосферой аддитивных помех.

Так, например, облака и туманы хорошо видны на фоне воды, так как в красном и инфракрасном участках спектра поверхность воды по своим оптическим характеристикам близка к абсолютно черному телу.

Яркостные преобразования направлены в первую очередь на улучшение визуального восприятия экранного изображения (улучшение яркости, контраста). Конкретные методы, применяемые при этом, определяются решаемой задачей. В зависимости от свойств изображений выделяются яркостные преобразования чёрно-белых (панхроматических) и многозональных снимков.

В первом случае применяются такие методы, как гистограммные преобразования, различные методы фильтрации, устранения шумов, подчёркивания контуров, квантование и цветокодирование. К яркостным преобразованиям многозональных снимков относятся: синтез цветного изображения, математические операции с матрицами значений яркости пикселей, метод главных компонент.

Контрастирование выполняется путем преобразования гистограммы изображения, которая характеризует распределение яркостей на снимке и

показывает, сколько пикселей изображения приходится на каждый из 256 уровней яркости.

Известны 2 подхода к решению задачи контрастирования изображения: первый заключается в растяжении гистограммы (линейное и нормализация), второй – в перераспределении значений яркости (выравнивании гистограммы).

Линейное растягивание гистограммы заключается в растяжении существующего на снимке интервала яркостей и последующего пересчета значений яркости.

Всем значениям яркости присваиваются новые значения с целью охватить весь возможный интервал изменения яркости (0, 255). В случае когда на весь возможный интервал яркостей растягивается лишь отдельный, наиболее интенсивный участок гистограммы, происходит нормализация гистограммы. В процессе выравнивания значения яркости пикселей изменяются таким образом, чтобы для каждого уровня яркости было одинаковое или близкое количество пикселей, т.е. проводится сглаживание изображения[15].

Если основными объектами для анализа являются площадные объекты, актуальным является подавление шума, т.е. устранение мелких деталей, представляющих собой резкие локальные скачки яркости. Для решения данной проблемы используются методы фильтрации. Сглаживающие (низкочастотные фильтры) позволяют снять шум и убрать мелкие детали, что ведет к получению более однородных участков изображения, пригодных для дальнейшей обработки с целью выявления тех или иных объектов, к ним относятся усредняющий и медианный фильтры и преобразование в скользящем окне.

---

[15] Варламенова В.И., Галиновская Т.П. кадастр. Т.6. Географические и земельные информационные системы.-М.: КолосС, 2013. - -400 с.

Высокочастотные фильтры предназначены для выделения или подчеркивания перепадов значений пикселей, что используется при поиске на изображении границ объектов и выявлении различных структур, проявляющихся в виде сдвига или скачка значений элементов изображения.

Квантование часто используют в случаях неопределенных границ, постепенных переходов. При квантовании происходит группировка уровней яркости в несколько относительно крупных ступеней.

В результате такого преобразования получается новое изображение, где мелкие «зашумляющие» снимок детали исчезают, а постепенное изменение яркости заменяется четкой границей и большей отчетливостью в распределении яркостей [5].

Наше зрение различает цвета лучше, чем оттенки серой шкалы, поэтому восприятие квантованных снимков можно еще улучшить, если черно-белую шкалу яркостей заменить цветной, т.е. присвоить выделенным ступеням определенные цвета.

Это преобразование называют цветокодированием. Его использование особенно целесообразно, если количество уровней яркости на квантованном изображении больше 10.

Обычно для кодирования уровней яркости на квантованном изображении используют не более 30 цветов. Принцип синтеза цветного снимка заключается в том, что изображению в каждом из съемочных каналов присваивается свой цвет[16].

Существует несколько моделей формирования цветного изображения. В программах, предназначенных для обработки растровых изображений, чаще других применяется система RGB. Реже используется система IHS, где цвет характеризуется яркостью, тоном и насыщенностью. Наиболее часто для

[16] Поклад Г.Г., Гриднев С.П. - Геодезия (Учебное пособие для вузов). 2007.

синтезирования используются зоны спектра 0,4 – 0,5; 0,5 – 0,6 и 0,6 – 0,75 мкм, которым присваивают соответственно синий, зеленый и красный цвета.

Этот вариант синтеза называют стандартным (натуральная цветопередача). Цветопередачу, близкую к натуральной, можно получить, если комбинацию съемочных каналов и цветов изменить и присвоить инфракрасной зоне зеленый цвет.

Широко распространенным методом преобразования многозональных снимков является определение индексов, т.е. преобразование изображений, основанных на различиях яркости природных объектов в двух или нескольких частях спектра.

Наибольшее количество индексов относится к дешифрированию зеленой, вегетирующей растительности, отделению ее изображения от других объектов, в первую очередь от почвенного покрова и водной поверхности [7].

Часто для этих целей используют нормализованный разностный вегетационный индекс НРВИ, рассчитываемый по формуле: НРВИ = (Bir – Br) / (Bir + Br), где Bir – значение яркости в ближней инфракрасной зоне; Br – в красной зоне.

Значения индекса изменяются в пределах от –1 до +1. Для растительности характерны положительные значения НРВИ, и чем больше ее фитомасса, тем они выше. На значения индекса влияют также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, в меньшей степени экспозиция и угол наклона поверхности.

Известны и другие, более сложные преобразования многозональных снимков, например, преобразование Каута – Томаса (метод «колпак с кисточкой»), метод главных компонент[17].

[17] Мареев Ю.А., Гончаренко В.И., Четин А.И. Общие сведения из геодезии: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 52 с.

При методе «колпака с кисточкой» яркости в трех зонах необходимо представить как оси трехмерного пространства признаков, таким образом, поворотом осей можно добиться того, что растительность и почвы различаются наилучшим образом.

В результате преобразования происходит такая перегруппировка зональных признаков, при которой основная часть информации оказывается сосредоточенной в двух признаках: «яркость», т.е. индекс почвы, и «зеленость», индекс растительности[18].

Смысл метода заключается в преобразовании исходного многозонального снимка путем создания новых зон – компонент, корреляция между которыми практически отсутствует.

Преобразование по методу главных компонент выполняется поворотом системы координат в пространстве исходных спектральных признаков с сохранением эвклидова расстояния между точками.

Если снимок содержит более трех спектральных каналов, можно создать цветное изображение из трех главных компонент, поскольку в типичном многозональном изображении обычно первые два или три компонента способны описать практически всю изменчивость спектральных характеристик.

Остальные компоненты чаще всего подвержены шумовым воздействиям. Отбрасывая эти компоненты, можно уменьшить объем данных без заметной потери информации.

Если объекты малого размера и низкого контраста плохо дешифрируются на исходных снимках, часто хорошо выявляются на изображениях отдельных спектральных компонент.

---

[18] Лопандя А.В., Немтинов В.А. Основы ГИС и цифрового тематического картографирования. Учебно-методическое пособие. 2007.

Такое преобразование проводят для серии разновременных снимков, приведенных в единую систему координат, для выявления динамики, которая ярко проявляется в одной или двух компонентах [5].

Вторая группа методов обработки материалов ДЗЗ касается извлечения информации из обработанных материалов. Данный процесс осуществляется путем логических и арифметических операций, классификаций, линеаментного анализа и других методических приемов. Сюда же следует отнести визуальное дешифрирование изображения на экране компьютера, которое осуществляется с помощью стереоэффекта[19].

Ключевая роль на этапе тематической обработки отводится классификации, суть которой заключается в сортировке пикселей изображения в конечное количество классов, основанных на определенных значениях признаков. Процедура классификации основывается чаще всего на статистическом анализе различных характеристик изображения: пространственных, спектральных или временных.

Выделяют два основных подхода к классификации: пиксельно-ориентированная и объект-ориентированная классификации[20].

Классификация пиксельно- ориентированная объект- ориентированная цельнопиксельная субпиксельная абсолютная относительная основанная на правилах без обучения с обучением итераций или максимальный процент пикселей, не изменивших свой класс во время последней итерации (этот параметр также задается заранее).

Данный метод позволяет хорошо выделять кластеры в соответствии с их спектральными различиями, но требует больших временных затрат на

[19] Серапов М.С. Математическая картография: Учебник для вузов. М.: Издательский центр Академия, 20016. – 336 с.
[20] Тикунчик Л.Ю. Моделирование в картографии. Учебник М. МГУ. 2013. – 405 с.

вычисление, поскольку алгоритм может повторяться много раз и не учитывается пространственная однородность пикселей.[21]

Полученное тематическое изображение может быть использовано для создания предварительного множества классов до выполнения классификации с обучением. Это простой метод кластеризации, требующий незначительных вычислительных затрат.

К недостаткам метода относится то, что результаты кластеризации зависят от меры измерения расстояний (обычно используется евклидово расстояние), количества кластеров и начальных средних значений признаков (центров) кластеров [5].

Среди алгоритмов данной классификации можно отметить следующие способы: параллелепипедов, минимального расстояния, дистанции Махаланобиса и максимального правдоподобия.

Выбор алгоритма классификации определяется наличием априорной информации, качеством используемого снимка, решаемой задачей, а также опытом и интуицией дешифровщика.

Способ параллелепипедов применяют, когда области значения яркости объектов не пересекаются. Это наиболее простой в использовании метод, заключающийся в отнесении пикселей изображения к эталонным классам, полученным в результате анализа гистограммы распределения яркости на изображении[22].

Каждый пиксель относится к тому классу, к которому он может принадлежать с наибольшей вероятностью. При расчете вероятности учитывается яркость пикселя и яркость окружающих его пикселей.

---

[21] Мареев Ю.А., Гончаренко В.И., Четин А.И. Общие сведения из геодезии: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 52 с.

[22] Серапинас. Математическая картография: Учебник для вузов. М.: Издательский центр Академия, 2005. – 336 с.

Данный способ имеет высокую точность, учитывает дисперсию значений признаков классов (как в решающем правиле расстояния Махаланобиса) и не оставляет неклассифицированные пиксели (как в методе минимального расстояния).

Недостатком метода являются значительные вычислительные затраты. В отличие от пиксельно-ориентированной, при использовании объектно-ориентированной классификации не пытаются классифицировать отдельный пиксель, а сосредоточиваются на объектах изображения, которые получены путем предшествующей сегментации снимка.

Объекты оцениваются по их спектральным особенностям, форме и структуре. В дополнение к этому могут быть рассмотрены топологические связи отдельных объектов с их окружением [15].

Полученное тематическое изображение может быть использовано для создания предварительного множества классов до выполнения классификации с обучением. Это простой метод кластеризации, требующий незначительных вычислительных затрат.

К недостаткам метода относится то, что результаты кластеризации зависят от меры измерения расстояний (обычно используется евклидово расстояние), количества кластеров и начальных средних значений признаков (центров) кластеров [5].

Среди алгоритмов данной классификации можно отметить следующие способы: параллелепипедов, минимального расстояния, дистанции Махаланобиса и максимального правдоподобия.

5. РАБОТА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ДАННЫХ

При выполнении индивидуального задания источником исходной информации были космоснимки Yandex.карт, которые были загружены с помощью программы SAS.Planet. Данная программа позволяет использовать и сохранять космические снимки из общедоступных источников на ПК. Во избежание утечек данных, при работе в SAS.Planet по выгрузке космических снимков и других карт необходимо использовать ПК, не подключенный к сетям организации или предприятия.

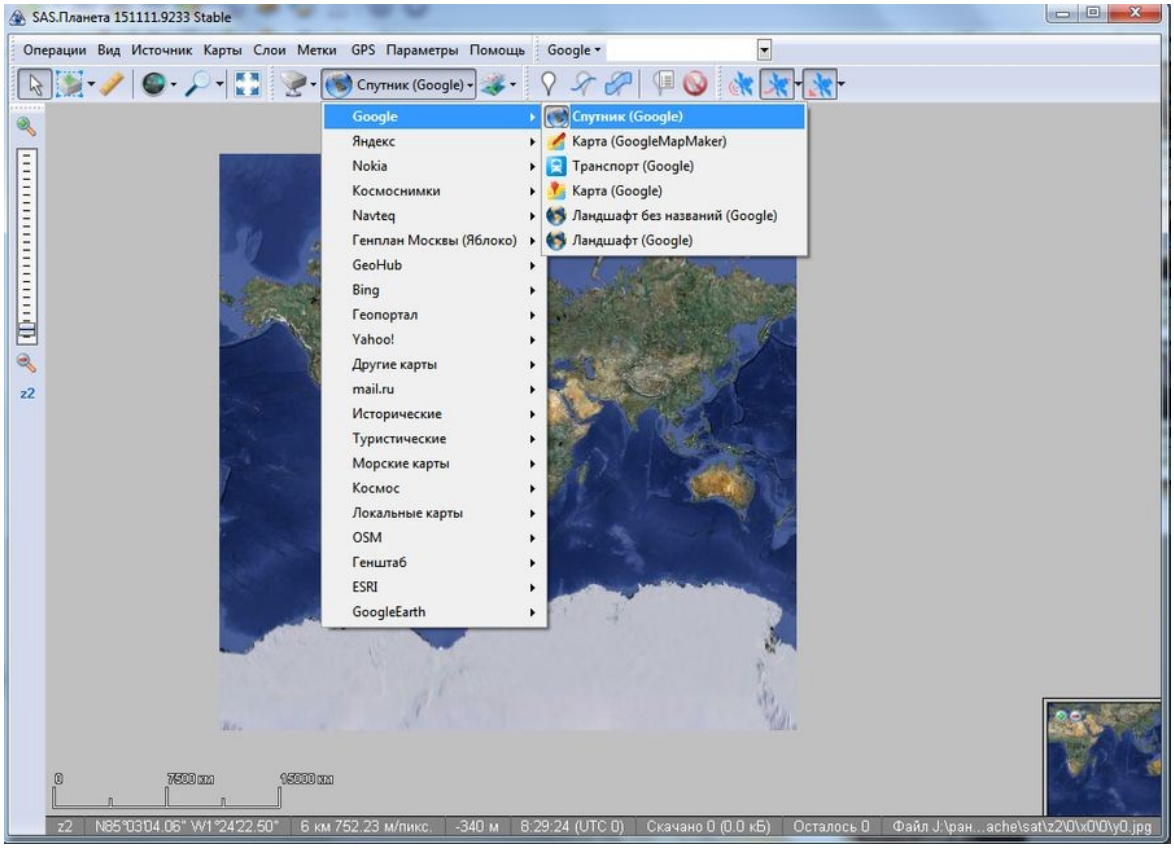

Рисунок 5.1 – Загрузка карт с SAS.Planet

В состав геоинформационной системы СУТСЦ ЛЧ МГ требуется включить электронные картографические материалы, покрывающие всю территорию вдоль исследуемых газопроводов. Технологическая схема

должна содержать основную нитку МГ, ответвления, лупинги, перемычки, запорную арматуру, переходы через естественные и искусственные препятствия и др.

Исходная картографическая информация, материалы аэро и космосъемки должны удовлетворять следующим требованиям:

• векторные карты должны соответствовать по нагрузке топографическим картам масштаба 1 : 25000 (1 : 10000 для отдельных областей при необходимости);

• аэрокосмические снимки должны иметь разрешение 2–2,5 м;

• обзорные векторные карты должны соответствовать по нагрузке топографическим картам масштаба 1 : 1000000 [4].

Загрузка данных из сервера осуществлялась с использованием «MapInfo Professional» 12. Перед загрузкой карты нужно создать соединение с базой данных, в результате в MapInfo была загружена картографическая информация по магистральным газопроводам и отводам.

Сохранить полученные данные в *.tab формате. После нужно конвертировать их в формат Shape: «Tools > Universal Translator > Universal Translator», в появившемся окне меню «File > Translate», в разделе «Reader» выбрать формат «TAB», в «DataSet» путь к файлу, в разделе «Writer» выбрать формат «Esri Shape» и в «DataSet» – каталог для экспорта.

После завершения процесса конвертации были загружены данные в формате «Shape» из папок по магистральным газопроводам в геоинформационную систему ArcGIS.

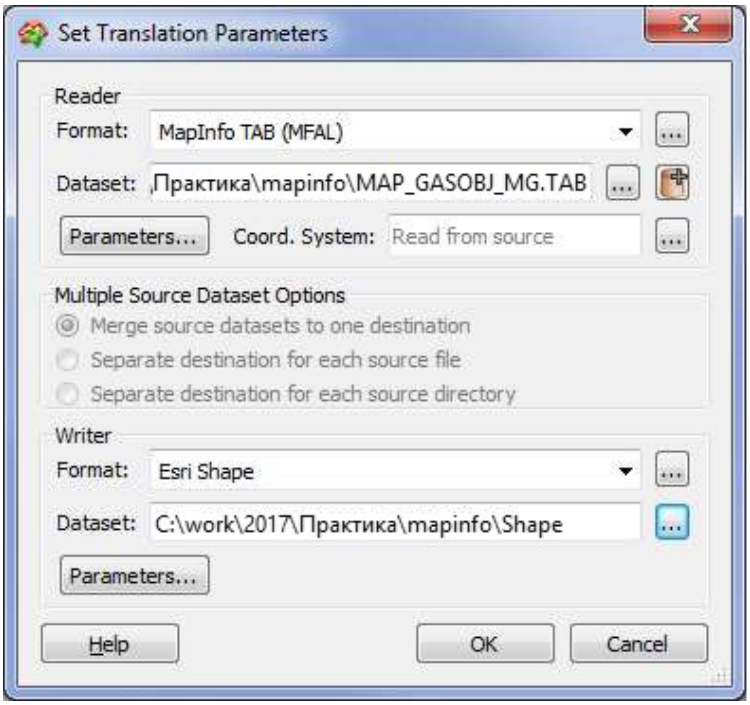

Рисунок 5.2 – Конвертация данных о МГ в формат Shape.

Затем остаётся добавить ранее скачанные карты в проект геоинформационной системы (ГИС).

6. ОЦИФРОВКА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МГ

Если качество исходных данных удовлетворяет требованиям, то можно приступать к оцифровке объектов окружения. Работа происходит в проекте с подгруженными слоями объектов окружения и объектов ГТС.

Слои имеют пространственное (на карте) и атрибутивное (в таблице) представление. Данные слоев представлены классами точечных, линейных, полигональных пространственных объектов.

В состав проектов в ходе практики были включены группы слоев:

- Объекты ГТС
- Окружение
- Подложка (космоснимок)
- Буфер (участок в котором нужно произвести оцифрофку).

В панели слоев Окружение отображаются все типы объектов местности, которые нужно нанести на карту (строения, леса, поля, реки, границы поселений и т.д.).

Для того чтобы создавать векторные данные окружения, нужно подготовить файл буферной зоны с ранее созданными файлами осей газопроводов. Слой «Объекты ГТС» был перепроектирован из системы координат «WGS-84» в координатную систему UTM, с учетом зоны. Без этого возможен рост искажений при построении буферных зон и остальных измерений. Буферные зоны обычно имеют вид красной границы. В пределах которой описывают объекты окружения.

Далее наносились объекты окружения в требуемой зоне. Чтобы добавить объект, нужно выбрать его в списке слоев, нажать на него, затем включить «Режим редактирования» и нанести объект (к примеру, обвести контур поля на космоснимке).

В ArcGIS существует 3 типа объектов: точечные, линейные и площадные (полигоны).

Кратко о них можно сказать так:

1) Точечные объекты – те, которые на карте будут обозначаться одной точкой: опоры ЛЭП, вышки сотовой связи, колодцы и т.п.

2) Линейные объекты – оси газопроводов, дороги, ручьи, ЛЭП.

3) Площадные объекты (полигоны) – те, которые на карте охватывают какую-либо территорию. Например, это поля, леса, строения, озёра или крупные реки.

Перед тем как нанести объект окружения карту, нужно понять, что это за объект: точечный, линейный или площадной и только потом оцифровать этот объект. Типы уже занесены в проект и создаются автоматически.

Вручную нужно выбрать только вид цифруемого объекта.

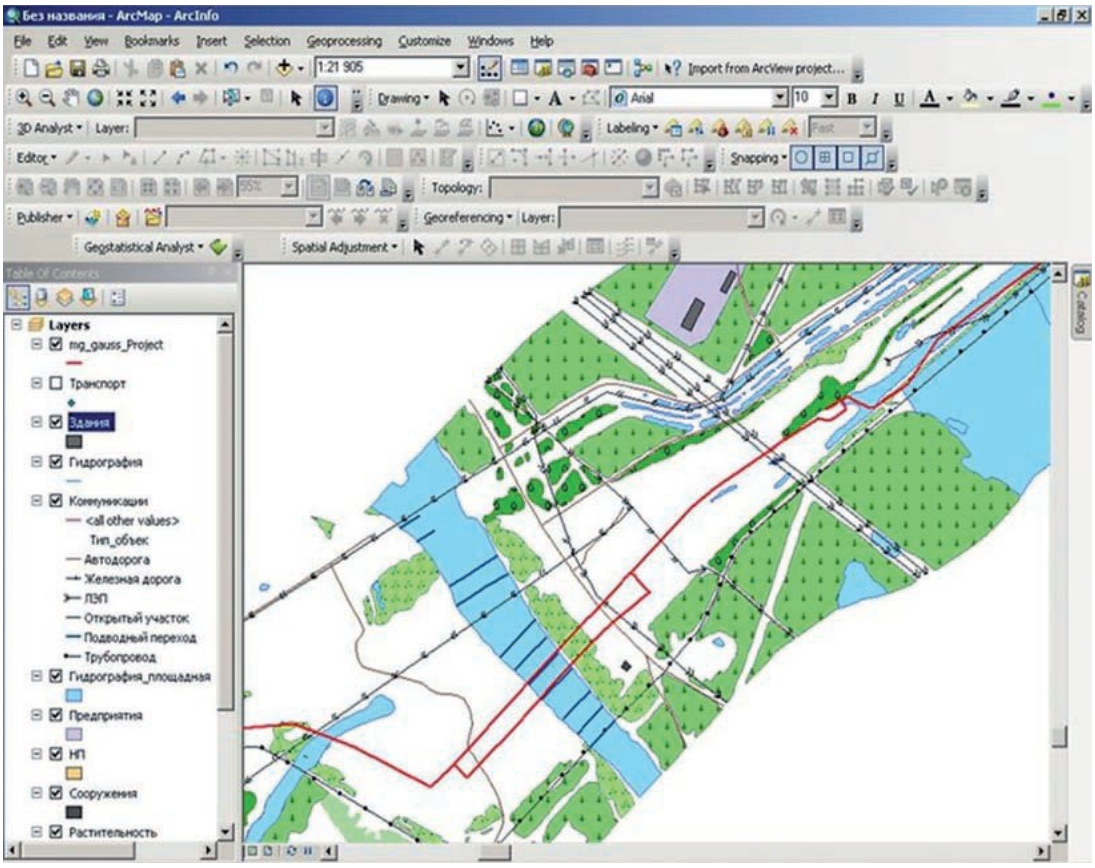

Рисунок 6.1. – Полоса 500 м влево и вправо от оси газопровода с выявленными природными и инфраструктурными объектами

На протяжении всей работы использовался классификатор: Основные слои и содержание таблиц атрибутов для описания газопроводов ГТС ЕСГ ПАО «Газпром» [4].

Для каждого объекта в нём указаны его важные характеристики, тип данных и класс, к которому он относится. Например, содержание таблиц атрибутов для слоя «Строения» включает назначение здания, высоту, материал постройки (см. Приложение 2).

В целом, при оцифровке классификатор оказался очень полезен, особенно когда возникали затруднения с тем, какой атрибут присвоить объекту.

Оцифровка объектов окружения ЛЧ МГ весьма интересный процесс, но очень трудоемкий процесс он требует большой точности и внимания от исполнителя. Все объекты должны быть максимально точно нанесены на карту, а их атрибуты соответствовать реальности и быть актуальными.

Только при высоком качестве выполнения этой работы будет возможно в дальнейшем использовать обработанные данные для расчетов показателей техногенного риска на протяженных участках МГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы было изучено применение ГИС-технологий для целей Системы управления техническим состоянием и целостностью линейной части магистральных газопроводов. Проведена оцифровка объектов окружения ЛЧ МГ в полосе 1 км (500 м вправо и влево от магистрали) и частично заполнены их атрибутивные свойства.

Всего было оцифровано 3 участка магистрального газопровода разной длины:

МГ Оренбург-Самара 0-55 км

МГ Свердловск-Сысерть 0-37 км

МГ Ташла 0-10 км

Однако большую часть атрибутов заполняют работники ЛПУ, основной задачей которых является повышение надежности функционирования объектов и сооружений магистрального газопровода. Заниматься внесением абсолютно всех атрибутов невозможно без знания положения газопровода и его окружения, а специалисты ЛПУ могут лично выехать на МГ и проверить точность расположения объекта.

После проверки обработанные данные загружают в геоинформационную базу, где хранятся все обработанные участки МГ.

Можно сделать вывод, что использование ГИС в данной сфере является очень актуальным. Технология, изученная во время практики, помогает в управлении техническим состоянием и целостностью МГ и в перспективе может сделать работу системы более координированной. Если вся информация о магистральных газопроводах собрана в едином хранилище, будет намного проще оценивать показатели техногенного риска и, по возможности, предотвращать его.

ГИС имеет возможность объединять, накапливать, анализировать поступившую информацию, владеет быстрым поиском требуемых сведений, оценивает все геометрические характеристики расположенных объектов, например, длину улицы, расстояние между имеющимися городами и т.д.

Все цифровые данные можно представить в виде объединенной излученной площадки, которая соответствует пикселю, элементу изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПАО «ГАЗПРОМ» ИНСТРУКЦИЯ по описанию и нанесению объектов ГТС ПАО «Газпром» и объектов их окружения для формирования базы данных пространственной информации согласно методологии СУТСЦ линейной части – Москва, 2016
2. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». – М.: Газпром, 2009. – 378 с.
3. Р Газпром 2-2.3-691-2013. Методика формирования программ технического диагностирования и ремонта объектов линейной части магистральных газопроводов ЕСГ ОАО «Газпром». – М.: Газпром, 2012. – 126 с.
4. Основные слои и содержание таблиц атрибутов для описания газопроводов ГТС ЕСГ ПАО «Газпром»
5. Берлянтиневская Д.П. Математическая основа карт. Глава III. Картография. Учебник для вузов. Аспект Пресс. Москва. 2013.– 70 с.
6. Билева Ж.Р. Васмутик Ж.К. Проектирование и составление карт.
7. Бугаевик М.И. Математическая картография: Учебник для вузов.- М.: 2011.-400 с.
8. Бугаевик Л.И., Цветкова Р.М. Геоинформационные системы: Учебное пособие для вузов. - М.:2011. - 222 с.
9. Варламенова В.И., Галиновская Т.П. кадастр. Т.6. Географические и земельные информационные системы.-М.: КолосС, 2013. --400 с.
10. Веренкова Д.Т. Топографические карты. Научные основы содержания. М. МАИК. Наука. 2012.-319 с.

11. Закатикова А.В. Курс высшей геодезии. Изд. 4, перераб. И доп. М., Недра, 2016. 511 с.

12. Замайская Т.И. Программное обеспечение и технологии геоинформационных систем: Учеб. пособие / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2015. 110 с.

13. Лебедова А.В. Картографические проэкции: Методическое пособие. Новосибирский учебно-методический центр по ГИС и ДЗ.и.

14. Лопандо Д.П., Немтиновка З.К. Основы ГИС и цифрового тематического картографирования. Учебно-методическое пособие. 2013.

15. Мареевко В.П., Гончаренко Л.Е., Четинко П.Р. Общие сведения из геодезии: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2015. – 52 с.

16. Овчаров С.В. О сборе и подготовке данных по объектам окружения для целей Системы управления техническим состоянием и целостностью линейной части магистральных газопроводов/ С.В. Овчаров, Ю.Ю. Петрова // Вести газовой науки: Управление техническим состоянием и целостностью газопроводов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014. – № 1 (17). – С. 61–65.

17. Покладкина Т.Т., Гридовская П.Р. - Геодезия (Учебное пособие для вузов). 2014.

18. Серапов М.С. Математическая картография: Учебник для вузов. М.: Издательский центр Академия, 20016. – 336 с.

19. Тикунчик Л.Ю. Моделирование в картографии. Учебник М. МГУ. 2013. – 405 с.

20. Шашик Шекхарки, Санжейн Чаулан. Основы пространственных баз данных. Пер. с англ.-М.:КУДИЦ-ОБРАЗ, 2012.-336 с.

21. Francis J. Pierce, David Clay. GIS Applications in Agriculture. 2011

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Основные слои и содержание таблиц атрибутов для описания газопроводов ГТС ЕСГ ПАО «Газпром»

N п/п	Слой	Описание поля	Имя поля	Тип	Класс пространственных объектов	Примечание
1	GTS_pipeline Магистральные газопроводы	Тип объекта	Type_obj	TEXT	Линия	Магистральные газопроводы
		Наименование газопровода по ИСТС "Инфотех"	Name	TEXT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Код газопровода в ИСТС "Инфотех"	ID_inf	LONG INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Км начала	Km_begin	DOUBLE		
		Км конца	Km_end	DOUBLE		
		Протяженность, км	Length	DOUBLE		Протяженность в км
		Км начала эксплуатационный	Km_beg_exp	DOUBLE		
		Км конца эксплуатационный	Km_end_exp	DOUBLE		
		Протяженность эксплуатационная, км	Length_exp	DOUBLE		Протяженность в км
		Код участка газопровода в ИСТС "Инфотех"	IDinfotech	LONG INT		Код участка в соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Способ прокладки	Pipelining	TEXT		Надземный, наземный, подземный, подводный, другой
		Диаметр, мм	D_n	INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Толщина стенки, мм	W_st	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Давление проектное, ати	P_proj	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Давление испытательное, ати	P_test	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Давление разрешенное раб., ати	P_work	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Год ввода в эксплуатацию	Year_start	INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Год последнего испытания	Year_test	INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Охранная зона от оси, м*	Prot_zone	INT		
		Зона МДР от оси, м *	MDR_zone	INT		
		Стоимость объекта (балансовая), руб.	Cost	LONG INT		
		Год оценки	Year_cost	INT		
		Дочернее общество	DO	TEXT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		ЛПУ	LPU	TEXT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Дата внесения	Date_in	TEXT		
		Дата изменения	Date_upd	TEXT		
		Дата снимка	Date_pict	TEXT		Данные по снимку или исходным материалам
		Топокод РК	Topodesc	INT		Значение топокода для Расчетного комплекса: 93111100
		Примечание	Note	TEXT		

5	GTS_pipeline_other Газопроводы прочие	Тип объекта	Type_obj	TEXT	Линия	Прочие трубопроводы: шлейфы КС, технологические газопроводы и прочие (указать какие)
		Наименование объекта по ИСТС "Инфотех"	Name_obj_i	TEXT		Наименование объекта в соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Код объекта в ИСТС "Инфотех"	IDinfotech	LONG INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Наименование газопровода по ИСТС "Инфотех"	Name	TEXT		Наименование основного газопровода в соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Код газопровода в ИСТС "Инфотех"	ID_inf	LONG INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Км подключения	Km_connect	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Км начала	Km_begin	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Км конца	Km_end	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Протяженность, км	Length	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Км подключения эксплуатационный	Km_con_exp	DOUBLE		
		Км начала эксплуатационный	Km_beg_exp	DOUBLE		
		Км конца эксплуатационный	Km_end_exp	DOUBLE		
		Протяженность эксплуатационная, км	Length_exp	DOUBLE		
		Способ прокладки	Pipelining	TEXT		Надземный, наземный, подземный, подводный, другой
		Диаметр, мм	D_n	INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Толщина стенки, мм	W_st	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Давление проектное, ати	P_proj	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Давление испытательное, ати	P_test	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Давление разрешенное раб., ати	P_work	DOUBLE		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Год ввода в эксплуатацию	Year_start	INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Год последнего испытания	Year_test	INT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Охранная зона от оси, м*	Prot_zone	INT		
		Зона МДР от оси, м*	MDR_zone	INT		
		Стоимость объекта (балансовая), руб.	Cost	INT		
		Год оценки	Year_cost	INT		
		Дочернее общество	DO	TEXT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		ЛПУ	LPU	TEXT		В соотв. с ИСТС "Инфотех"
		Дата внесения	Date_in	TEXT		
		Дата изменения	Date_upd	TEXT		
		Дата снимка	Date_pict	TEXT		
		Топокод РК	Topodesc	INT		Значение топокода для Расчетного комплекса: 93111100
		Примечание	Note	TEXT		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основные слои и содержание таблиц атрибутов для описания окружения газопроводов ГТС ЕСГ ПАО «Газпром»

№ п/п	Слой	Описание поля	Имя поля (сокращен.)	Имя поля (полное)	Тип	Класс пространственных объектов	Примечание		
							Топокод	Название	Возможные значения полей
1	Buildings_25K_A Строения	Назначение здания	BuildingPu	BuildingPurpose	INT	Полигон			1 Жилое 2 Административное 3 Торговое 4 Офисное 5 Образовательное (школа, ВУЗ и т.п.) 6 Медицинское (больница, поликлиника, дом престарелых) 7 Рекреационное (дом отдыха, санаторий, детлагерь, гостиница) 8 Культурно-просветительное 9 Для массовых зрелищных мероприятий 10 Промышленное 11 Прочие строения

		Профиль производства **	Manufactur	Manufacture	INT				1 Нефтегазовая и химическая промышленность 2 Машиностроение (цех) 3 Легкая промышленность, деревообработка (цех), горнодобывающая промышленность 4 Пищевая промышленность (цех) 5 Животноводческая ферма 6 Птицеферма, звероферма 7 Элеватор, склад растительного сырья 8 Плодоовощная база 9 Железнодорожный объект (депо) 10 Гараж (автопарк), ангар 11 Теплицы 12 Склад с/х инвентаря, сарай
		Высота здания, м*	Height	Height	INT				
		Этажность	Floors	Floors	INT				
		Общее количество людей, чел.*	Population	Population	INT				

		Основной материал постройки	Material	Material	INT				1 Дерево 2 Кирпич (пенобетон, газобетон) 3 Железобетон 4 Сэндвич-панели на металлокаркасе 5 Листовой металл 6 Стекло (пластик) на металлическом или деревянном каркасе 7 Антисейсмическая конструкция
		Подпись объекта на карте *	Label	Label	TEXT				
		Площадь, кв. м *	Area_	Area_	INT				
		Год ввода в эксплуатацию *	YearCommis	YearCommiss	INT				
		Топокод	Topodesc	Topodesc	INT		43200000	Строения	
		Дата внесения*	Date_in		TEXT				
		Дата изменения*	Date_upd		TEXT				
		Дата снимка*	Date_pict		TEXT				
		Стоимость объекта, руб.*	Cost		DOUBLE				В соответствии с Приложением 3.
		Год оценки*	Year_cost		INT				
		Примечание*	Note		TEXT				

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

