

**ПРИОРИТЕТНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ОБРАЗОВАНИЕ»
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ**

В.М. ЕЛИСЕЕВ, О.В. ГАВРИЛОВА

**ФОРМИРОВАНИЕ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ПРИВЯЗАННЫХ
ЛОКАЛЬНЫХ ГИС
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ**

Учебное пособие

Москва

2008

**«Создание комплекса инновационных образовательных программ
и формирование инновационной образовательной среды,
позволяющих эффективно реализовывать государственные интересы РФ
через систему экспорта образовательных услуг»**

Экспертное заключение –

кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента экологического туризма
Российской международной академии туризма *Н.А. Ларичкина*

Елисеев В.М., Гаврилова О.В.

Формирование пространственно-привязанных локальных ГИС для целей картографирования: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 162 с.

В пособии рассматриваются технологии сбора и обработки информации, являющейся основой формирования пространственно-привязанных геоинформационных систем. Особое внимание уделяется описанию функционирования глобальной системы спутникового позиционирования для пространственной привязки данных. Рассматриваются вопросы оценки точности полученных результатов.

В пособии приводятся топологические основы пространственно-привязанных ГИС и требования к соблюдению топологических связей на стадии сбора пространственной координатно-объектной информации. Излагаются принципы полевого кодирования информации и кодирования с атрибутами, а также требования, предъявляемые к программному обеспечению для формирования основы пространственно-привязанной ГИС, задачи, решаемые с использованием соответствующего программного обеспечения. Рассматриваются перспективы совершенствования технологий сбора координатных и семантических данных, использования интегрированных и роботизированных технологий.

Для студентов, бакалавров и магистров, обучающихся по направлению «Геология и разведка полезных ископаемых», специализации «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений».

Учебное пособие выполнено в рамках инновационной образовательной программы Российского университета дружбы народов, направление «Комплекс экспортноориентированных инновационных образовательных программ по приоритетным направлениям науки и технологий», и входит в состав учебно-методического комплекса, включающего описание курса, программу и электронный учебник.

Оглавление

1. Введение.....	8
1.1. Понятие о географической информационной системе.....	8
1.2. Координатная основа ГИС. Системы координат.....	12
1.3. Местные системы координат.....	13
1.4. Системы высот.....	14
1.5. Понятие о трансформации.....	16
1.6. Картографические проекции и координаты на плоскости.....	17
1.6.1. Зональная система плоских прямоугольных координат.....	18
1.6.2. Поперечная проекция Меркатора.....	20
1.6.3. Универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM).....	21
1.6.4. Проекция Ламберта.....	22
2. Система глобального спутникового позиционирования (GNSS).....	23
2.1. Общие сведения.....	23
2.2. Структура системы спутникового позиционирования.....	24
2.2.1. Космический сегмент.....	24
2.2.2. Наземный сегмент – сегмент управления.....	25
2.2.3. Сегмент пользователя.....	25
2.3. Краткий обзор методов определения координат с помощью системы GNSS.....	26
2.4. Принцип пространственной линейной засечки.....	26
2.5. Источники ошибок.....	28
2.5.1. Ионосферные и атмосферные задержки.....	29
2.5.2. Ошибки часов спутника и приемника.....	30
2.5.3. Ошибки из-за переотражения сигнала.....	30
2.5.4. Геометрическое снижение точности.....	30
2.6. Дифференциальное координирование (DGPS).....	31
2.7. Дифференциальные фазовые GPS-измерения и разрешение неоднозначности.....	33

2.7.1. Фаза несущей, C/A и P коды.....	34
2.7.2. Неоднозначность и разрешение неоднозначности.....	35
3. Методики GNSS-наблюдений.....	36
3.1. Краткий обзор методов.....	36
3.1.1. Статика.....	37
3.1.2. Измерения быстрой статикой.....	38
3.1.3. Кинематические измерения.....	39
3.1.4. RTK измерения.....	40
3.2. Классификация приемников.....	42
3.3. Аппаратное обеспечение сбора ГИС-данных с помощью GNSS-оборудования.....	43
3.3.1. Одночастотный приемник Leica GS20 PDM.....	43
3.3.2. Двухчастотный GNSS-приемник Leica GX1230 GG.....	46
4. Система постоянно действующих базовых станций.....	49
4.1. Постоянно действующая базовая станция (CORS) и сеть.....	49
4.2. Использование базовых станций.....	50
4.2.1. Геодезическое обеспечение для топографии, строительства, картографии, кадастра и т.д.....	50
4.2.2. Мониторинг земной коры, природных и искусственных объектов.....	51
4.2.3. Управление механизмами.....	52
4.2.4. Сбор данных для ГИС.....	52
4.2.5. Бесконечные возможности.....	53
4.3. Возможности базовой станции или сети базовых станций.....	53
4.3.1. Выбор подходящего места.....	55
4.4. GPS-приемники, GPS-антенны, кабели.....	56
4.4.1. GPS-приемники.....	56
4.4.2. GPS-антенны.....	57
4.4.3. Антенные кабели.....	58

4.4.4. Источники питания для приемников.....	58
4.5. Программное обеспечение для базовой станции GPS и головной компьютер (сервер).....	60
4.6. Необходимость надежных средств связи.....	61
4.7. Обработка базовых линий между станциями.....	63
4.8. Спутниковая система точного позиционирования Москвы и Московской области.....	65
5. Создание основы для пространственно привязанной ГИС на основе метода электронной тахеометрии.....	67
5.1. Основные требования, предъявляемые к электронным тахеометрам.....	68
5.2. Электронный тахеометр Leica TPS 1200.....	71
5.2.1. Главные компоненты системы.....	71
5.2.2. Технические характеристики.....	72
5.2.3. Клавиатура прибора.....	73
5.2.4. Основные клавиши и их функции.....	74
5.2.5. Иконки статуса прибора и настроек.....	74
5.2.6. Устройства для хранения данных.....	76
5.2.7. Идеология системы: проекты и наборы настроек.....	76
5.2.8. Измерение и запись результатов.....	78
5.2.9. Главное меню.....	78
5.2.10. Управление данными (менеджер данных).....	79
5.2.11. Работа с линейными и площадными объектами.....	80
5.2.12. Конфигурации (Конфиг...).....	80
5.2.13. Настройки инструмента.....	82
5.2.14. Общие настройки.....	83
5.2.15. Быстрые настройки.....	84
5.2.16. Интерактивный графический дисплей.....	85

6. Бортовое программное обеспечение электронного тахеометра	
Leica TPS 1200.....	87
6.1. Общие положения.....	87
6.2. Бортовая программа Съёмка.....	88
6.3. Бортовая программа Установка.....	89
6.4. Бортовая программа COGO – решение задач координатной геометрии.....	90
6.4.1. Обратная задача.....	90
6.4.2. Прямая задача.....	91
6.5. Обмен данными между тахеометром и компьютером.....	92
6.5.1. Передача данных из тахеометра в компьютер.....	92
6.5.2. Передача данных из компьютера в тахеометр.....	93
7. Вопросы автоматизации измерений.....	95
7.1. ATR – система автоматического распознавания цели	96
7.2. PowerSearch (PS) – система поиска отражателя.....	98
7.3. Слежение за движущейся призмой. Захват цели.....	99
7.4. Работа в роботизированном режиме.....	99
8. Топологические связи в ГИС.....	101
9. Принципы полевого кодирования объектов ГИС.....	103
9.1. Передача кодов в офисное программное обеспечение.....	104
9.2. Передача атрибутов в офисное программное обеспечение.....	105
9.3. Использование кодов и атрибутов на примере офисного программного обеспечения Marsuite+.....	106
10. Обзор офисного программного обеспечения для формирования основы пространственно привязанной ГИС.....	109
10.1. Программы для обработки и уравнивания данных спутниковых измерений.....	110
10.2. Программное обеспечение для создания топографической пространственно привязанной основы.....	113

10.2.1. Программа Mapsuite+ (SMT Datatechnik, Швеция).....	113
10.2.2. ГЕОграф профессиональная система фирмы ННК Datatechnik GmbH (Германия).....	118
10.2.3. CREDO Топоплан (Компания Кредо-Диалог) – создание цифровых моделей местности и выпуск топографических планов.....	119
10.3. Программы для сбора данных и полевого картографирования....	120
10.3.1. Ключевые особенности программы Leica MobileMatrix.....	124
10. 4. Комплексное программное обеспечение.....	126
10.4.1. Полнофункциональная Географическая информационная система ArcGIS (ESRI).....	126
10.4.2. Полнофункциональная Геоинформационная система MapInfo.....	127
10.4.3. AutoCAD Map 3D – техническая ГИС-платформа, объединяющая ГИС и САПР.....	130
11. Возможность применения методов фотограмметрии и лазерного сканирования в качестве источника пространственных данных для формирования локальной ГИС.....	132
12. Перспективы развития и совершенствования ГИС-технологий.....	137
12.1. Информационные ресурсы.....	138
12.2. Организационная структура.....	140
12.3. Нормативно-правовое обеспечение.....	140
12.4. Технологии и технические средства.....	141
12.5. Этапы реализации Концепции.....	141
Использованная литература.....	144
Описание курса и программа	147

1. Введение

1.1. Понятие о географической информационной системе

С одной стороны, геоинформатика – это научная дисциплина, изучающая геоинформационные системы (их структуру, связи, динамику, функционирование в пространстве) посредством компьютерного моделирования. С другой точки зрения, геоинформатика – это технология сбора, обработки, представления и распространения пространственно-координированной (привязанной) информации об объектах, процессах и явлениях на Земле и об их свойствах с целью решения разнообразных аналитических задач [21].

Исходными сведениями для анализа являются геопространственные данные. Они могут иметь различный территориальный охват от локального до регионального и общенационального уровня. Геопространственные данные являются основой для формирования и функционирования географических информационных систем (ГИС).

Под ГИС понимается автоматизированная система, основанная на базе геоинформационных данных и обеспечивающая сбор, обработку, хранение, моделирование, анализ и отображение данных, решение информационных и расчетных задач с использованием цифровой картографической, аналоговой и текстовой информации об объектах земной поверхности, природных и общественных явлениях реального мира. В зависимости от территориального охвата, ГИС могут быть глобальными и локальными (региональными, городскими, муниципальными).

Данные реального мира, отображаемые в ГИС, следует рассматривать с точки зрения пространственных, временных и тематических свойств. Пространственные свойства данных связаны с определением местоположения объекта, т. е. с привязкой к конкретным территориям

(в том числе и локальным). Поскольку объектам свойственно изменяться во времени, информация в системе должна быть, во-первых, актуальной и, во-вторых, иметь временную привязку, т. е. должна быть отнесена к некоторому временному срезу. Тематический аспект определяется конкретными решаемыми данной системой задачами.

В ГИС используются данные двух типов: координатные и атрибутивные. Координатные данные – пространственная привязка объектного наполнения ГИС к выбранной системе координат. Характеристики объектов во времени и по тематике представляют собой атрибутивную информацию.

Для формирования и функционирования ГИС большое значение имеет выбранная ГИС-оболочка, т. е. программное обеспечение, предназначенное для создания конкретной ГИС и осуществления функций ГИС, создаваемой на его основе; ГИС-оболочка базируется, как правило, на известной операционной системе.

При создании ГИС выделяют следующие производственные процессы [14]:

1. Проектирование ГИС – процесс, заключающийся в определении объектного состава ГИС, состава информационного обеспечения и функциональных возможностей, в выборе ГИС-оболочки и установочных параметров системы.
2. Создание информационного обеспечения ГИС – процесс, заключающийся в реализации решений по видам, объемам, размещению и формам организации информации, циркулирующей в ГИС при ее функционировании в рамках ГИС-оболочки.
3. Тематическое моделирование (для ГИС) – процесс, заключающийся в моделировании (в рамках создаваемой ГИС) задач, решения которых необходимы при эксплуатации ГИС.

4. Решение задач запросно-справочного характера (для ГИС) – процесс, заключающийся в использовании возможностей интерфейса ГИС-оболочки и в разработке дополнительных программных средств для создания и применения поисковых процедур в базах данных ГИС и вывода результатов поиска в требуемой форме.
5. Создание интеллектуализированных инструментариев обработки (для ГИС) – процесс формирования различных моделей земной поверхности и моделей процессов, с ней связанных, а также экспертных систем, необходимых при эксплуатации ГИС.

При создании ГИС выделяются следующие технологические этапы:

1. Обследование объекта ГИС, т. е. определение картографической изученности и состава имеющейся тематической информации об объекте.
2. Проектирование (состава и структуры) информационного обеспечения ГИС, т.е. разработка информационного обеспечения с учетом конкретной ГИС-оболочки, назначения и содержания конкретной (в частности локальной) ГИС.
3. Создание базовой карты ГИС, т.е. специальной цифровой карты или выбор необходимого картографического материала и его цифрование.
4. Формирование объектного состава ГИС – осуществление ввода специфической графической и семантической информации под конкретную ГИС- оболочку.
5. Формирование аналитического аппарата (графических данных) ГИС, т. е. создание специальных аналитических возможностей программного обеспечения конкретной ГИС для получения цифровых или графических характеристик местности и ситуации.

6. Создание трехмерных моделей для целей ГИС, т.е. мультимедийных электронных карт как трехмерных моделей, допускающих просмотр объектов, скрытых рельефом.

Как следует из сказанного выше, одним из важных этапов формирования пространственно привязанной ГИС является создание базовой цифровой карты.

Под цифровой картой [13] понимается цифровая картографическая модель, сформированная в принятой для карт проекции, системе координат и высот, условных знаков и способов изображения в соответствии с правилами картографической генерализации. Генерализация – это отбор и обобщение изображаемых на карте объектов соответственно назначению, масштабу и содержанию карты, а также особенностям картографируемой территории. Содержание цифровой карты должно соответствовать содержанию карты определенного вида и масштаба.

Сбор информации для формирования базовой цифровой карты ГИС ведется различными путями и с использованием разных технологических схем. Пространственно привязанная информация может быть получена в полевых условиях с использованием системы спутникового позиционирования, традиционных наземных топографо-геодезических технологий (в частности, электронной тахеометрии и различных методов нивелирования) и посредством дальнейшей обработки результатов полевых измерений, а также в камеральных условиях путем цифрования существующих картографических материалов и данных аэрокосмических съемок. В последнем случае выполняется растрово-векторное преобразование данных (векторизация), т. е. переход к объектному пространственно привязанному представлению данных.

Данное пособие в большей своей части посвящено методам сбора информации для локальной ГИС, методам обработки собранной

информации для объединения разнородной пространственно привязанной информации в единой базовой цифровой карте.

1.2. Координатная основа ГИС. Системы координат

При сборе информации для ГИС необходимо выполнять пространственную привязку объектов, которые попадают в систему. Методы сбора пространственно привязанных данных могут быть различными. Однако особую значимость приобретает понятие о системах координат, используемых в ГИС.

Хотя Земля и может показаться однородной сферой, если взглянуть на неё из космоса, однако ее поверхность далека от равномерной. В качестве первичной может использоваться глобальная система геодезических координат, в основе которой лежит эллипсоид. Эллипсоид (также называемый сфероидом) – это сплюснутая с полюсов сфера (рис.1).

Эллипсоид выбран потому, что он больше всего похож на сферу Земли. Земной эллипсоид не имеет никакой физической поверхности, но является поверхностью математически определенной.

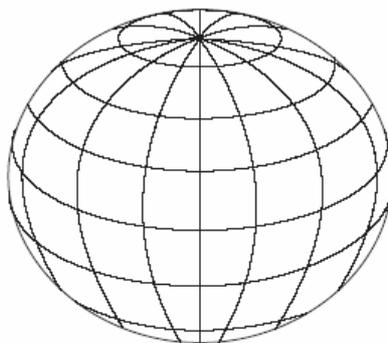


Рис.1. Общеземной эллипсоид

Фактически существует множество эллипсоидов или математических определений земной поверхности. Эллипсоид, используемый, например, для определения координат с помощью системы спутникового позиционирования, называется WGS84 или Всемирной геодезической системой 1984.

Точка на поверхности земли (не поверхность эллипсоида) может быть определена координатами: широтой, долготой и эллипсоидальной высотой.

Альтернативный метод определения положения точки – это декартова (прямоугольная) система координат. В ней координатами являются отрезки по осям координат X, Y, и Z от начала координат или центра сфероида (рис. 2). Этот метод прежде всего используется GPS для определения положения точки в пространстве.

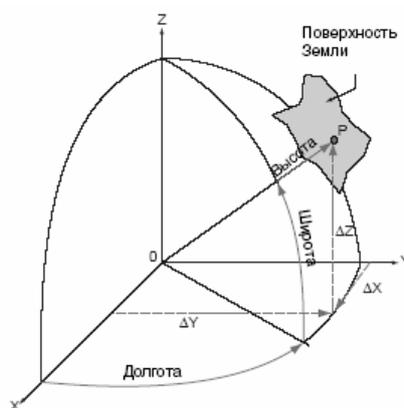


Рис.2. Определение координат точки «Р» в системах геодезических и декартовых координат

1.3. Местные системы координат.

Как система геодезических координат, система местных координат или координат, используемых для выполнения работ в различных государствах, основана на местном (референц) эллипсоиде, наилучшим образом представляющим фигуру Земли (геоид) в районе проведения работ. Обычно эти координаты проектируются на плоскость для получения прямоугольных координат.

Референц-эллипсоиды, используемые в большинстве местных систем координат, во всем мире были определены много лет назад, еще до появления методов космической геодезии. Создание этих эллипсоидов имело целью получить поверхность, наилучшим образом представляющую

локальную территорию, но их нельзя было применять в других регионах Земли. Поэтому каждая страна определила свою собственную картографическую проекцию и соответствующую ей пространственную систему координат, основанную на референц-эллипсоиде (рис. 3).

При использовании системы спутникового позиционирования вычисляются координаты относительно эллипсоида WGS84. Существующие каталоги координат обычно составлены из координат в местной системе, и поэтому GPS координаты должны быть преобразованы в эту местную систему.

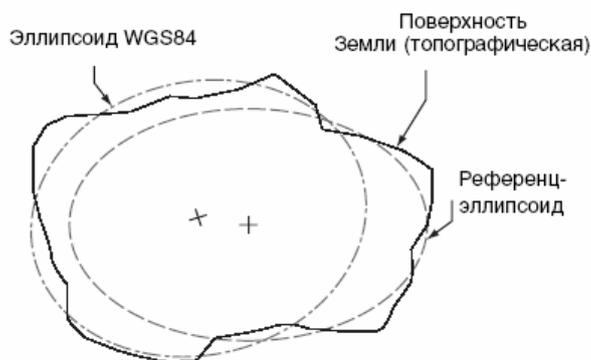


Рис.3. Зависимость между эллипсоидами и земной поверхностью

1.4. Системы высот

Все высоты, измеренные с помощью системы спутникового позиционирования, относятся к поверхности эллипсоида WGS84. Они называются эллипсоидальными высотами.

В существующих каталогах обычно указаны ортометрические высоты (отметки), измеренные относительно среднего уровня моря. Средний уровень моря соответствует поверхности, называемой геоидом (рис. 4). Геоид – это фигура Земли, ограниченная поверхностью Мирового океана, не возмущенного приливами, мысленно продолженная под материками так, что в любой точке эта поверхность перпендикулярна направлению отвесной линии. Геоид может быть определен как

эквипотенциальная поверхность, т. е. в любой точке на поверхности геоида сила тяжести имеет постоянное значение. Геоид имеет сложную форму и не соответствует эллипсоиду.

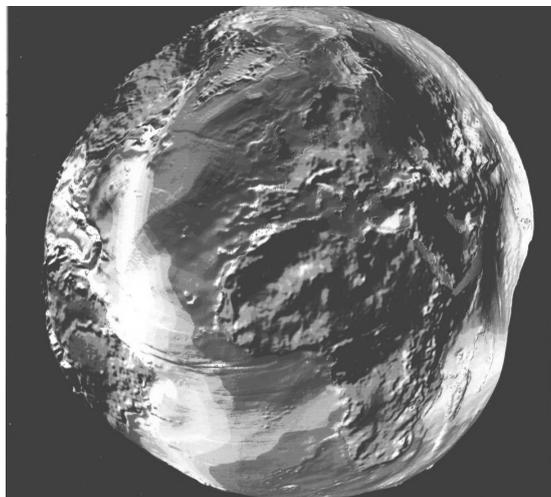


Рис. 4. Модель геоида

Зависимость между геоидом, эллипсоидом и земной поверхностью показана на рис. 5.



Рис.5. Зависимость между ортометрической и эллипсоидальной высотами

Поскольку на большинстве существующих картографических материалах указаны ортометрические высоты (относительно геоида), то высоты, полученные с помощью системы спутникового позиционирования, должны быть преобразованы из эллипсоидальных в ортометрические. На относительно равнинных территориях поверхность геоида можно принять за сравнительно равномерную. В таких регионах с

помощью определенных методов преобразования можно создать модель высот, по которой возможно интерполировать эллипсоидальные высоты.

1.5. Понятие о трансформации

Цель трансформации состоит в том, чтобы преобразовать координаты из одной системы в другую. Существуют несколько различных методов трансформации. Процесс выполнения полевых работ для определения параметров трансформации для каждого из методов один и тот же.

Во-первых, необходимо иметь координаты в обеих системах координат (т. е. в WGS84 и в местной системе), по крайней мере, трех (а лучше - четырех) общих пунктов. Чем больше общих пунктов будет включено в вычисления, тем больше будет избыточность, необходимая для выявления ошибок.

Общие пункты (т. е. пункты с координатами в обеих системах) мы получим, выполнив измерения на пунктах с известными местными координатами и ортометрическими высотами (например, на пунктах существующих геодезических сетей).

После этого можно вычислить параметры только в зоне, ограниченной общими пунктами. Для трансформации координат точек вне этой зоны вычисленные параметры использовать нельзя. Для этих точек нужно выполнить новую трансформацию, включив в обработку только соответствующую часть точек, использованных ранее. Трансформация имеет отношение только к точкам в пределах зоны ограниченной общими пунктами.

При трансформации по Гельмерту (рис. 6) по 7 параметрам выполняется строгое математическое преобразование. Для того чтобы трансформировать координаты из одной системы в другую, должно быть известно положение относительно друг друга начала координат и осей

эллипсоида. По этой информации может быть определено пространственное смещение по осям X, Y, Z начала одной системы координат относительно начала координат другой системы, затем - разворот осей X, Y, Z и измерение масштаба при переходе от одного эллипсоида к другому.

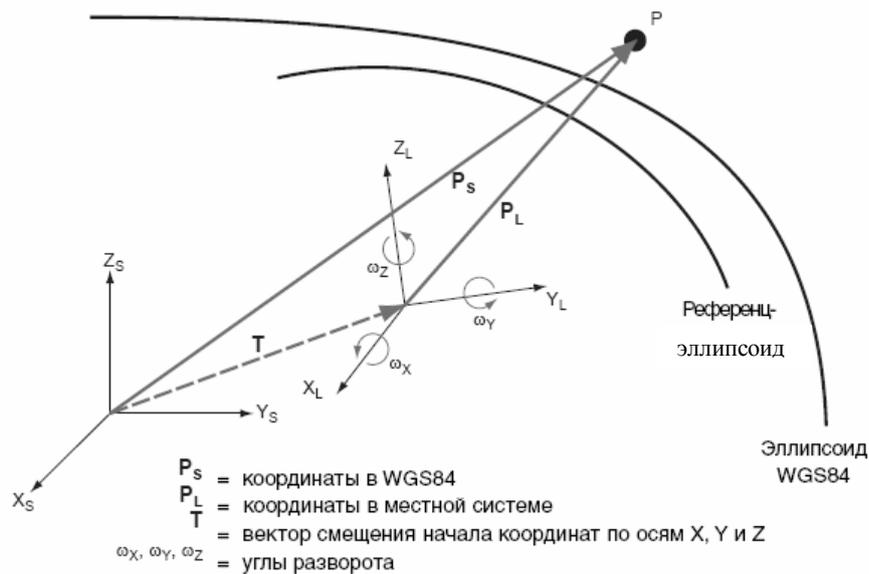


Рис. 6. Трансформация Гельмерта по 7 параметрам

1.6. Картографические проекции и координаты на плоскости

Большая часть информации для ГИС собирается в прямоугольной системе координат. Это означает, что положение точки определяется координатами Northings (x), Eastings (y) и ортометрической высотой (высота над уровнем моря). Картографические проекции позволяют представлять трехмерные криволинейные поверхности на плоском листе бумаги. Такие картографические проекции выглядят как плоскости, но фактически определяют математический алгоритм для перевода координат с эллипсоида на плоскость.

Процесс проецирования на плоскость представлен на рис. 7. Точки с поверхности эллипсоида проецируются на плоскую поверхность по направлению от центра эллипсоида. Схема также отражает проблему, заключающуюся в том, что невозможно перенести без искажений линии с

эллипсоида на плоскость. Искажения отсутствуют только там, где плоскость пересекает эллипсоид (точки c и g).

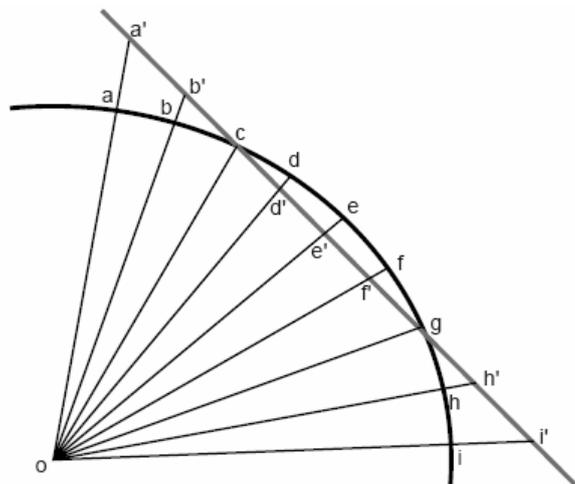


Рис. 7. Основная идея картографической проекции

1.6.1. Зональная система плоских прямоугольных координат

В России для топографических карт принята равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса - Крюгера, а прямоугольные координаты точек, вычисленные в ней, называются координатами Гаусса - Крюгера. Проекция Гаусса - Крюгера получается при проецировании земного эллипсоида на поверхность цилиндра, касающегося Земли по какому-либо меридиану. С целью уменьшения искажений длин линий Гаусс предложил предварительно поверхность Земли по долготе разделить меридианами на шестиградусные зоны и каждую зону проектировать на поверхность цилиндра отдельно.

При разворачивании цилиндра в плоскость осевой (центральный, средний) меридиан каждой зоны и экватор изобразятся прямыми взаимно перпендикулярными линиями (рис.8), которые и задают в каждой зоне свою систему координат, за начало отсчета в которой принимается пересечение изображений осевого меридиана зоны и экватора.

Положительное направление оси X совпадает с северным направлением осевого меридиана зоны, а ось Y направлена на восток и

совпадает с экватором. Таким образом, координатами точки в зональной системе плоских прямоугольных координат являются расстояния от экватора до данной точки (X) и от осевого меридиана зоны до данной точки (Y).



Рис. 8. Зональные плоские координаты

Зон всего 60. Зоны обозначаются арабскими цифрами. Счет зон ведется от гринвичского меридиана, который является западной границей первой зоны, с запада на восток. Такой подход решает вопрос о связи географических и прямоугольных координат. Зная номер зоны (n), можно вычислить долготу осевого меридиана (L_0) по формуле $L_0 = 6^\circ n - 3^\circ$. Территория России входит в 29 зон, начиная с четвертой по тридцать вторую включительно. Перед координатой Y указывается номер зоны. Если номер зоны не указать, то таких точек на поверхности Земного шара будет 60, так как во всех шестидесяти зонах существует точка с аналогичными координатами. Для удобства пользования прямоугольными координатами на каждый лист карты наносят координатную сетку, которая представляет собой систему линий, параллельных координатным осям данной зоны. В зарубежных странах используется подобная поперечная проекция Меркатора.

1.6.2. Поперечная проекция Меркатора

Поперечная проекция Меркатора – это конформная (равноугольная) проекция. Это означает, что углы, измеренные на поверхности, в данной проекции искажены не будут. Проекция также сохраняет формы бесконечно малых фигур и масштаб длин линий в данной точке по всем направлениям. Основой проекции является цилиндр (рис. 9), который немного меньше эллипсоида (сфероида).

Поперечная проекция Меркатора определяется:

- смещением начала координат;
- широтой начала координат;
- осевым меридианом;
- масштабом на осевом меридиане.

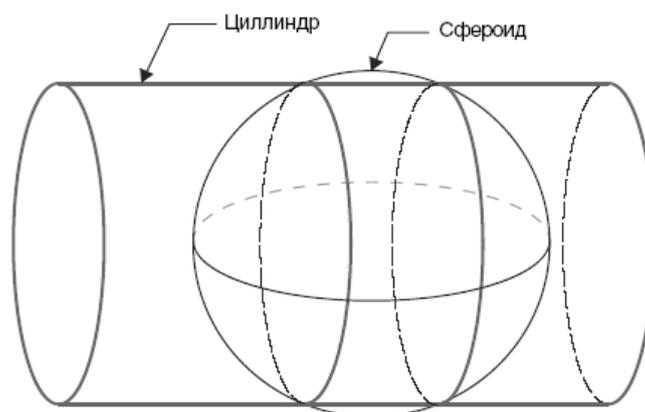


Рис. 9. Поперечная проекция Меркатора

В проекции Меркатора смещение начала координат выполняется также для того, чтобы начало координат располагалось в нижнем левом углу зоны. Такой прием позволяет исключить отрицательные координаты и, следовательно, обеспечить большее удобство обращения с координатами.

Широта начала координат определяет широту оси цилиндра. Это обычно экватор. Осевой меридиан определяет северное направление сетки координат и долготу оси проекции (рис. 10).

Масштаб изменяется в направлении восток – запад. Поскольку цилиндр обычно меньше сфероида, масштаб на осевом меридиане минимален, равен единице на эллипсах пересечения, а увеличивается до максимума на краях проекции.

Масштаб в направлении север-юг не изменяется. По этой причине поперечная проекция Меркатора наиболее подходит для картографирования территорий, вытянутых в меридиональном направлении. Ширина зоны определяет часть эллипсоида в направлении восток – запад, к которой применяется проекция.



Рис. 10. Параметры поперечной проекции Меркатора

1.6.3. Универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM)

Проекция UTM охватывает Земной шар между 80°N и 80°S широты. Она является разновидностью поперечной проекции Меркатора с навсегда установленными параметрами. UTM – это разбиение на 6° по долготе зоны с перекрытием соседних зон $30'$. Один из определяющих параметров в данном случае - номер зоны или осевой меридиан.

1.6.4. Проекция Ламберта

Достаточно распространенная для существующих картографических произведений, которые могут использоваться при создании базовой карты ГИС, проекция Ламберта. Это также конформная проекция, основой которой является конус, пересекающий эллипсоид (рис. 11). Это математическая поверхность подходит для проецирования небольших территорий округлой формы, например, островов и полярных областей.

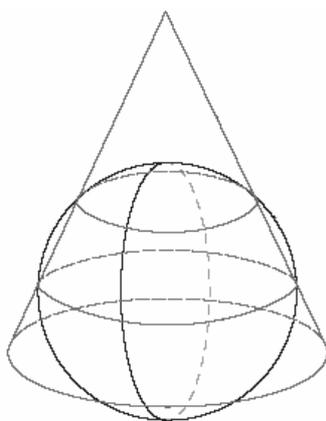


Рис. 11. Проекция Ламберта

Проекция Ламберта определяется:

- смещением начала координат;
- широтой начала координат;
- осевым меридианом;
- широтой 1-й стандартной параллели;
- широтой 2-й стандартной параллели.

Смещение начала координат выполняется также для исключения отрицательных значений координат. Широта начала координат определяет широту начала координат проекции. Осевой меридиан определяет северное направление сетки координат и долготу оси проекции.

2 . Система глобального спутникового позиционирования (GNSS)

2.1. Общие сведения

После начала освоения околоземного космического пространства ведущие космические державы США и СССР начали работать над решением задачи обеспечения навигации с использованием искусственных спутников Земли. В начале 1970-х г. американцем Стелингом было предложено заменить слово *навигация* на *позиционирование*. Так появилось современное название GPS – Глобальная система позиционирования (Global Positioning System). Спутниковые системы позиционирования – это системы, в которых в качестве носителей координат используют искусственные спутники Земли.

Сегодня под позиционированием понимают измерения с помощью специальных спутниковых систем для определения координат точек в пространстве. Основными достоинствами такой системы являются глобальность, оперативность, всепогодность, необязательность обеспечения видимости между определяемыми пунктами. Кроме того, результаты измерений представлены в цифровом виде, что облегчает накопление, обработку и передачу данных.

В настоящее время действуют две системы спутникового позиционирования: американская GPS (параллельное название NAVSTAR – Navigation Satellite Timing and Ranging) и российская ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система), в стадии становления находится европейская система Галелео.

Поскольку сегодня практически любое устройство пользователя для работы в системах спутникового позиционирования способно принимать сигналы спутников всех существующих систем, то общим названием для этих систем стало GNSS (Глобальная навигационная спутниковая система).

2.2. Структура системы спутникового позиционирования

Общие принципы GPS и ГЛОНАСС во многом совпадают. Выделяют три главных сегмента (или подсистемы): космический, наземный, пользовательский.

2.2.1. Космический сегмент

Космический сегмент - находящиеся на определенных орбитах спутники, называемые иногда созвездием. Это спутники, на которых размещены генераторы излучений. В настоящее время в рамках системы GPS запущено 36 спутников, находящихся на 6 геостационарных орбитах. Высота орбит спутников – 20 тыс. км (станция МИР, к примеру, находилась на орбите 400 км, а телевизионные спутники - на орбитах 36 тыс. км). Количество спутников и параметры их орбит таковы, что в любой точке земного шара в любое время «видны» не менее четырех спутников выше 15° над горизонтом. Четыре спутника - минимум, который необходим для решения большинства прикладных задач. Опыт показывает, что обычно в поле зрения находятся, по крайней мере, 5 спутников, видимых большую часть суток выше 15° , а весьма часто в вашем распоряжении будет 6 или 7 видимых спутников.

Спутник постоянно передает две несущие волны. Эти несущие волны находятся в L-полосе (используемой для радиопередач) и перемещаются к Земле со скоростью света. Эти несущие образуются из основной частоты, генерируемой очень точными атомными часами:

- несущая L1 передается в диапазоне 1575,42 МГц ($10,23 \times 154$);
- несущая L2 передается в диапазоне 1227,60 МГц ($10,23 \times 120$).

Затем несущая L1 модулируется двумя кодами: C/A кодом или кодом «грубого захвата» с частотой 1,023 МГц ($10,23/10$) и P-кодом или «точным кодом» с частотой в 10,23 МГц. Несущая L2 модулируется только одним кодом (P-кодом) с частотой 10,23 МГц.

Каждый спутник имеет свой индивидуальный код, по которому его идентифицирует приёмник. Коды могут быть также использованы как основа для измерения псевдодальностей, а по ним и вычисляются координаты.

2.2.2. Наземный сегмент - сегмент управления

Наземный сегмент - наземные станции слежения за спутниками. Это сегмент контроля и управления. Сегмент управления отслеживает спутники, обновляет их орбитальное положение и выполняет калибровку и синхронизацию их часов. Важнейшей задачей наземного сегмента является вычисление и передача на борт спутников сведений об их координатах. Спутники сами не знают собственные координаты. Пять станций слежения за спутниками, расположенные на экваторе (в том числе в Асценционе, Диего Гарсия и Кваджалейне), фиксируют прохождение спутников и передают информацию в Главный вычислительный центр в Калифорнии в Колорадо Спрингс. Спутники проходят над контрольными пунктами дважды в сутки. В центре слежения вычисляют координаты спутников и прогнозируют координаты на следующие 12 часов, эти координаты называют эфемеридами. Эфемериды передаются на спутники, и эта информация входит в сигнал, транслируемый каждым спутником.

2.2.3. Сегмент пользователя

Сегмент пользователя включает любого, использующего специальный GNSS-приемник для приема сигналов со спутников и определения собственного местоположения (координат).

Девиз системы – «всегда и везде». То есть в любой точке на земной поверхности, в любой момент времени с использованием системы GNSS пользователь имеет возможность определить собственные координаты.

На спутнике формируется бинарная последовательность, называемая кодом (двух типов C/A и P). На несущую частоту сигнала, излучаемого спутником, накладывается код и модулирует ее. Антенна приемника

принимает код, который приходит с задержкой во времени $\Delta\tau$. Эта задержка пропорционально пройденному сигналом расстоянию ($\Delta\tau' = \Delta\tau + \Delta\tau_0$), где $\Delta\tau'$ – измеряемая временная задержка, $\Delta\tau_0$ – поправка за синхронизацию часов.

2.3. Краткий обзор методов определения координат с помощью системы GNSS

Существует несколько методов получения координат с использованием GNSS, которые можно разделить на три группы.

Автономный режим. Используется единственный (автономный) приемник. Такой способ определения местоположения применяется туристами, автомобилистами, штурманами для навигации судов, находящихся вдали от берега, и военными. Точность определения координат порядка 10 м.

Дифференциальные фазовые измерения. Позволяет получить точность 0,5 - 20 мм. Используется для геодезических измерений, сбора ГИС-данных, управления строительной техникой и т. д. Здесь измерения выполняют на 2 точках А и В. Тогда приращения координат АВ определяются с гораздо более высокой точностью. Повышение точности достигается за счет того, что расстояние АВ намного меньше, чем расстояния до спутников, и в приращениях компенсируются многие ошибки (приборные, влияние атмосферы и ионосферы).

Дифференциальное координирование. Более известно, как DGPS, позволяет получать координаты с точностью 0,5 - 5 м. Используется для прибрежного кораблевождения, сбора данных для ГИС, в сельском хозяйстве и т. д.

2.4. Принцип пространственной линейной засечки

Принцип работы системы – динамическая пространственная линейная засечка. Если на какой-то момент времени t известны координаты 3

спутников и измерены расстояния от точки А на поверхности Земли до этих спутников, то можно определить координаты точки А. Как измерить расстояние до спутника? Если со спутника излучается электромагнитный сигнал, который принимается приемником в точке А, то, измерив время прохождения сигнала от спутника до приемника, можно вычислить расстояние, т. е. $S=ct$, где c – это скорость прохождения радиосигнала. Радиоволны распространяются со скоростью света, равной 290 000 км в секунду (186 000 миль в секунду). Сложность состоит в том, чтобы синхронизировать часы на спутнике и приемнике. Для этого нужен 4 спутник.

Таким образом, каждый спутник системы в каждый момент времени «знает» собственные координаты. В результате в околоземном космическом пространстве создается динамическая сеть точек-спутников с известными координатами. Каждый спутник передает закодированную информацию о себе и об остальных спутниках системы, в том числе и информацию о собственных координатах. Следовательно, если удастся измерить расстояние между видимыми спутниками и определяемым объектом, то его координаты можно определить из решения пространственной линейной засечки (рис.12).

То есть из точек-спутников следует построить сферы радиусом, равным этим расстояниям, тогда эти сферы пересекутся в определяемой точке. Эта задача решается средствами третьего сегмента системы - приемниками пользователей. Их задачей является прием сигналов видимых спутников (не менее четырех), вычисление расстояний до спутников и собственных координат. В состав приемной аппаратуры входят не только антенны и собственно приемники спутниковых сигналов, но и компьютерные средства. Поэтому приемником (GPS или ГЛОНАСС) будем называть устройство, способное решать перечисленные выше задачи.

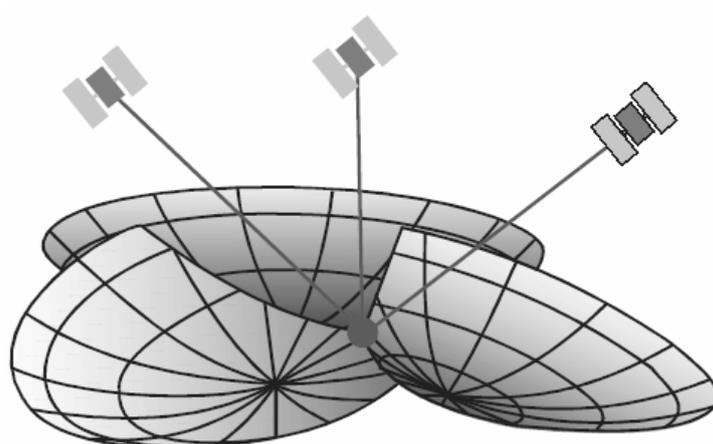


Рис.12. Пространственная линейная засечка

Известно, что для вычисления трех координат объекта из классической пространственной линейной засечки достаточно измерить три расстояния до точек с известными координатами. Однако необходимым условием функционирования системы является наличие «видимости» на четыре спутника. Это объясняется тем, что в динамической сети время становится четвертой координатой. И если на спутниках можно смонтировать дорогостоящие атомные часы, то на многочисленных приемниках пользователей обходятся относительно дешевыми кварцевыми часами. Для определения поправок часов пользователей необходима дополнительная информация, которая и получается по результатам наблюдения четвертого спутника. Значит, для успешной работы приемник должен иметь не менее четырех частотных каналов для приема сигналов от спутников. Реально «видимыми» могут оказаться более четырех спутников. Если приемник имеет ровно четыре канала, то часть полезной информации не может быть принята и обработана. Поэтому обычно современные приемники имеют 12 каналов и более.

2.5. Источники ошибок

До сих пор мы принимали, что координаты, полученные с помощью системы GNSS, очень точны и свободны от ошибок, но это далеко не так.

Существуют несколько источников ошибок, которые снижают точность координат. Источники ошибок можно разделить на следующие классы:

- ионосферные и атмосферные задержки;
- ошибки часов спутника и приёмника;
- переотражение сигналов;
- геометрическое снижение точности.

2.5.1. Ионосферные и атмосферные задержки

Поскольку спутниковый сигнал проходит через ионосферу, его прохождение может быть замедленно - эффект, подобный преломлению луча света, проходящего через стекло (рис. 13). Эти задержки воздействуют на скорость сигнала. Свет имеет постоянную скорость только в вакууме. Есть несколько факторов, которые оказывают влияние на величину задержки, вызванной ионосферой.

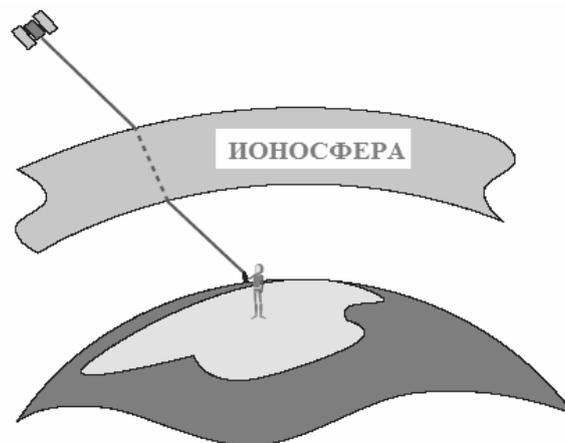


Рис. 13. Ионосферные и атмосферные задержки

К ним относятся:

- Возвышение спутника – задержка сигналов от спутников, находящихся низко над горизонтом, будет больше, чем расположенных высоко, поскольку увеличивается расстояние, которое сигнал проходит через атмосферу.

- Плотность ионосферы, на которую влияет солнечная энергии. Ночью влияние ионосферы весьма низкое, а днем ионосфера значительно больше замедляет сигнал.
- Воздействие на сигнал водяных паров. Оно может быть компенсировано с помощью моделей атмосферы.

2.5.2. Ошибки часов спутников и приемника.

Даже при том, что часы на спутнике очень точны (ошибка хода составляет приблизительно 3 наносекунды), они иногда слегка спешат или отстают, что влияет на точность определения координат. Обнаруженные ошибки устраняются сегментом управления системой.

2.5.3. Ошибки из-за переотражения сигнала

Переотражение сигнала происходит, когда антенна приемника установлена рядом с большой отражающей поверхностью (здание, озеро и пр.). Сигнал достигает антенны не сразу, а сначала попадает на близлежащий объект. В результате антенна принимает отраженный сигнал. Влияние переотражения может быть ослаблено, если использовать специальные антенны.

2.5.4. Геометрическое снижение точности

Геометрическое снижение точности (DOP) – мера строгости спутниковой геометрии, и связано с расположением спутников на небесной сфере. DOP может усилить воздействие ошибок определения координат.

На определение дальности до спутника воздействуют все вышеописанные ошибки. В случае, когда спутники расположены на небесной сфере достаточно широко, границы возможной ошибки малы. Когда спутники расположены близко друг к другу, увеличивается неопределенность положения.

В зависимости от типа измерений могут быть вычислены различные типы геометрического снижения точности или DOP:

VDOP - снижение точности по высоте. Дает снижение точности в вертикальном направлении.

HDOP - снижение точности в плане. Дает снижение точности в горизонтальном направлении.

PDOP - снижение точности положения. Дает снижение точности трехмерного положения.

GDOP - геометрическое снижение точности. Дает снижение точности трёхмерного положения и времени.

Наиболее комплексный показатель – GDOP, так как это комбинация всех коэффициентов. Некоторые приемники, однако, вычисляют PDOP или HDOP, которые не включают временную составляющую.

Лучший путь уменьшения GDOP – это наблюдение как можно большего количества спутников. Помните, однако, что на сигналы от низко расположенных спутников ошибки воздействуют в большей степени.

Общее правило при геодезических GPS измерениях - лучше наблюдать спутники с углами возвышения 15° и выше. Наиболее точные координаты будут вычисляться в случае низкого GDOP (обычно 8 или меньше).

2.6. Дифференциальное координирование (DGPS).

Многие из ошибок, воздействующие на измерение дальности до спутника, могут быть полностью устранены или существенно уменьшены с помощью дифференциальных наблюдений (DGPS). При такой схеме антенна базового приемника устанавливается на точке с предварительно определенными координатами. Приемник, который установлен на подобной точке с известными координатами, называется базовой станцией (базой).

После включения приемник начинает отслеживать спутники. Затем он может вычислять координаты в автономном режиме. Поскольку приемник находится на точке с известными координатами, он имеет возможность очень точно оценить, каковы должны быть дальности до различных спутников. Поэтому базовый приёмник может определить разность между вычисленными и измеренными дальностями. Эти разности называются поправками.

Базовый приёмник обычно подключен к устройству для передачи данных по радиоканалу (радиомодем), с помощью которого и передаются эти дифференциальные поправки.

Ровер (мобильный приемник) находится на другом конце этой цепочки, принимая поправки. Ровер также снабжён радиомодемом, позволяющим принимать поправки в дальности, передаваемые базовой станцией. Ровер вычисляет дальности до спутников, а приняв поправки, применяет их к вычисленным дальностям. Это позволяет намного более точно вычислять координаты, чем при использовании неисправленных дальностей. С помощью этой методики, уменьшаются все ошибки, следовательно, в результате получаются более точные координаты. Следует отметить, что неограниченное число роверов могут принимать поправки от одной единственной базовой станции.

В настоящее время развернуты сети GPS приемников и мощных радиопередатчиков, передающие на защищенной «только морской» частоте. Они называются радиомаяками. Пользователям этой службы (главным образом персонал, занимающийся навигацией морских судов в прибрежных водах) необходимо приобрести лишь один ровер, который может принимать поправки от радиомаяков. Такие системы были установлены вдоль побережий многих стран.

Другие устройства, такие как мобильные телефоны, могут быть также использованы для передачи данных.

В дополнение к системе радиомаяков существуют также другие системы, которые охватывают радиосигналом большие территории, работая на коммерческой основе. Существуют также правительственные системы типа WAAS в Соединенных Штатах, система Европейского космического агентства (ESA) и система Японского правительства.

Существует общеиспользуемый формат передаваемых по радиоканалу GPS данных, называемый RTCM. Он создан Радиотехнической комиссией морских служб. Этот формат используется во всем мире.

2.7. Дифференциальные фазовые GPS-измерения и разрешение неоднозначности.

Дифференциальные фазовые GPS-измерения служат для достижения точности координирования на уровне 5 - 50 мм. Используемая методика отличается от вышеописанных методов и включает большой объём статистических вычислений.

Это дифференциальная методика, суть которой состоит в том, что всегда одновременно используются минимум два GPS приёмника. Этот метод - одно из ответвлений дифференциального координирования, описанного в предыдущем разделе.

Базовый приёмник всегда устанавливается на точке с фиксированными или известными координатами. Другой приёмник свободно перемещается вокруг, поэтому он и называется ровером (бродягой) или мобильным приёмником. Между базовым приёмником и ровером вычисляется базовая линия.

Основная методика вычислений всё та же, что и описанная выше – измерение расстояний до четырёх спутников и вычисление координат по этим дальностям. Принципиальная разница состоит в способе, с помощью которого эти расстояния вычисляются.

2.7.1. Фаза несущей, C/A и P коды

Полезно будет повторить определения различных компонентов спутникового сигнала.

Фаза несущей – синусоидальная волна сигнала L1 или L2, которая генерируется на спутнике. Несущие волны предназначены для переноса двоичных кодов (C/A и P) с помощью процесса, называемого модуляцией. Модуляция – это добавление кодов к несущей волне (рис. 14). Двоичные коды могут иметь значения только 1 или -1. Каждый раз в момент изменения значения кода изменяется фаза несущей частоты.

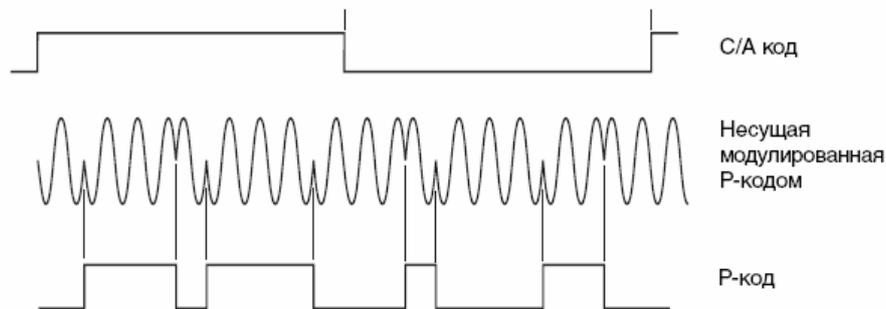


Рис. 14. Модуляция несущей

Фаза несущей используется потому, что с ее помощью можно более точно выполнять измерения в сравнении с просто кодовыми измерениями. Несущая L1 имеет длину волны 19,4 см. Если бы мы могли измерить число длин волны (целую и дробную часть), которое укладывается в расстояние между спутником и приемником, то получили бы дальность до спутника с очень высокой точностью.

Большая часть ошибки при измерениях в автономном режиме порождается ошибками часов приемника и спутника. Один из путей исключения этих ошибок – использование методики вычисления двойных разностей. Если два приемника выполняют измерения до двух различных спутников, ошибки часов исключаются (рис. 15).

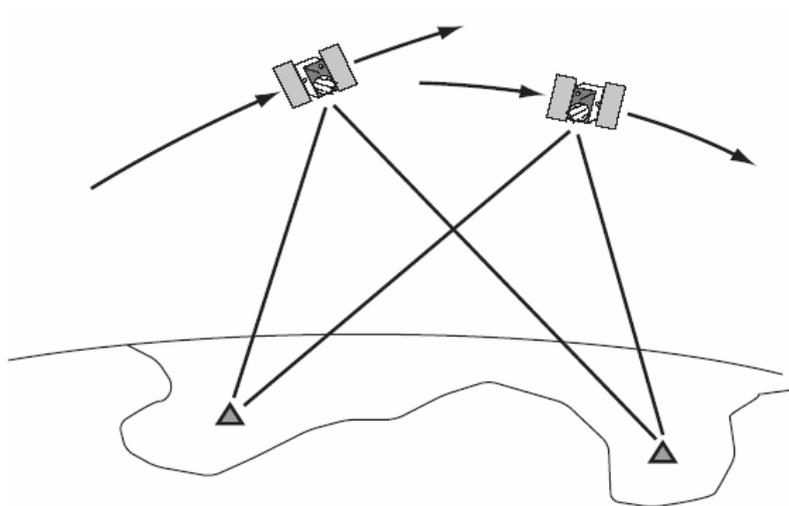


Рис. 15. Методика вычисления двойных разностей

2.7.2. Неоднозначность и разрешение неоднозначности

После исключения ошибок часов можно определить целое число длин волн несущей плюс ее дробную часть. Проблема заключается в том, что имеется множество «наборов» возможных целых длин волн для каждого наблюдаемого спутника. То есть решение неоднозначно. С помощью статистических алгоритмов можно разрешить эту неоднозначность и найти вероятнейшее решение.

3. Методики GNSS-наблюдений

Существует несколько методик измерений, которые могут использоваться с большинством геодезических GNSS приёмников. Специалист должен выбрать соответствующую методику измерений, для решения поставленной перед ним задачи.

3.1. Краткий обзор методов

Статика - используется для измерения длинных линий, развития опорных геодезических сетей, изучения движений тектонических платформ и т. д. Предлагает высокую точность на длинных расстояниях, но сравнительно медленные измерения.

Быстрая статика - используется для развития съёмочных сетей, локальных сетей сгущения и т. д. Предлагает высокую точность на базовых линиях до 20 км. Намного быстрее обычной статики.

Кинематика - используется для топографической съёмки, сбора геопространственных данных, для быстрого определения координат большого количества точек. Очень эффективный способ измерения большого количества близко расположенных точек. Однако если сигналы спутников преграждают различные препятствия: деревья, мосты, высокие здания и т. д. и при этом отслеживаются менее 4 спутников, то приёмник должен быть повторно инициализирован, на что уйдёт 5-10 мин.

Методика измерений, называемая On-the-Fly (непрерывно, «в полете»), призвана уменьшить это ограничение.

RTK (real time kinematic) - для кинематических измерений в реальном времени, используется радиомодем. Он используется для передачи роверу спутниковых данных, полученных базовой станцией. Этот способ позволяет вычислять координаты непосредственно в поле в реальном времени. Используется для того же, что и кинематика. Очень эффективный путь выполнения съёмок и сбора данных, поскольку

результаты будут получены сразу же после выполнения полевых работ. Эта методика, однако, полагается на радиосвязь, которая подвержена интерференции от других источников радиоизлучения, а также необходима прямая видимость между базой и ровером.

3.1.1. Статика

Статика – это самый первый метод, разработанный для GPS-измерений. Он может быть использован для измерений длинных линий (обычно 20 км и более).

Один приемник устанавливают на точке, координаты которой точно известны в системе WGS84. Он называется референц–станцией. Другой приемник, расположенный на другом конце базовой линии, называется ровером.

Данные записываются обоими приёмниками одновременно. Важно выполнять запись данных каждым приёмником с одной и той же частотой (интервалом записи данных). Обычно этот интервал составляет 15, 30 или 60 сек.

Приемники выполняют запись данных в течение некоторого отрезка времени. Этот период зависит от длины линии, числа наблюдаемых спутников и спутниковой геометрии (которую характеризует такой показатель как «снижение точности» или DOP). Считается, что статика должна выполняться в течение минимум 1 часа на линиях длиной 20 км с пятью спутниками и преобладающим значением GDOP=8. Длинные линии требуют более длительного периода наблюдений.

После достаточного накопления данных приемники можно выключить. Затем ровер может перемещаться на следующую определяемую точку для измерения следующей базовой линии.

Очень важно произвести избыточные измерения в сети. Например, выполнить измерения на точках, по крайней мере, дважды или измерения

дополнительных векторов, чтобы избежать проблем, которые иначе нельзя обнаружить.

Намного увеличить производительность, можно добавив ещё несколько роверов. Для увеличения эффективности при наличии трёх приёмников необходима хорошая координация между членами полевой бригады.

3.1.2. Измерения быстрой статикой

При измерениях быстрой статикой выбирается база, относительно которой работает один или более роверов. Как правило, быстрая статика используется для сгущения существующих сетей, создания съёмочных сетей и т. д. Если вам предстоит работать в районе, где ранее никаких GPS-измерений не производилось, прежде всего запланируйте измерения на пунктах местных геодезических сетей. Это позволит вычислить параметры трансформации и, следовательно, координаты всех точек, определённые с помощью GPS в этом районе, можно легко перевычислить в местную систему координат.

Должны быть выполнены измерения, по крайней мере, на 4 пунктах с известными координатами по периметру района работ. Вычисленные параметры трансформации будут действительны для района, охватываемого этими пунктами. База обычно устанавливается на исходном пункте, координаты которого могут быть включены в трансформацию. Если в вашем распоряжении нет никаких исходных точек, то база может быть установлена где-нибудь в пределах определяемой сети. Затем ровер перемещается, посещая каждый из известных пунктов. Период измерений на каждой из точек зависит от длины базовой линии и GDOP. Данные записываются и обрабатываются в офисе. Далее, с целью выявления грубых ошибок, должны быть выполнены контрольные измерения. Например, повторные наблюдения на точках в другое время суток.

При работе с двумя или более роверами необходимо, чтобы они работали одновременно. Это позволит в течение обработки использовать каждый приемник на выбор либо как базу, либо как ровер, что является наиболее эффективным способом GPS-измерений, но возникают трудности в синхронизации действий операторов приемников.

Другой способ получения избыточных измерений – это установка двух базовых станций и использование одного ровера для измерения на точках.

3.1.3. Кинематические измерения

Кинематическая методика обычно используется для топографической съёмки, регистрации траекторий движения транспортных средств, сбора данных для ГИС и т. д., хотя с появлением метода кинематических измерений в реальном времени (RTK) популярность этого метода снижается.

Используется перемещающийся приемник, координаты которого могут быть вычислены относительно базы. В начале работ необходимо выполнить так называемую инициализацию ровера, которая, по существу, является измерением в быстрой статике. Это даёт возможность в офисе в режиме постобработки с помощью специального программного обеспечения разрешить неоднозначность. База и ровер включаются и остаются в стационарном состоянии в течение 5-20 минут, собирая данные. (Фактическое время зависит от длины базовой линии и числа наблюдаемых спутников.)

После измерений ровер может свободно передвигаться. Пользователь имеет возможность выбрать: записывать координаты с предварительно установленным интервалом в записи, записывать отдельные координаты или записывать комбинацию этих данных. Эта часть измерений обычно называется кинематической цепочкой.

Основное, на чём нужно сосредоточиться при выполнении кинематических измерений, – это не проходить с ровером слишком близко к объектам, которые могут блокировать спутниковый сигнал. Если в любой момент число отслеживаемых ровером спутников окажется меньше четырёх, то придется остановиться, выйти на место, где отслеживаются 4 и более спутников, и снова выполнить инициализацию для продолжения измерений.

Кинематика on-the-fly («в полете»). Это вариант кинематических измерений, который позволяет преодолеть необходимость инициализации и последующей повторной инициализации в случае потери приёма спутниковых сигналов.

Кинематика «с лёту» – это метод обработки измерений с постобработкой. В начале измерений оператор сразу же может начать движение с ровером по заданной траектории и выполнять запись данных. Если ровер во время движения окажется под деревом и потеряет приём сигналов, система автоматически повторно инициализируется.

3.1.4. RTK измерения

RTK – это кинематические измерения, выполняемые в реальном времени. База снабжена радиомодемом, передающим данные, которые она принимает от спутников. Ровер также имеет радиомодем и принимает сигналы от базы. Ровер принимает данные непосредственно от спутников с помощью его собственной GPS-антенны. Эти два набора данных могут быть совместно обработаны ровером для разрешения неоднозначности и получения очень точных координат относительно базы.

Как только база начнёт передачу данных с помощью радиомодема, ровер может быть активизирован (рис. 16). После того, как он начнёт отслеживать спутники и принимать данные от базы, ровер может начать процесс инициализации. Подобно инициализации, выполняемой в

кинематике «on-the-fly» с постобработкой, основное отличие заключается в том, что она выполняется в реальном времени.

Как только инициализация завершится, неоднозначности будут разрешены и ровер может начать запись координат точек. В этот момент точность определения базовых линий будет на уровне 1 - 5 см. Важно поддерживать контакт с базой, иначе ровер может потерять определённую неоднозначность. Это приводит к потере точности результатов.

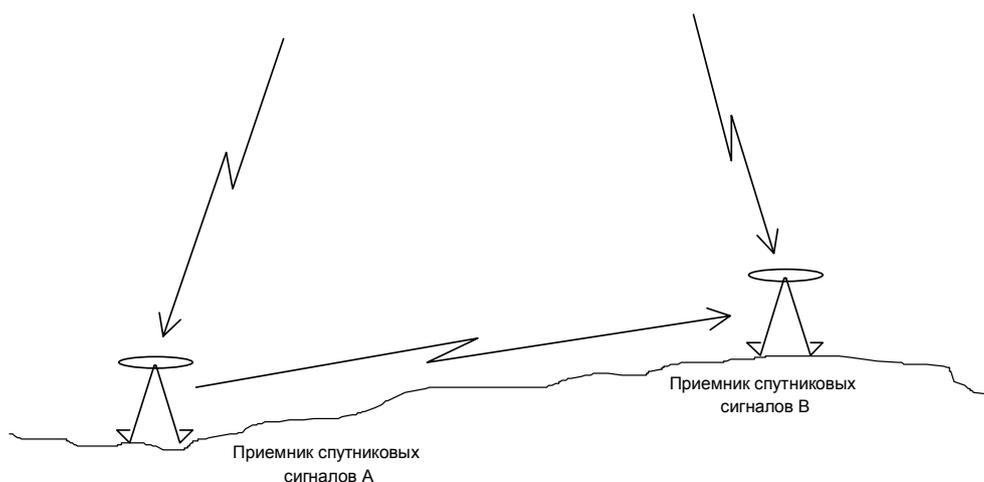


Рис. 16. Схема кинематики в реальном времени

RTK быстро становится распространенным методом выполнения измерений с высокой точностью на небольших участках. Метод может быть использован для работ, для которых обычно применяется тахеометр – топографическая съемка, разбивка и т. д.

Радиосвязь. Большинство GPS-систем, работающих в реальном времени, используют небольшие модемы УВЧ-диапазона. Радиосвязь – это часть RTK-системы, с которой большинство пользователей испытывают трудности. При попытке оптимизировать эффективность радиосвязи стоит обратить внимание на следующие факторы:

1. Мощность радиопередачи. Вообще говоря, чем больше мощность, тем выше эффективность. Однако большинство стран юридически ограничивает выходную мощность радиопередатчиков до 0,5 - 2 Вт.

2. Высота антенны передатчика. На радиосвязь влияет прямая видимость между передатчиком и приёмником. Чем выше положение антенны, тем меньше вероятность возникновения проблем со связью. Это также увеличит дальность действия передатчика. То же самое применимо и к принимающей антенне.

Другие факторы, влияющие на качество радиосвязи, - это длина антенного кабеля (длинный кабель означает большие потери мощности сигнала) и тип радиоантенны.

3.2. Классификация приемников

1. Бытовые – точность 10 м (размер с калькулятор, могут быть встроены в наручные часы).
2. GIS/GPS – точность 0,5 – 5 м (с постобработкой). Имеется возможность ввода и сохранения атрибутивной информации.

Приборы 1-го и 2-го класса кодовые.

3. Геодезические спутниковые приемники (точность 1-20 мм). Фазовые. Они могут быть одночастотные и двухчастотные. Измеряется не код, а фаза несущей частоты.

Выпуском спутниковых приемников занимаются более 50 фирм. В России наибольшее распространение получили приемники американских фирм (Ashtech, Garmin, Magellan, Trimble), японских (Topcon, Sokkia), швейцарской (Leica) и др. В 2007 г. Московский экспериментальный оптико-механический завод начал выпуск лицензионных геодезических двухчастотных двухсистемных (GPS-ГЛОНАСС) приемников Leica GX1220 GG и Leica GX1230GG.

3.3. Аппаратное обеспечение сбора ГИС-данных с помощью GNSS-оборудования

3.3.1. Одночастотный приемник *Leica GS20 PDM*

Новейший GPS-приемник от Leica Geosystems. Портативный, без лишних кабелей и простой в использовании. GS20 объединяет в себе простоту обычного GPS навигатора с мощными возможностями профессиональной системы сбора данных для ГИС (рис.17).



Рис. 17. Одночастотный приемник Leica GS20 PDM

Назначение

GS20 PDM - это мощный, многофункциональный и в то же время не сложный в использовании одночастотный спутниковый приемник для сбора топографо-геодезических, картографических и ГИС-данных.

GS20 PDM имеет встроенную GPS антенну, накопитель данных, перезаряжаемый аккумулятор в прочном и эргономичном корпусе. Приемник оборудован большим графическим экраном, клавиатурой в стиле мобильного телефона и простой системой меню.

Возможности

Режимы измерений ClearTrack Multipath Mitigation служат для точных измерений, MaxTrack и HyperTrack - для надежной работы в условиях, когда отслеживание сигналов GPS спутников затруднено, например, из-за густой листвы.

Встроенное устройство беспроводной связи Bluetooth позволяет передавать данные в программное обеспечение для постобработки или в ГИС-приложения, а также принимать поправки DGPS через модем от береговых станций или от спутников.

С помощью GS20 PDM быстро и просто выполняется съемка линейных, площадных и точечных объектов, которым можно присваивать необходимые коды и атрибуты.

Точность

Приемник GS20 PDM имеет возможности работы в RTK DGPS-режиме с субметровой точностью и субсантиметровой точностью в режиме постобработки. Таким образом, GS20 PDM возможно использовать и для ГИС работ, где требуется точность 30 - 40 см, и для развития и сгущения съемочных сетей, где требуется точность 5 - 10 мм.

Для получения сантиметровой точности в конструкции приемника GS20 PDM предусмотрена возможность подключения внешней геодезической антенны (Leica AT501). Запись полученных данных производится на карту памяти Compact Flash объемом от 32MB до 2GB.

Обработка данных

Для камеральной обработки данных используется программный пакет GIS Data Pro, работающий в среде Windows и включающий в себя планирование GPS-наблюдений, загрузку данных из приемника или из сети Internet, обработку GPS-измерений с помощью процессора Leica SKI PRO, экспорт в различные форматы ГИС, включая ESRI shape.

Технические характеристики GS20 PDM

Размер: 21,5 см (длина) x 9 см (ширина) x 5 см (толщина).

Вес: (с батареей) 0,652 кг.

Электропитание: 2,1 Вт (обычно) при 20°C, 7,2 В внутреннее, 12 В внешнее.

Приемник: 12 параллельных автоматических каналов, L1 код / фаза.

Антенна: внутренняя - Leica AT575, микрополосковая, со встроенным защитным экраном или внешняя: Leica AT501, микрополосковая, со встроенным защитным экраном.

Корпус: герметичный пластиковый, защищенный от дождя и пыли. Герметичный батарейный отсек и герметичная CF-карта памяти. Класс пыле- и влагозащитности IP54.

Процессор: 240МГц RISC процессор с плавающей запятой.

Экран: графический LCD, 240 x 240 точек, 16 градаций серого цвета, с подсветкой.

Клавиатура: защищенные клавиши с четкой фиксацией нажатия. Дублирующие клавиши управления сбоку.

Память: карта ATA Compact flash: стандартно 32Мб; максимально 2Гб.

Передача данных: разъем RS232 Lemo, карта ATA Compact flash, Bluetooth.

Рабочая температура: -20...+55°C.

Температура хранения: -40... +75°C.

СКО базовой линии (DGPS/RTCM) Код L1: 40см (СКО).

Частота записи данных и объем памяти: измерения с частотой 1Гц; 1 час работы = 2Мб, 16 часов непрерывных измерений = 32Мб.

Прикладные задачи: сбор данных, управление данными, разбивка, геодезические расчеты.

Программное обеспечение Leica GIS DataPRO

Это офисное программное обеспечение поддерживает большое число ГИС совместимых форматов. Оно используется для импорта и обработки данных, интерполяции данных с базовой станции.

3.3.2. Двухчастотный GNSS-приемник Leica GX1230 GG

Отличительными особенностями приемника являются наличие прецизионного GPS/ГЛОНАСС процессора и алгоритмов быстрого разрешения неоднозначности в RTK-режиме, широкий выбор функций и полевых программ, интуитивно понятный пользовательский интерфейс.

Приемники Leica GPS1200 (рис. 18) обеспечивают высокую точность и гибкость при решении задач с помощью GNSS-систем. Приемники разработаны специально для жестких полевых условий, низких температур, пыле- и влагонепроницаем, в полном соответствии с военными стандартами. Приемники могут быть использованы как базовые станции или подвижные приемники для съемки в любом режиме от «статики» до «кинематики в реальном времени (RTK)».



Рис. 18. Двухчастотный GNSS-приемник Leica GX1230 GG

Приемники поддерживают все форматы и различные устройства связи. Они могут быть размещены на штативе, ведре, в рюкзаке или на любом передвижном средстве, например, в автомашине, в лодке и самолете. Приемники могут использоваться для создания опорного обоснования, топографических съемок, инженерных изысканий, кадастровых съемок, сбора пространственно привязанной информации для ГИС, выноса проектов в натуру, мониторинга объектов, сейсмической разведки.

Технология SmartTrack+ в приемниках GPS1200 позволяет использовать сигналы двух глобальных спутниковых систем и большее число отслеживаемых спутников. Большее число спутников означает увеличение производительности, улучшение точности и надежности результатов. Технология SmartTrack+ обеспечивает более надежный захват спутниковых сигналов за считанные секунды даже в городских условиях, при ограничении прямой видимости на спутники, там, где применение только GPS-приемников затруднено. Приемники GPS1200 разработаны с возможностью в будущем принимать новые спутниковые сигналы GPS L5 и сигналы системы Galileo.

Небольшая по размеру, антенна с технологией SmartTrack+ и высокостабильным (субмиллиметровым) положением фазового центра обеспечивает получение высококачественных сигналов даже от спутников с малыми углами возвышений. Встроенный экран подавляет многолучевость. Антенна защищена от влаги, легка и надежна.

Непрерывная проверка обеспечивает высокую надежность результатов. Уникальная встроенная система целостности данных сразу проверяет все получаемые результаты. Обработываются одновременно GPS и ГЛОНАСС измерения для получения результата в режиме RTK с сантиметровой точностью, частотой 20 Гц, на расстоянии от базовой станции 30 км и более. Инициализация выполняется за несколько секунд.

Приемники GPS1200 могут работать совместно с измерителями расстояний: хорошо известной лазерной рулеткой Leica DISTO™ и безотражательным биноклем Vector. С помощью этих устройств очень удобно снимать точки, которые невозможно снять с помощью спутникового приемника (например, находящиеся под крышей). Все данные записываются напрямую в память GPS1200.

Подключение контроллера к приемнику необходимо только при вводе информации и использовании встроенных функций и программ. Дисплей размером 1/4 VGA (11строк по 32 символа) с сенсорным устройством обеспечивает высокое качество и контрастность изображения. Ввод информации осуществляется с помощью сенсорного экрана или алфавитно-цифровой клавиатуры. На базовых станциях и при статических измерениях можно работать как с контроллером, так и без него.

Для работе в режиме реального времени с GPS1200 могут быть использованы радиомодемы, мобильные телефоны GSM, высокоскоростные беспроводные устройства и TDMA-модули, помещенные во влагонепроницаемые корпуса, которые подсоединяются к приемнику. Модуль беспроводной связи с технологией Bluetooth позволяет осуществлять обмен данными между GPS1200 и другим устройством.

Результаты GPS-измерений могут быть обработаны в программном пакете Leica Geo Office (LGO), который содержит набор функций для импорта, визуализации, обработки данных, преобразования координат, уравнивания, оценки качества, создания отчетов, экспорта и многое другое. Дополнительный модуль LGO позволяет обрабатывать данные спутниковых измерений, выполненных в системе ГЛОНАСС.

4 . Система постоянно действующих базовых станций.

4.1. Постоянно действующая базовая станция (CORS) и сеть

Постоянно действующая базовая станция GPS включает в себя GPS-приемник и антенну, которые установлены стабильно в надежном месте и работают от надежного источника бесперебойного питания. Приемник работает постоянно, собирая данные, иногда передавая «сырые» данные и часто передавая данные RTK и DGPS, которые могут приниматься другими устройствами GPS, ГИС, работающими в реальном времени. Приемник обычно управляется компьютером, который при необходимости расположен на удалении от приемника. Компьютер принимает файлы данных через регулярные интервалы времени и переправляет их на FTP-сервер, где они доступны пользователям GPS.

Одна или несколько одиночных базовых станций, поставляющих услуги пользователям GPS, находящимся в непосредственной близости, может быть и все, что требуется отдельным пользователям. Другим пользователям, однако, может быть необходима целая сеть базовых станций – возможно, 5, 10, 20, 50 или даже больше, чтобы обеспечить возможность доступа к GPS-данным в масштабах региона или даже целого государства.

Один компьютер (сервер), на котором выполняется специализированное программное обеспечение для базовых станций (рис. 19), подключенный к сети посредством телефона, локальной сети, глобальной сети или Интернета, может управлять всеми станциями в сети (для приемников компьютер не требуется). Краткое введение показывает, что базовые станции и сети базовых станций могут очень сильно отличаться по площади охвата и по сложности решения.

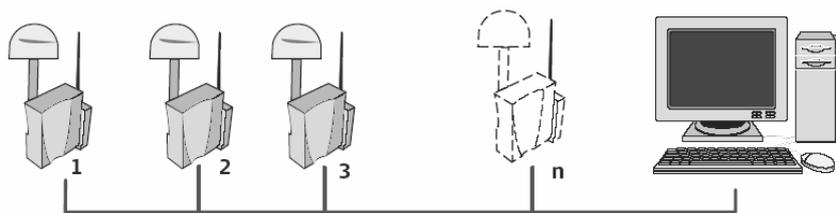


Рис. 19. Сервер и приемники

4.2. Использование базовых станции

Первые базовые станции на ранней стадии развития GPS были установлены вдоль береговой линии для трансляции поправок дифференциальной коррекции (DGPS), которые позволяли повысить точность морской навигации. В настоящее время при широком распространении высокоточных GPS-измерений базовые станции устанавливаются по всему миру во всевозрастающих количествах. Они используются для наблюдения за земной корой, создания геодезических опорных сетей, обеспечения топографических и строительных работ, сбора информации для ГИС, управления механизмами и точного позиционирования, а также для мониторинга за природными и искусственными объектами. Базовые станции GPS обеспечивают геодезическое обоснование (сети), необходимое для широкого спектра прикладных задач.

4.2.1. Геодезическое обеспечение для топографии, строительства, картографии, кадастра и т.д.

Сеть постоянно действующих базовых станций GPS является более эффективной, чем традиционные сети триангуляции и полигонометрии. Станции могут быть установлены в удобных местах, там, где они необходимы (а не на удаленных вершинах). Геометрия сети не является столь критичной как в традиционных сетях, а точность выше и более устойчива.

Пользователь устанавливает свой приемник там, где он работает, загружает данные с базовой станции через Интернет и вычисляет координаты собственного приемника. Станции также могут передавать данные RTK и DGPS, которые прямо используются мобильными приемниками для работы в режиме реального времени

Такая сеть может быть практически любого размера. Одна или две одиночных базовых станции – это, возможно, все, что требуется для локальной области, города, муниципального образования, карьера или строительной площадки. Сеть, состоящая из множества станций, будет обеспечивать услуги пользователей GPS на большой территории, в регионе или целом государстве (рис. 20).

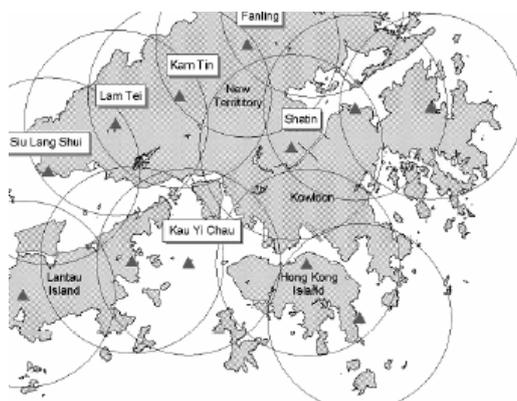


Рис. 20. Региональная сеть базовых станций

4.2.2. Мониторинг земной коры, природных и искусственно созданных объектов

В регионах, где вероятны землетрясения, вдоль основных линий разломов, в зонах вулканической активности, сети базовых станций часто используют для наблюдений за движениями земной коры.

Главный компьютер с программным обеспечением для базовых станций управляет приемниками, загружает данные и вычисляет координаты антенн. Смещения могут быть проанализированы. Подобные сети, но меньшего размера используют для наблюдения за смещениями природных и искусственно созданных объектов (рис. 21), например,

ледников, оползней, дамб, мостов, зданий, башен, морских нефтяных платформ и др.



Рис. 21. Использование базовых станций для мониторинга искусственных объектов

4.2.3. Управление механизмами

На больших строительных площадках и открытых горных разработках работы могут выполняться быстрее, с более высокой точностью и с использованием меньшего количества материалов и машин, если машины оснащены системой автоматизированного управления с контролем высот. Бульдозеры, грейдеры, скреперы, буровые и т.п. могут быть координированы и управляться с сантиметровой точностью позиционирования в реальном времени. Ножи и ковши могут устанавливаться по высоте автоматически. Когда поля большие, сельскохозяйственные машины для сева зерновых культур, внесения удобрений в почву, сбора урожая, распыления инсектицидов и т.д. работают более эффективно, если управляются с помощью GPS в реальном времени. Базовые станции обеспечивают управление механизмами и машинами.

4.2.4. Сбор данных для ГИС

Компании, поставляющие воду, электричество, газ, телефонные компании, земельные комитеты, муниципалитеты и другие организации

часто используют для управления географические информационные системы. База данных ГИС отображает положение границ собственности, инфраструктуру и коммуникации, такие, как водопровод, газопровод, линии связи, линии электропередач и др.

Измерения в реальном времени с помощью GPS широко используются для обновления базы данных, исполнительных съемок новых объектов и пересъемки старых объектов для уточнения их положения. Базовые станции обеспечивают работу мобильных приемников с целью получения данных для ГИС.

4.2.5. Бесконечные возможности

Базовые станции и сети GPS могут использоваться в различных областях. Станции или сети могут быть установлены и сконфигурированы для решения одной конкретной задачи и для одной группы пользователей. Они могут быть разработаны для поддержки решения большого числа задач и множества разнообразных групп пользователей.

Одна базовая станция может идеально подходить для небольшой территории. Многоцелевая сеть из множества станций часто бывает более предпочтительна для крупного региона. Решений бесконечное множество. Одна или несколько постоянно действующих базовых станций будут необходимы всякий раз, когда съемка или мониторинг должны выполняться постоянно на одной и той же территории в течение длительного периода времени

4.3. Возможности базовой станции или сети базовых станций

GPS-приемник на базовой станции работает постоянно. «Сырые» данные кодовых или фазовых измерений записываются в файлы определенной длины. В зависимости от типа прикладной задачи, длина файла может быть задана любым требуемым значением - от нескольких минут до часов или даже целых суток.

Программное обеспечение базовой станции работает на компьютере (будем называть его сервером), управляя приемниками и загружая файлы данных через регулярные промежутки времени. Если требуется, «сырые» данные могут также передаваться от приемников на сервер постоянно, секунда за секундой. Программное обеспечение сервера конвертирует данные в формат RINEX (Receiver INdependent EXchange format – независимый обменный формат приемника) и создает сжатый файл в формате RINEX. RINEX-файлы передаются на FTP-сервер для обеспечения простого доступа пользователям GPS через Интернет.

Также файлы архивируются для хранения. Сервер с программным обеспечением базовых станций может управлять одиночной базовой станцией или целой сетью станций, включающей множество приемников. В случае одиночной станции компьютер часто подключается к приемнику напрямую. Имея сеть с большим количеством станций, сервер, как правило, размещается в центре управления и коммутируется с приемниками посредством телефона, локальной сети, глобальной сети или Интернета (для каждого приемника компьютер не нужен).

Однажды установленные и сконфигурированные станции или сеть будут функционировать в полностью автоматическом режиме. Однако инспектор системы может входить в нее, производить осмотр приемников и сети и при необходимости выполнять настройки и вносить изменения в систему.

Система должна выдавать данные, необходимые для топографических работ, выполняемых в реальном времени, и для мобильных приемников, используемых для сбора ГИС данных. Приемники на базовых станциях могут выводить данные в стандартном формате RTCM и в собственных форматах (Leica, CMR, CMR+). Передача может осуществляться напрямую с базовых станций или через передатчики, расположенные в удобных местах. Связь осуществляется по радиоканалам,

высокоскоростным беспроводным сетям (GSM, GPRS, CDMA и др.) или через Интернет. Если требуется наблюдать за какими-либо смещениями внутри сети, существует возможность автоматически вычислять координаты антенн через определенные интервалы времени.

Функциональные возможности и сложность отдельной базовой станции или сети зависят от большого числа факторов, в том числе:

- типа задачи, для которой станция или сети используется;
- типа услуги, которую оказывает станция или сеть;
- количества и типа пользователей станцией или сетью;
- наиболее подходящего метода коммуникации;
- доступности инфраструктуры;
- эксплуатационных расходов;
- возможности внесения изменений в конфигурацию системы;
- величины доступного бюджета.

4.3.1. Выбор подходящего места

При выборе мест для размещения постоянно действующих базовых станций GPS должны быть тщательно проанализированы следующие факторы:

- необходимость обеспечения беспрепятственного обзора неба;
- в непосредственной близости не должно быть объектов, которые могут быть источниками многолучевости;
- не должно быть передатчиков в близлежащей области, которые могли бы быть источником помех;
- цель, для которой будут использоваться станции;
- как обеспечить стабильность антенны;
- как обеспечить надежное бесперебойное питание и коммуникации;
- как обеспечить защиту оборудования от внешней среды;
- как обеспечить сохранность оборудования и антивандальные меры;

- доступность для инспекции и обслуживания;
- стоимость.

4.4. GPS-приемники, GPS-антенны, кабели

4.4.1. GPS-приемники

Современные, универсальные, двухчастотные приемники, такие как Leica серии система 1200 или система 500, являются наиболее подходящими для использования в качестве базовых станций, поскольку они собирают все типы измерительных данных (L1, L2, кодовые, фазовые), генерируют выходные данные всех требуемых типов (RTK, DGPS, NMEA) и поддерживают решение любых задач.

Для того чтобы обеспечивать требуемыми услугами различных пользователей в одно и то же время, лучше всего, если приемник может регистрировать данные на большой скорости, постоянно передавать «сырые» данные и также выводить RTK и DGPS данные во всех общепотребимых форматах (RTCM, Leica, CMR, CMR+).

Постоянная регистрация данных на двух различных частотах в два разных файла также может потребоваться для решения некоторых задач. Приемники, используемые в качестве базовых станций, должны иметь соответствующие порты для:

- соединения с управляющим компьютером, на котором работает программное обеспечение базовой станции;
- передачи «сырых» данных в головной компьютер, если это требуется;
- подключения коммуникационного устройства и передачи данных RTK и DGPS;
- подключения главного и резервного источников питания;
- подключения периферийных устройств, таких как метеодатчики и датчики наклона.

Одночастотные приемники имеют ограничения по функциональности и не подходят для использования в качестве многоцелевых базовых станций, которые требуются сегодня. Однако они могут быть использованы для станций, которые просто транслируют данные дифференциальной коррекции (DGPS) для мобильных приемников, собирающих ГИС-информацию, и для навигационных приемников. Можно использовать одночастотные приемники в пределах небольших, короткобазисных сетей для целей мониторинга объектов, но предпочтительно и в этом случае применять двухчастотные приемники (рис. 22).



Рис. 22. GNSS-приемники

4.4.2. GPS-антенны

Если базовые станции - это часть государственной геодезической сети первого порядка, то обязательным является использование антенн особого типа (choke-ring антенна) с элементами Дорна - Марголина (рис. 23). Любые базовые станции, которые формируют всемирную международную службу IGS, как правило, требуют использования таких антенн. Они отличаются высокой стабильностью фазового центра, снижением многолучевости до незначительного уровня и позволяют гарантировать наивысшее качество получаемых данных.



Рис. 23. Choke-ring антенна

Для одиночных базовых станций и базовых станций в сетях, предназначенных в основном для целей топографии и строительства и обеспечивающих данными мобильные приемники, работающие в реальном времени, вполне подходит стандартная компактная геодезическая антенна. Компактная геодезическая антенна (рис. 24) обеспечивает хорошее качество данных и достаточна для большинства приложений, она значительно дешевле choke-ring антенны.



Рис. 24. Геодезическая антенна

4.4.3. Антенные кабели

Стандартный 10-метровый кабель в большинстве случаев подходит для соединения антенны и приемника. Если приемник должен быть установлен на значительном расстоянии от антенны, требуется кабель большей длины.

4.4.4. Источник питания для приемников

Базовая станция GPS требует надежного, бесперебойного питания. Адаптер для подключения к сети переменного тока обычно используется для запитывания приемника и других вспомогательных устройств, таких как устройства связи.

Источник бесперебойного питания (UPS) должен обеспечить работу оборудования в течение ограниченного периода времени при аварийном отключении главной электросети. Этот источник может быть различного типа и емкости. Чем больше емкость, тем дольше источник может поддерживать оборудование в рабочем состоянии.

Резервный источник питания будет необходим, если силовая линия не надежна. Однако, если вероятность выхода из строя основной линии мала, резервный источник не является необходимым. Когда решается вопрос о необходимости резервного источника питания, следует брать в расчет, является ли данная базовая станция частью сети или это одиночная станция.

Если одна из станций в сети прекратит работу из-за временного отключения питания, пользователи мобильных приемников смогут получать данные от другой ближайшей базовой станции. Поэтому отключение одной станции в сети не будет иметь критического значения.

Если же базовая станция одиночная местного значения, не являющаяся частью сети, нарушение питания будет означать выход ее из строя. Все исполнители в поле будут вынуждены прекратить работы. Когда выполняется оценка необходимости резервного источника питания и его емкости, следует оценить требуемый уровень надежности. Пользователи, которые платят за услугу, вряд ли будут терпеливы к перебоям в работе станции из-за отключения питания, в этом случае резервное устройство питания должно быть предусмотрено.

Если станция является частью сети мониторинга и отключение питания может привести к непредсказуемым последствиям, резервный источник питания соответствующей емкости должен быть предусмотрен в обязательном порядке.

Обратите внимание, что современные GPS-приемники, используемые для базовых станций, будут перезапущены автоматически, как только питание будет восстановлено. Иногда возникает необходимость установить базовую станцию в месте, где вообще нет электричества. В удаленных местах с жарким климатом могут быть использованы солнечные батареи для питания приемника и устройств связи, таких как спутниковый или мобильный телефоны.

4.5. Программное обеспечение для базовой станции GPS и головной компьютер (сервер)

Хотя возможно функционирование одиночной базовой станции (для целей ГИС, строительства, горных работ и др.) без специализированного программного обеспечения, такая станция будет иметь серьезные недостатки и служить временным решением. Решение будет обоснованным, если требуется только передавать RTK- и DGPS-данные для мобильных приемников, работающих в реальном времени. Однако если «сырые» данные требуется архивировать и обеспечить доступ к ним для пользователей, прием спутниковых сигналов должен быть остановлен (возможно, ежевечерне) и собранные данные должны загружаться в компьютер вручную.

Даже для одиночной станции всегда является преимуществом, если приемник может работать постоянно. Данные будут загружаться автоматически с постоянным временным интервалом, единая система будет управляться и контролироваться соответствующим персоналом. Программное обеспечение для базовых станций, установленное на компьютере (будем называть его сервером), может управлять одиночным приемником, отдельной базовой станцией или всеми приемниками на всех станциях в сети. В случае одиночной станции - приемник часто подключен к компьютеру напрямую. В случае сети - сервер обычно размещается в центре управления и соединен с приемниками посредством телефона, локальной или глобальной сетей или через Интернет (не требуется компьютер для каждого приемника).

GPS-приемники на базовых станциях работают постоянно. «Сырые» данные обычно регистрируются в приемниках в виде файлов заданной длины. Программное обеспечение на сервере управляет приемниками и загружает файлы автоматически через регулярные интервалы. Приемники

могут также передавать непрерывно данные на сервер, вместо того, чтобы их регистрировать или даже передавать и регистрировать одновременно.

Программное обеспечение базовых станций на сервере проверяет «сырые» данные на полноту, сжимает «сырые» данные, конвертирует их в формат RINEX, сжимает RINEX-файлы, архивирует «сырые» данные и RINEX-файлы и отправляет их на FTP-сервер, где обеспечен доступ к данным для пользователей. Программное обеспечение также контролирует состояние и функционирование приемников, качество данных, систему коммуникации, функционирование сети в целом, генерирует сообщения и отчеты, если и когда это необходимо.

Системные инспекторы имеют полный контроль над приемниками на станциях и над сетью в целом. Они могут входить в систему, даже дистанционно, проверять работу приемников и сети, запускать и останавливать различные операции, изменять конфигурацию, параметры и режимы работы, загружать программы в приемники и т.д.

Однажды сконфигурированная и запущенная в эксплуатацию базовая станция или сеть станций управляется программным обеспечением на сервере в полностью автоматическом режиме. Хорошо спроектированные базовые станции или сеть являются чрезвычайно мощным инструментом, установленная однажды, сеть очень проста в использовании.

4.6. Необходимость надежных средств связи

Надежная связь жизненно необходима для эффективной работы базовой станции или сети станций (рис.25).

Для управления приемниками и загрузки файлов собранных данных каналы связи могут быть либо коммутируемыми (т. е. подключение выполняется по требованию), либо постоянно открытыми.

Каналы мобильной связи с модемами (GSM, CDMA, TDMA, GPRS и т.д.) могут использоваться, если в том месте, где установлена базовая станция, отсутствуют обычные телефонные линии. Телефоны должны быть подключены к сети электропитания и постоянно включены. Текущие расходы будут больше, чем при использовании наземных телефонных линий. Другое решение – использование Интернета. Сегодня отмечается растущий интерес к использованию методов связи, основанных на Интернет-протоколе (IP-based), для коммуникации приемников и сервера и для передачи RTK- и DGPS-данных. IP-связь может быть LAN, WAN, WLAN, Internet, Intranet и Радио IP и др. Для простоты данный документ описывает Интернет для любых IP-методов.

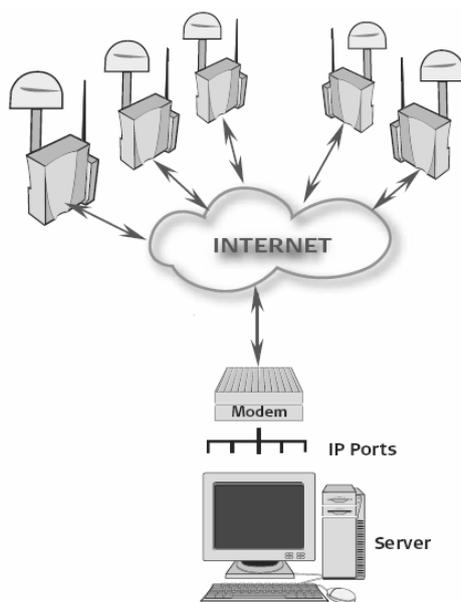


Рис.25. Коммуникация с использованием сети Интернет

Основная привлекательность от использования Интернет-коммуникации между сервером и приемниками – снижение текущих расходов. Если «сырые» данные постоянно передаются с приемников на сервер, то текущие расходы с использованием Интернета будут значительно ниже, чем при использовании телефонных линий.

4.7. Обработка базовых линий между станциями

Базовые линии между базовыми станциями в сети могут быть вычислены с реальном времени или из постобработки. Обработка базовых линий, независимо от способа GPS-наблюдений (с постобработкой или в реальном времени), решает задачу вычисления базовой линии между известной базовой станцией и неизвестным положением мобильного приемника. Вычисление базовых линий всегда выполняется в системе координат WGS84. Таким образом, координаты мобильного приемника в системе WGS84 определяются относительно координат базовой станции тоже в системе WGS84. Любые трансформации в местные системы координат выполняются позднее. Для успешной обработки базовых линий координаты базовой станции в системе WGS84 должны быть известны достаточно точно, как минимум около ± 10 м. Поскольку цель базовых станций – служить обоснованием для определения координат мобильных приемников, следовательно, необходимы точные координаты базовых станций в системе WGS84.

Существует всемирная сеть IGS (Международная служба GPS), включающая более 300 базовых станций. Координаты этих станций даются в системе ITRF. Для простоты можно сказать, что эти координаты станций являются максимально точными координатами в системе WGS84 (рис. 26).

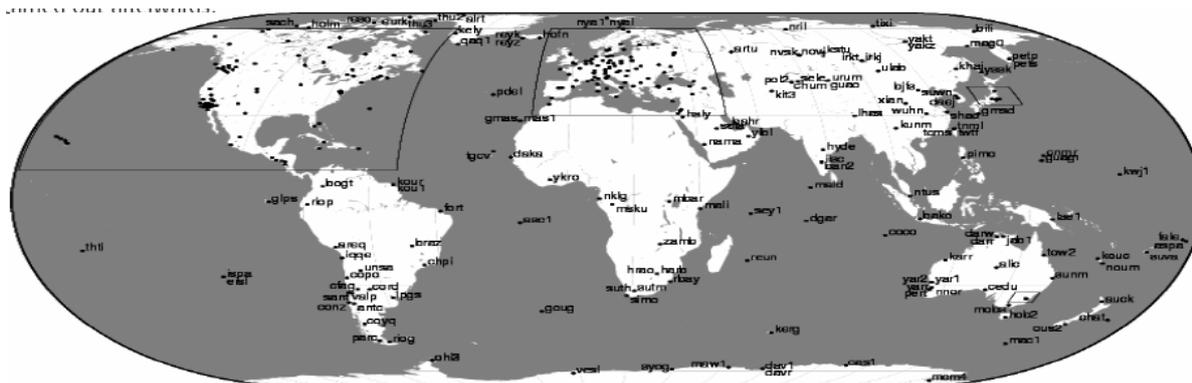


Рис. 26. Система WGS84

Для определения в системе WGS84 координат новой одиночной станции или исходной станции новой сети надо поступить следующим образом:

- Выберите одну станцию новой сети в качестве исходной.
- На этой станции соберите данные в течении как минимум 24 часов, а возможно и до 7 суток (достаточно с интервалом 1 минута).
- Загрузите данные в формате RINEX с ближайшей IGS станции или с ближайшей станции национальной сети.
- Обработайте базовые линии от станции IGS (или станции национальной сети) до исходной станции новой сети, используя данные наблюдений за 24 часа. Если данные накапливались в течение нескольких суток, то обработайте отдельно базовые линии за каждые сутки и вычислите средние значения.
- Если есть такая возможность, обработайте базовые линии от других станций IGS (или национальной сети). Усредните полученные результаты.
- Такая процедура обеспечит новую базовую станцию очень точными координатами в системе WGS84 и свяжет эту станцию с сетью IGS или национальной сетью.

- Координаты станций новой сети в системе WGS84 должны быть достоверно точными, т. е. относительная ошибка взаимного положения станций новой сети должна быть очень мала. Для достижения такого результата существует наиболее простой способ:
 - на всех станциях новой сети регистрируйте данные в течение как минимум 24 часов, а возможно, и несколько суток (достаточно с интервалом 1 минута);
 - используя координаты исходной станции в системе WGS84 в качестве координат начальной точки, обработайте все базовые линии в сети по данным за 24 часа. Можно обработать с данными за другие сутки. Выполните уравнивание результатов с использованием программного обеспечения для уравнивания. Это приведет к тому, что все станции новой сети будут иметь координаты в системе WGS84.

4.8. Спутниковая система точного позиционирования Москвы и Московской области

Спутниковая система точного позиционирования Москвы и Московской области была создана в соответствии с соглашением между Правительством Российской Федерации и Правительством Швейцарской конфедерации от 30 марта 2001 г. Система внедрена в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 525 от 09 июля 2001 г. Она предназначена для определения местоположения пользователя с сантиметровой точностью в режиме реального времени.

Спутниковые приемники, установленные на 22 базовых станциях Системы, круглосуточно в автоматическом режиме принимают сигналы со спутников космических навигационных систем ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США) и пересылают измерительную информацию в вычислительный центр. В центре выполняется сетевое решение, и по каналу связи GSM пользователю передается корректирующая информация для работы в

режиме реального времени. Одновременно информация архивируется для использования в режиме постобработки.

В режиме реального времени обеспечивается определение координат точек в системе WGS84 со средней квадратической ошибкой 2 см в плане и 3 см по высоте менее чем за 1 минуту.

В режиме постобработки обеспечивается определение координат точек в системе WGS84 в статическом режиме со средней квадратической ошибкой 1 см в плане и 2 см по высоте при времени наблюдений 1 час, а в режиме быстрой статики - 2 см в плане и 4 см по высоте при наблюдениях до 10 минут.

5. Создание основы для пространственно привязанной ГИС на основе метода электронной тахеометрии

Помимо описанных в предыдущих разделах методов пространственной привязки объектов ГИС и сбора атрибутивной информации для ее наполнения с использованием системы спутникового позиционирования в настоящее время достаточно интенсивно используются классические методы наземных геодезических измерений, причем основным продолжает оставаться метод электронной тахеометрии. Этот метод особенно актуален при сборе геопространственных данных для локальных ГИС. Под тахеометрией понимается метод определения пространственного положения точек местности путем измерения вертикальных и горизонтальных углов, а также расстояний между точками [21].

Технологическая схема работ по созданию топографических планов и карт для формирования базовой карты локальной ГИС включает создание съемочного обоснования, производство собственно съемки с пунктов съемочного обоснования и обработку результатов измерений, включающую вычислительные и графические работы. Для первых двух технологических этапов используются специальные приборы, называемые электронными тахеометрами. В данном разделе описано аппаратное обеспечение выполнения тахеометрической съемки на примере электронного тахеометра Leica TCR1205, поскольку этот прибор специально разработан для выполнения соответствующих работ. Он отвечает всем требованиям, предъявляемым к приборам такого класса и по техническим характеристикам, и по структуре бортового программного обеспечения.

Что касается офисного программного обеспечения для обработки результатов измерений и построения цифровых планов и карт, то данный вопрос будет освещен в следующем разделе пособия.

5.1. Основные требования, предъявляемые к электронным тахеометрам

Современные геодезические приборы, сочетающие в себе высокоточный теодолит и свето- или /и лазерный дальномер, называются электронными тахеометрами (рис. 27).

В состав электронного тахеометра обязательно должны входить:

- зрительная труба;
- угломерная часть;
- дальномер, а предпочтительнее - два дальномера разных типов (один – для работы на стандартную призму, а другой - для работы в безотражательном режиме);
- электронный чувствительный уровень и компенсатор;
- оптический или лазерный центрир;
- процессор, позволяющий выполнять угловые и линейные измерения и записывать результаты непосредственно во внутреннюю память или на съемную карту памяти;
- коммуникационный порт для подключения к персональному компьютеру;
- алфавитно-цифровая клавиатура;
- дисплей, на котором отображаются результаты измерений;
- отсек для установки внутренних аккумуляторных батарей;
- набор специальных программ для выполнения измерений по различным технологическим схемам – так называемое бортовое программное обеспечение.

В качестве опций могут использоваться дополнительная вторая клавиатура для работы при двух кругах, створоуказатели, блок автоматического наведения на точки и слежения за перемещением отражателя; модуль автоматического поиска отражателя; блок радиосвязи с отражателем для работы без помощника в режиме робота и т.д.



Рис. 27. Электронные тахеометры

Электронные тахеометры Leica System 1200 могут рассматриваться совместно с GNSS-приемниками этой же системы. Несмотря на принципиальное отличие приборов, у них абсолютно одинаковый пользовательский интерфейс, одинаковая клавиатура и дисплей, одинаковые функции управления и структура внутренней базы данных, абсолютно совместимые форматы данных и структура бортового программного обеспечения. Это значительным образом облегчает пользователю процесс обучения работе с обоими приборами и устраняет дополнительные трудности при интеграции разных приборов в единую технологическую схему работ.

Электронный тахеометр может располагать интегрированным GNSS-приемником (рис. 28), позволяющим одновременно с выполнением традиционной съемки собирать спутниковые данные для получения

координат съемочного обоснования с использованием системы спутникового позиционирования (Leica SmartStation).



Рис. 28 . Электронный тахеометр с интегрированным GNSS-приемником
Leica SmartStation

Электронных тахеометров выпускается великое множество. Наибольшее распространение в нашей стране получили приборы фирм Leica Geosystems (Швейцария), Trimble (США) и японских производителей Topcon, Sokkia, Nikon. В 2006 г. Московский экспериментальный оптико-механический завод начал выпуск по лицензии тахеометров Leica. Мощность завода составляет порядка 700 приборов в год и постоянно наращивается.

Электронные тахеометры отличаются точностными характеристиками, наличием одного или двух дальномеров, количеством кнопок на клавиатуре, устройством памяти (например, это может быть Flash-карта или съемная клавиатура), размерами и типом дисплея, встроенным программным обеспечением и прикладными программами и другими функциональными характеристиками.

5.2. Электронный тахеометр Leica TPS 1200

5.2.1. Главные компоненты системы

К главным компонентам системы относятся:

инструмент (рис. 29) – для выполнения измерений, вычислений и хранения данных;

Leica Geo Office (LGO) – программное обеспечение для работы в офисе, включает набор программ, обеспечивающих работу TPS 1200 (загрузка и удаление бортовых программ и приложений, редактирование координат, обмен данными между тахеометром и ПК, создание и редактирование таблиц кодов и атрибутов, создание и редактирование форматов).

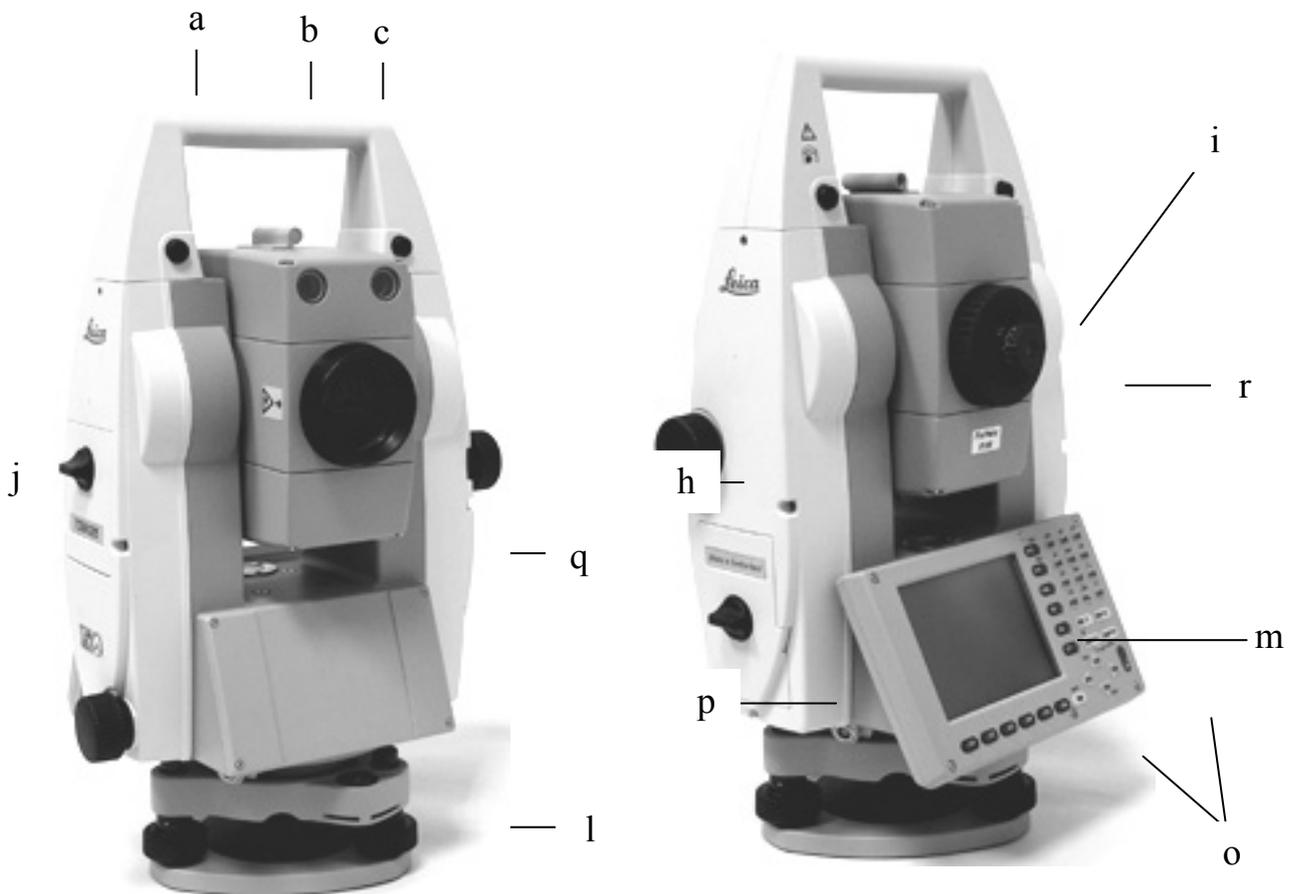


Рис. 29. Основные части электронного тахеометра:

а - съемная ручка для переноски прибора;

l - подъемные винты;

б - оптический визир;

m – дисплей;

с - зрительная труба блоком измерения расстояний;
 h - наводящий винт трубы;
 i - фокусирующий винт;
 j - отсек для установки CF-карты;
 k - наводящий винт горизонтального круга;

о - клавиатура
 р - отсек установки батареи;
 q - круглый уровень;
 г - кольцо фокусировки сетки нитей.

5.2.2. Технические характеристики

Точность угловых измерений: средняя квадратическая ошибка измерения угла может составлять в зависимости от модели - 5", 3", 2", 1".

Измерение расстояний:

в режиме работы с отражателем:

<i>Режим линейных измерений</i>	<i>Точность измерений</i>	<i>Время одного измерения</i>
Стандартные	1 мм + 2 ppm	1.5 сек
Быстрые (Fast)	5 мм + 2 ppm	0.8 сек
Слежение	5 мм + 2 ppm	<0.15 сек

в безотражательном режиме R400/R1000:

- диапазон: до 500 м / до 1000 м;
- точность: 1 мм +2 ppm при расстояниях до 500 м; 2 мм +2 ppm при расстояниях свыше 500 м;
- время одного измерения: 3-6 секунд.

Зрительная труба имеет увеличение 30 крат, поле зрения 2,7 м на 100 м.

Компенсатор 2-осевой, величина компенсируемых наклонов $\pm 4'$ и точность компенсации 0,5".

Чувствительность круглого уровня - 6'/2мм, а электронного - 2".

Клавиатура прибора состоит из 34 клавиш (12 функциональных и 12 алфавитно-цифровых) с подсветкой.

Дисплей прибора цветной или черно-белый, сенсорный, с подогревом, который включается автоматически при температуре ниже 5°C.

Лазерный отвес расположен в алидаде, вращается вместе с инструментом. Максимально допустимый диаметр круга, описываемого лазерной точкой при вращении инструмента вокруг его оси, составляет $\pm 1,5$ мм при высоте инструмента 1,5 м. Диаметр лазерной точки составляет 2,5 мм при высоте инструмента 1,5 м.

Питание прибора осуществляется от внутренней литий-ионной батареи, напряжение 7,4 В, 3,8 А/ч, время работы – 6-8 часов, либо от внешней аккумуляторной никель-металлогидридной батареи, напряжение 12 В, 8 А/ч, время работы – 20-24 часа.

Запись результатов измерений ведется на съемную компактную CF-карту объемом до 1 Мб.

5.2.3. Клавиатура прибора

Управление прибором осуществляется посредством клавиатуры (рис.30).

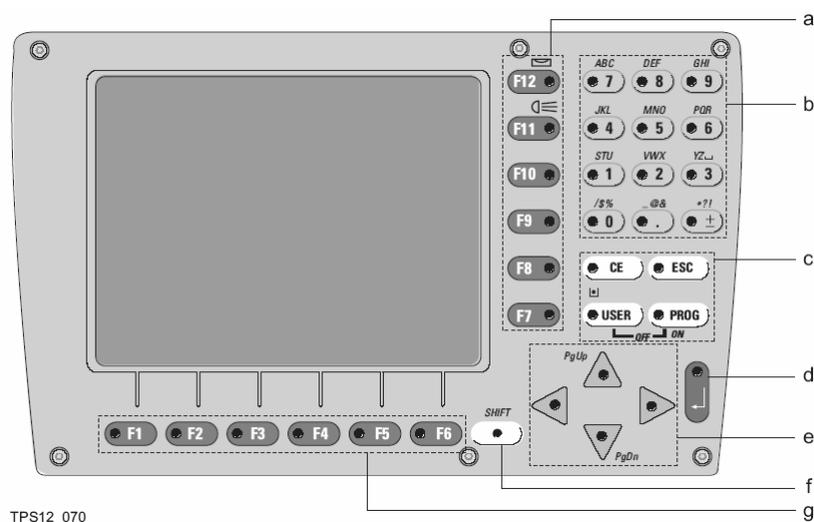


Рис. 30. Клавиатура электронного тахеометра

5.2.4. Основные клавиши и их функции

a	Горячие функциональные клавиши F7 – F12	Настраиваемые пользователем клавиши для выполнения команд.
b	Алфавитно-цифровые клавиши	Для ввода информации.
c	CE	Удаление последней введенной цифры или буквы Очистка поля при вводе новой информации
	ESC	Выход из меню или диалога без сохранения изменений
	USER	Вызов настраиваемого пользователем меню
	PROG	Доступ к меню полевых программ
d	Ввод	Выбор, список вариантов
e	Клавиша управления курсором	Перемещает курсор по экрану
f	SHIFT	Переключение между нижним и верхним уровнями функциональных клавиш
g	Функциональные клавиши управления экранными кнопками F1 – F6	Клавиши с назначенными функциями, управляющими экранными кнопками

5.2.5. Иконки статуса прибора и настроек

Текущее состояние прибора и его настроек отображается на дисплее в виде специальных иконок (рис. 31).

b c d f g h i



Рис. 31. Иконки статуса прибора

b – тип отражателя;

c – тип дальномера и режим измерений;

d – статус компенсатора и КЛ/КП;

f – статус режима кодирования;

g – линейные/площадные объекты;

h – статус памяти (CF-карта, внутренняя память);

i – уровень зарядки батарейки.

Смысл некоторых иконок:

Текущий тип отражателя

	Стандартная призма Leica		Мини-призма Leica c константой 17,5 мм
	Призма Leica 360 градусов		Мини-призма Leica c константой 0
	Отражательная пластина Leica		Мини-призма Leica 360 градусов
	Безотражательный режим		Пользовательская призма

Настройки дальногомера

IR STD	Измерение расстояний с использованием отражателя в стандартном режиме (быстром режиме, режиме слежения или режиме усреднения)	RL STD	Измерение расстояний в безотражательном режиме
------------------	---	------------------	--

Статус компенсатора и рабочее положение

	Компенсатор отключен		Компенсатор включен, но прибор не отгоризонтирован	I II	Текущее рабочее положение (при включенном компенсаторе)
---	----------------------	---	--	--------------------	---

Статус памяти

		CF-карта вставлена и может быть удалена		CF-карта не может быть удалена, возможна потеря данных
			Нет иконки	Активное устройство – CF-карта, но ее нет в приборе

5.2.6. Устройства для хранения данных

Данные сохраняются в виде базы данных на устройстве памяти. Новая CF-карта должна быть отформатирована. Для этого необходимо выполнить команду в меню **Инструм/Форматирование устройства памяти**.

5.2.7. Идеология системы: проекты и наборы настроек

Проект представляет собой файл (область памяти), в которую записываются:

- номера и координаты твердых точек и съемочных пикетов;
- результат измерений (углы и расстояния);

- координаты узловых точек снимаемых линий и площадей;
- коды;
- свойства операций усреднения результатов;
- результаты выполнения прикладных программ;
- параметры используемой системы координат.

Проект из памяти прибора может быть загружен в офисное программное обеспечение для последующей обработки или передачи в другие программы. Проект может быть подготовлен заранее в офисном программном обеспечении и затем передан в прибор, например, при подготовке выноса проекта в натуру или при формировании каталога координат опорных точек.

В приборе предусмотрено большое количество определяемых пользователем параметров и функций. Все выполненные настройки могут быть сохранены в наборе настроек. Набор настроек представляет собой организованное пользователем рабочее пространство, в котором содержатся основные настройки прибора и используемых полевых программ, в частности:

- единицы измерений;
- система кодирования;
- шаблоны нумерации пикетов;
- настройки дальномера и отражателя;
- вид информации на экране (дисплейные маски);
- настройки горячих кнопок и пользовательского меню;
- установки подсветки, подогрева дисплея, активизация сенсорного режима дисплея и др.

Наборы настроек сохраняются в памяти с именами, заданными пользователем. Их может быть сколько угодно. Активный набор настроек всегда один. В процессе работы с тахеометром исполнитель может менять

настройки (независимо от используемых в активном наборе) с использованием собственного меню и горячих кнопок. При выборе полевой программы исполнитель должен выбрать проект и набор настроек.

5.2.8. Измерение и запись результатов

Кнопки **ВСЕ(F1)**, **РАССТ(F2)**, **ЗАПИС(F3)** используются для выполнения измерений и сохранения данных.

Кнопка **РАССТ** – измерение расстояния и вывод на экран значения расстояния и углов.

Кнопка **ЗАПИС** – сохранение результатов измерений. Если расстояние измерено с помощью кнопки **РАССТ**, то записаны будут расстояние и угол, если расстояние не измерялось, то записан будет только угол.

Кнопка **ВСЕ** – измерение и запись расстояния (без вывода значения на дисплей) и углов. То же, что последовательное нажатие кнопок **РАССТ** и **ЗАПИС**.

5.2.9. Главное меню

Главное меню - это первая страница, появляющаяся на экране дисплея после включения прибора. Ниже приведены описания основных функций главного меню:

1.Съемка – выполнение измерений.

2.Программы – выбор и запуск полевых программ.

3.Менеджер – управление проектами, данными, списками кодов, наборами настроек, типом отражателя и системами координат.

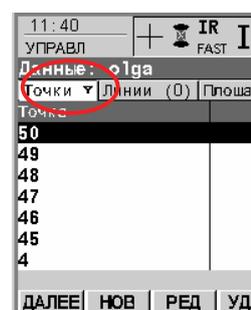
4.Преобраз... – экспорт данных из проекта, записанного во внутреннем формате тахеометра, в файл на CF-карте в формате, описанном пользователем; импорт файлов с CF-карты в текстовом или GSI форматах в проект (в собственном формате прибора).

5.Конфиг... – доступ ко всем настройкам, имеющим отношение к процессу съемки, прибору и интерфейсам.

6. *Инструм...* – выполнение проверок, форматирование устройств памяти, загрузка системного программного обеспечения в прибор, передача файлов, не имеющих отношения к результатам измерений, из прибора на CF-карту.

5.2.10. Управление данными (менеджер данных).

Данные хранятся в базе данных проекта в виде объектов. Под данными или объектами понимаются точки, линии и площади, которые имеют уникальный идентификатор (имя) и могут иметь или не иметь кода. Менеджер данных позволяет управлять данными, хранящимися в активном проекте, т. е. просматривать их и связанную с ними информацию, редактировать, удалять, фильтровать и создавать новые данные. Список данных, выводимый на экран, имеет порядок, заданный в настройках сортировки. Данные также могут фильтроваться. Если включен фильтр, то в заголовке на соответствующей вкладке появится специальный значок.



Точки могут относиться к различным классам:

Класс	Описание
Нет	Точки, на которые выполнены только угловые измерения
EST	Точки, координаты которых получены из офисного ПО
Измеренная	Точки, на которые выполнены угловые и линейные измерения и точки, координаты которых получены в результате выполнения полевых программ
Среднее	Точки с одинаковым именем, на которые выполнено несколько измерений
Опорная	Станции
Уравненная	Точки, координаты которых получены из уравнивания в офисном ПО

Контрольная	Контрольные точки. Автоматически присваивается точке, если ее координаты введены вручную, а не получены в результате измерений.
-------------	---

Редактирование точек: для всех точек кроме класса Опорная можно изменять имя, для точек класса Контрольная и EST можно редактировать также и координаты.

5.2.11. Работа с линейными и площадными объектами

Эти функции особенно важны при съемке для формирования ГИС. Линия будет активной, если она открыта. Это означает, что съемочный пикет будет добавляться в качестве узловой точки в данную линию. Если открыто две линии, пикет будет добавлен к обеим. Линия имеет свое уникальное имя, может иметь код и тип линии.

Для создания линии нужно войти в менеджер данных, перейти на вкладку линии и нажать кнопку **НОВ**. Для открытия существующей линии нужно выполнить те же операции, но нажать кнопку **ОТКР**. *Замечание:* при выполнении операций с линиями нет необходимости выходить из программы.

Для удобства выполнения съемки можно настроить горячие клавиши, например F7 – ФУНК Созд. нов. лин. объект, а F8 – ФУНК Созд. нов. площ. объект. *Замечание:* список всех объектов и вся информация об объектах отсортирована по времени создания и записывается в файл протокола. Данные могут быть сортированы и фильтрованы по различным критериям.

5.2.12. Конфигурации (Конфиг...)

Настройки съемочных параметров (Настройки съемки...)

Шаблоны идентификаторов - настройка шаблонов именования точек, линий, площадей, точек автоматической регистрации.

Настройка визуализации

Эти настройки позволяют с помощью масок выбрать информацию, которая будет отображаться на экране. Масок всего 4 – они управляют видом страниц дисплея.

Маска 1 – первая (обязательная) страница дисплея в программе Съёмка;

Маска 2 и *Маска 3* – вторая и третья страницы дисплея в программе Съёмка, могут быть по желанию скрыты.

Маска 4 – страница, зарезервированная для прикладных программ, кроме Съёмки.

Настройки кодирования позволяют описать параметры кодирования:

- возможность использовать быстрое кодирование и количество цифр в быстром коде;
- параметры регистрации свободных кодов (до регистрации точки или после);
- настройки атрибутов (сохранять значение по умолчанию или сохранять последнее введенное значение атрибута);
- тематические коды выбираются из списка кодов или работа выполняется без списка кодов.

Тема кодирования объектов будет более подробно описана в следующих разделах пособия.

Использование сдвигов

Функции сдвигов (смещений) позволяют определить координаты точек, на которые отражатель не может быть установлен непосредственно (рис. 32). Сдвиги могут быть продольные, поперечные и по высоте. В настройках можно задать значения сдвигов и указать, являются ли величины сдвигов постоянными либо эти значения обнуляются после каждой зарегистрированной точки.

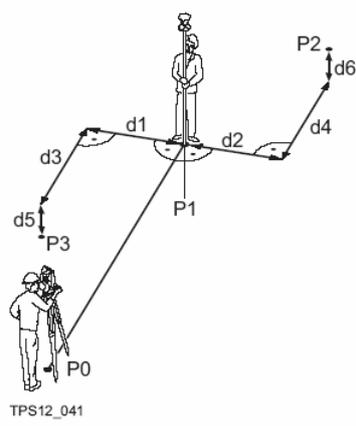


Рис. 32. Смещения (сдвиги)

- P0 – станция
- P1 – съемочный пикет
- P2 – точка со сдвигом
- P3 – точка со сдвигом
- d1 – поперечный сдвиг со знаком « - »
- d2 – поперечный сдвиг со знаком « + »
- d3 – продольный сдвиг со знаком « - »
- d4 – продольный сдвиг со знаком « + »
- d5 - сдвиг по высоте со знаком « - »
- d6 – сдвиг по высоте со знаком « + »

5.2.13. Настройки инструмента

Настройки дальномера и ATR

Здесь описываются тип дальномера и режим линейных измерений, тип отражателя и включается режим автоматических измерений (ATR и LOCK).

Окно поиска

Здесь задаются размеры окна, в котором будет выполняться поиск отражателя в автоматическом режиме. Поиск выполняется либо с помощью блока ATR, либо посредством модуля PowerSearch.

Автоматический поиск отражателя

Здесь определяется поведение прибора после потери цели. Если установлен режим захвата цели, то после ее потери траектория движения отражателя будет прогнозироваться в течение заданного здесь периода времени. По истечении этого времени поиск будет осуществляться с помощью модуля ATR (в пределах заданного окна) либо модуля PowerSearch.

Поправки TPS

Здесь вводятся значения температуры и давления для вычисления атмосферной поправки в измеренные расстояния, значения геометрической коррекции и коэффициент рефракции.

Компенсатор

Здесь существует возможность включать и отключать компенсатор.

5.2.14. Общие настройки

К общим настройкам относятся:

- настройка «горячих» клавиш и пользовательского меню;
- настройка единиц измерения;
- выбор языка сообщений;
- настройка подсветки дисплея, клавиатуры и сетки нитей;
- включение лазерного визира;
- настройка стартовой страницы и режима отключения и др.

Общие настройки могут быть выполнены в режиме *Проводника* либо по пунктам.

Клавиши F7-F12, Shift F7 – Shift F10 («горячие» клавиши) и меню USER могут быть настроены на выполнение определенных функций.

Информация о состоянии настроек некоторых функций доступна с помощью меню USER и клавиши СТАТ (F3). Здесь будет выведена информация о станции, о состоянии батареи и памяти, о версиях

программного обеспечения прибора, об активном интерфейсе и состоянии уровня и лазерного отвеса.

5.2.15. Быстрые настройки

Быстрый доступ к наиболее часто используемым настройкам может быть обеспечен последовательным нажатием клавиш **Shift** и **User**. Например, нажав **Shift User** и **4**, можно изменить режим измерения расстояний. Изменения вступают в силу немедленно, при этом работа по программе не будет прервана. На экране отображаются варианты настроек, которые вступят в силу после выполнения изменения (рис. 33). Например, для входа в безотражательный режим следует просто нажать комбинацию клавиш **Shift User** и **3**.



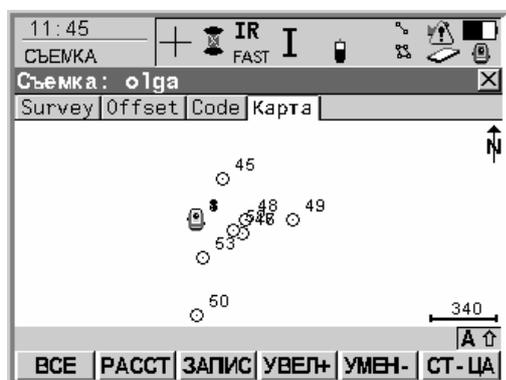
Рис. 33. Меню быстрых настроек

Ниже приведено описание пунктов меню быстрых настроек.

Функция	Вариант	Описание
ATR	ДА/НЕТ	Включить/Отключить модуль автоматического поиска отражателя (ATR)
ЗАХВ	ДА/НЕТ	Включить/Отключить режим слежения за отражателем
Тип EDM	БЕЗОТРАЖ./ИК	Переключение между типами дальномера IR/RL. В

		безотражательном режиме работа модуля АTR и режим захват отключаются
Режим EDM	Трекинг/Стандартный	Переключение между режимами измерения расстояний Стандартный/Трекинг (слежение)
Режим RSC	ДА/НЕТ	Включение/Отключение режима работы с контроллером удаленного доступа в роботизированном режиме
Верт-Круг	Вращение/Закрепить	Значение вертикального угла меняется или не меняется после измерения расстояния и до регистрации
Перевод трубы через зенит		Изменение рабочего положения КЛ/КП в автоматическом режиме для приборов, оснащенных сервомоторами.

5.2.16. Интерактивный графический дисплей



Эта функция доступна во всех программах и в менеджере данных. На карте в реальном времени будут представлены все результаты работы. В зависимости от выбранной программы страница будет функционировать в

различных режимах. Таких режима три:

Режим карты – может быть использована для просмотра, редактирования и выбора точек, для просмотра линейных и площадных объектов базы данных.

Режим схемы – может быть использован для просмотра результатов в некоторых программах, например *Координатной геометрии*.

Режим съемки – является частью программы *Съемка*, доступна также в программе *Разбивка*. Подобна режиму *Карты*, но также отображает положение прибора и отражателя.

Графический дисплей может быть настроен, эти настройки будут сохраняться в наборе настроек. Настройка выполняется на трех вкладках: Точки, Лин. и площ. объекты, Дисплей. Существует возможность отображать на экране точки с номером, кодом, отметкой и контрольной информацией либо скрыть соответствующую информацию или даже сами точки. Линии и площади (с номерами и кодами) также могут выводиться на экран или быть скрыты. Для вывода на экран точек различных классов могут быть выбраны различные символы.

6. Бортовое программное обеспечение электронного тахеометра

Leica TPS1200

6.1. Общие положения

Бортовые программы электронного тахеометра делятся на основные и дополнительные. К основным относятся программы: Съёмка, Установка прибора на станции, Разбивка, COGO (Координатная геометрия). К дополнительным программам относятся: Опорная линия, Опорная плоскость, Измерение углов круговыми приемами, Вынос в натуру по цифровой модели рельефа, Определение системы координат, Дорожник, Скрытые точки, Измерения в ходе и др.

Существует также возможность написания собственных бортовых программ для тахеометра на языке GeoC++. Доступ к программам осуществляется с помощью клавиши *PROG* или выбором в меню пункта *Программы*. Одновременно может быть запущено до 4 программ. Идеология программ одинаковая. На стартовой странице вводится информация о проекте, в который будут записаны результаты измерений, о системе координат, списке кодов, наборе настроек и типе отражателя. Непосредственно со стартовой страницы можно входить в менеджеры проектов, данных, систем координат, кодов, настроек и отражателей, что позволяет сразу же сформировать новые или отредактировать существующие проекты, данные, системы координат и т.д.

На стартовой странице дисплея присутствуют три дисплейные кнопки (рис. 34). Со стартовой страницы можно перейти к собственно выполнению программы (кнопка **ДАЛЕЕ**); или перейти к конфигурации программы (кнопка **КОНФ**); или перейти к описанию станции и заданию ориентировки, т. е. запустить подпрограмму «Установка» (кнопка **НАСТР**).



Рис. 34. Стартовая страница программы

Это общий принцип, хотя существуют некоторые отличия в разных программах. Например, в программе *Разбивка* на стартовой странице дополнительно необходимо прописать имя файла-проекта, содержащего проектные данные для выноса в натуру. Такой файл должен быть подготовлен заранее, в него ничего не будет записываться в процессе измерений. Аналогично в программе *Ход* дополнительно прописывается файл-каталог опорных точек.

Следующим важным моментом является конфигурация программы. Параметры конфигурации отличаются в разных программах, но суть их состоит в выборе методов выполнения работ, задании допусков (контролей), активизации режимов усреднения, настройки режима автоматических измерений, описании специальных файлов протокола и пр. Под файлом протокола здесь понимается сводка результатов *вычислений*, полученных в процессе выполнения программы, в отличие от результатов *измерений*, которые записываются в файл активного проекта.

6.2. Бортовая программа Съёмка

Стартовая страница программы *Съёмки* позволяет выбрать проект, систему координат, список кодов и набор настроек. Текущие проект, координатная система, список кодов и набор настроек могут также быть выбраны из главного меню Менеджер.

Описание экранных кнопок в программе:

ДАЛЕЕ (F1) – подтверждает выполненные установки и переходит к следующему экрану.

КОНФ (F2) – переходит к экрану настройки программы съемки.

НАСТР (F3) – переходит к программе Установка (описание станции и ориентировки).

ГГС (F6) – позволяет выбрать систему координат.

В программе *Съемка* может быть выбран режим автоматического измерения и регистрации результатов (*Авт. Измер.*) через заданные промежутки времени, в соответствии с заданным расстоянием или превышением и др. Могут быть записаны только координаты точек или координаты и результаты измерений. Автоматически регистрируемые точки могут сохраняться вместе со сдвигами (вправо и влево), формируя тем самым три цепочки. Такая функция очень полезна при съемке линейных объектов, таких как дорожная сеть.

6.3. Бортовая программа Установка

Является подпрограммой для описания станции и ориентировки в программе *Съемка*. Это процедура доступна также из любой полевой программы.

В программе предусмотрены четыре метода описания станции:

Задать азимут – установка прибора на точке с известными координатами и ориентация по известному азимуту. Для выполнения необходимо навести прибор на ориентирную точку и ввести значение азимута либо присвоить этому направлению значение $Az=0$.

Опорная ЗПТ - установка прибора на точке с известными координатами и ориентировка на пункт с известными координатами.

Передача ориентировки и высоты (Н) - установка прибора на точке с известными координатами и ориентировка путем измерения углов

или углов и расстояний, на известные ориентирные пункты, отметка новой станции может быть вычислена.

Обратная засечка - установка прибора на точке с неизвестными координатами и ориентировка путем измерения углов или углов и расстояний на известные ориентирные пункты. Координаты станции и ориентировка вычисляются по измерениям по методу наименьших квадратов или робастным способом.

Параметры программы *Установка* могут быть настроены, в том числе существует возможность генерировать файл протокола, в который записываются данные из прикладных программ. Для этого необходимо выбрать форматный файл, созданный в офисном ПО. Этот форматный файл определяет порядок записи данных в файл протокола.

6.4. Бортовая программа COGO – решение задач координатной геометрии

Бортовая программа COGO имеет собственное меню, позволяющее запускать 6 подпрограмм: Обратная задача, Прямая задача, Засечки, Расчет линии, Расчет дуги и Сдвиг, Поворот и масштабирование.

Выбор программы COGO из программного меню обеспечивает вход на стартовую страницу, где вводятся описанные выше административные данные и существует возможность описать станцию и выполнить ориентировку. После выполнения этих операция – переход к меню COGO для выбора задачи (подпрограммы).

6.4.1. Обратная задача

Решение обратной геодезической задачи предполагает определение дирекционного угла, горизонтального проложения, превышения, наклонного расстояния, уклона и приращений координат по двум точками. Точки могут быть выбраны из файла проекта, координаты точек могут быть введены вручную либо определены по результатам измерений на них.

Для визуализации решения задачи удобно воспользоваться картинкой на закладке Карта.

6.4.2. Прямая задача

Смысл решения прямой геодезической задачи состоит в определении координат точки по значению угла и горизонтального проложения. Здесь возможны два метода: Дирекционный угол и Угол (между направлением на определяемую точку и ориентирным направлением – задняя ориентирная точка). Точка, с которой выполняется передача координат, и ориентирная точка могут быть выбраны из файла проекта, созданы вручную или измерены. Измерения будут запущены при нажатии дисплейной кнопки СЪЕМКА (рис. 35). Значение дирекционного угла и горизонтального проложения могут быть выбраны из последнего решения обратной задачи (кнопка ПОСЛД). Значение угла может быть изменено на некоторую величину, заданную на специальной странице SHIFT + F4 (ИЗМЕН). Результаты решения задачи будут получены, если нажать кнопку ВЫЧСЛ.

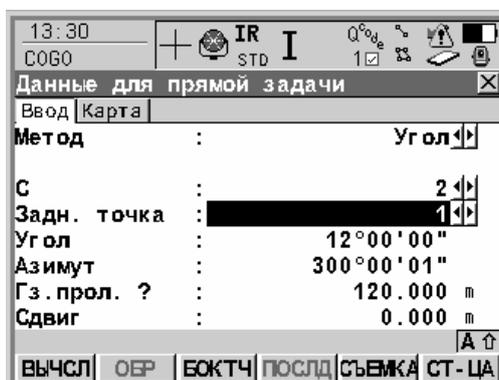


Рис. 35. Вид дисплейной страницы при решении прямой задачи

Полные сведения по всем бортовым программам подробно представлены в специальном Руководстве пользователя по Полевым программам электронного тахеометра Leica TCR 1200, входящем в комплект поставки прибора.

6.5. Обмен данными между тахеометром и компьютером

Данные, хранящиеся в проекте во внутреннем формате прибора, могут быть экспортированы в соответствии с выбранным форматным файлом:

- в файл на CF-карте;
- в файл во внутренней памяти прибора (если есть);
- на внешнее устройство посредством последовательного порта RS232 и соответствующего кабеля передачи данных.

Экспорт выполняется с помощью команды Преобраз/Экспорт данных из проекта. При конвертации можно пользоваться фильтром (F4).

Для выполнения экспорта должен быть создан (с помощью Менеджера Форматов в офисном программном продукте Leica Geo Office) как минимум один форматный файл, записанный в оперативную память прибора.

Данные в стандарте ASCII (текстовый формат) могут быть импортированы в проект на CF-карту или во внутреннюю память прибора. Если данные будут переданы на CF-карту, для считывания информации в персональный компьютер необходимо дополнительное устройство, называемое карт-ридером. После установки съемной карты памяти в карт-ридер, подключенный к компьютеру как внешнее или встроенное устройство, данные в виде файлов могут быть считаны с помощью стандартных процедур операционной системы Windows.

6.5.1. Передача данных из тахеометра в компьютер

Выполнить передачу данных, полученных при работе в программе Съёмка, из тахеометра в компьютер можно с использованием кабеля обмена данными. Порядок действий при этом следующий:

- Подключить кабель в ком-порт компьютера и в разъем прибора.

- Выполнить преобразование проекта на CF-карту из собственного формата прибора в нужный формат. При конвертации можно пользоваться фильтром.
- Проверить настройки интерфейса и установить режим GeoCOM RS232.
- Запустить программу LGO. Выполнить команду: Tools/Data exchange manager/ Serial Port и т. д.

6.5.2. Передача данных из компьютера в тахеометр

Данные из dxf-файла должны быть подготовлены и записаны в job-файл, который передается в тахеометр. Подготовка данных выполняется в программе LGO. Порядок действий при этом следующий.

Выберите в Tools (Инструменты) программу Design to Field. Создайте новый job-файл (рис. 36).

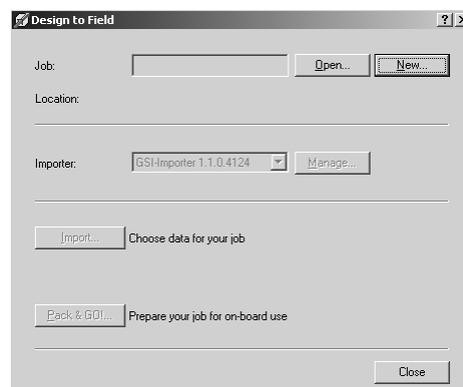


Рис.36. Окно Design to Field в программе LGO

Обратите внимание на установленный тип импортера – Importer Type: Points, Lines & Areas Importer. Введите имя нового JOB-файла. Нажмите кнопку ОК и затем Import. Следуйте инструкциям мастера dxf-конвертора. Выберите с помощью навигатора нужный dxf-файл.

В открывшемся окне вы можете отключить слои, из которых не нужно выполнять конвертацию объектов. В примере на рис 37 справа

отключены слои, содержащие заливки и символы. Вы можете задать шаблоны именования точек и линий.



Рис. 37. Пример выбора слоев

Выполните команду Pack&Go (рис. 38) для подготовки данных для использования в тахеометре и нажмите кнопку Close.

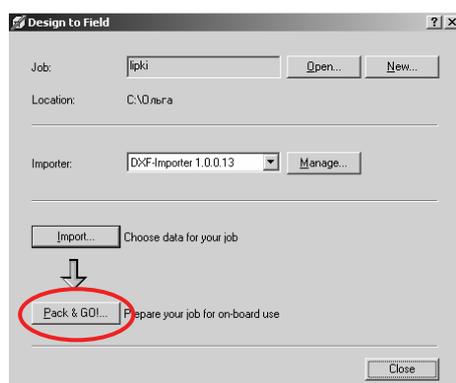


Рис. 38. Выполнение команды Pack&Go

Создайте новый проект, выполнив команду меню File/New Project, и введите имя проекта. В новый проект надо добавить подготовленные данные. Для этого необходимо выполнить команду меню Import/Raw Data. Обратите внимание на тип отображаемых данных, должен быть выбран тип Database points (DBX, GeoDB). Выберите нужный файл из списка, нажмите кнопку Import и затем Assign.

Обмен данными с тахеометром. В LGO выберите менеджер обмена данными (Tools/Data Exchange Manager). На экране компьютера вы увидите картину, подобную изображению на рис. 39. Подключите прибор к компьютеру, например, посредством кабеля передачи данных. В окне

слева выберите нужный порт и откройте папку CF-Card/Objects/Jobs. В окне справа нужный проект находится в папке Objects/Projects. Перетащите ваш проект (в примере New) с помощью мыши в папку Jobs.

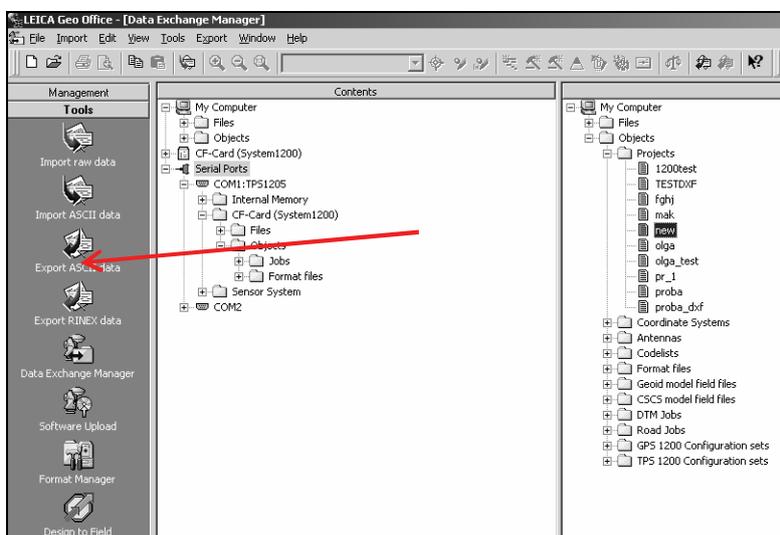


Рис. 39. Менеджер обмена данными

Активизируется процесс передачи данных в тахеометр. По завершении процесса выключите тахеометр. Включите прибор снова и войдите в Менеджер Проектов, проверьте наличие нового проекта, содержащего данные из dxf-файла.

7. Вопросы автоматизации измерений

Автоматизация измерений подразумевает работу в так называемом режиме «полуробота», когда управление прибором выполняются оператором с клавиатуры прибора, а поиск отражателя и наведение на цель выполняется в автоматическом или роботизированном режимах, которые еще называется «One man station». Во втором случае управление прибором выполняется дистанционно с пульта управления, установленного на вехе с отражателем. В этом случае съемка может выполняться одним оператором, без помощника. Автоматизированные приборы должны быть оснащены специальными сервомоторами.

При автоматизированных измерениях в режиме «полуробота» существует два способа поиска отражателя:

- с использованием модуля *ATR*;
- с использованием модуля *PowerSearch*.

7.1. ATR – система автоматического распознавания цели (отражателя)

Чувствительный элемент блока ATR излучает невидимый лазерный луч, который отражается от любой стандартной призмы и принимается встроенной цифровой матрицей с высоким разрешением. Наличие активного отражателя, который бы излучал собственный сигнал, не требуется. Для распознавания изображения призмы используются различные алгоритмы. После распознавания вычисляются горизонтальное и вертикальное смещения положения центра призмы относительно центра цифровой камеры. Эти смещения передаются на блок управления сервомоторами, и выполняется приближенное наведение центра сетки нитей на отражатель (рис. 40). Однако наведение выполняется не точно, а в пределах 2 минут отклонения от действительного центра призмы (в зависимости от режима измерения расстояния). Остаточные смещения вводятся в виде поправок в отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам. Такой подход позволяет сократить время наведения тахеометра на цель.



Рис. 40. Поиск отражателя с системой ATR

Замечание: отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам всегда определяются относительно центра отражателя, даже если при визуальном контроле перекрестье сетки нитей наведено не точно на центр призмы.

Возможны два варианта измерений с использованием АТР:

- 1). Если отражатель **находится** в поле зрения и в настройках прибора выбран вариант «Автоматизация: АТР», то перекрестье сетки нитей автоматически наводится на отражатель, как только будет нажата клавиша измерений ВСЕ или РАССТ. Поиск отражателя не выполняется;
- 2). Если отражатель не находится в поле зрения, то в момент нажатия кнопки измерения ВСЕ или РАССТ стартует процедура поиска отражателя. Пространство в пределах заданного окна поиска сканируется линия за линией, начиная от визирной оси. Если призма не будет найдена, то поиск может быть продолжен с помощью увеличенного окна поиска.

Окно поиска АТР (КОНФИГ/Настройки инструмента/Окно поиска) автоматически рассчитывается относительно текущего положения визирной оси прибора. Вертикальный и горизонтальный размеры окна могут быть заданы пользователем. Нажатие клавиш измерения активизирует алгоритм поиска отражателя в пределах окна.

Динамическое окно: если выбрана установка «Поиск от: АТР», то после потери цели поиск будет выполняться в динамическом окне. Окно по горизонтали простирается от точки потери отраженного сигнала до текущего положения зрительной трубы и в противоположную сторону. Размер окна по вертикали составляет треть от горизонтального размера.

При работе в режиме автоматики с использованием модуля АТР возможны следующие варианты настройки:

- Автоматизация: АТР - при такой конфигурации выполняются измерения на неподвижный отражатель. Могут выполняться измерения или поиск отражателя.
- Автоматизация: ЗАХВ – при такой конфигурации системы модуль АТР используется не только для поиска отражателя, но и для

слежения за движущейся призмой. При потере отраженного сигнала от призмы будет выполнен новый поиска отражателя и затем захват и слежение за отражателем.

7.2. PowerSearch (PS) – система поиска отражателя

Блок PowerSearch состоит из передатчика и приемника, встроенных в нижнюю часть зрительной трубы, и используется для распознавания призмы с помощью алгоритмов обработки цифрового сигнала. При вращении тахеометра вокруг своей оси невидимая вертикальная лазерная полоска (144° градуса по высоте и 1',5 минуты по ширине) сканирует пространство. При попадании отражателя в сканирующую полосу отраженный сигнал будет принят, сличен с образцом, распознан как отражатель. Вращение прибора будет остановлено. Точное наведение сетки нитей на центр отражателя (правильнее сказать, приближенное наведение и вычисление поправок в отсчеты по кругам, отнесенных к центру отражателя) будет выполняться с помощью блока ATR в области, ограниченной вертикальной лазерной полоской.

Быстрое однократное включение процедуры поиска выполняется с помощью меню быстрых настроек *SHIFT+USER* и *F6 (P.иск)*.

Существует несколько вариантов процедуры поиска с помощью модуля PowerSearch:

- *Поиск в пределах всей окружности (360°*. Если в конфигурациях окна поиска установлена настройка *Окно поиска: Выкл*, то при однократном запуске PowerSearch прибор выполнит полный оборот по ходу часовой стрелки. Если отражатель будет обнаружен, то будет запущена процедура наведения на цель с помощью модуля ATR.
- *Окно поиска*. Границы области поиска могут быть заданы пользователем. Настройки области выполняются в конфигурациях

окна поиска. Для этого необходимо приближенно навести трубу сначала на левый верхний или нижний угол окна, а затем на правый противоположный угол. То есть задать окно поиска диагональным размером. Кроме того, задается глубина области поиска, т. е. минимальное и максимальное расстояние в пределах которых будет выполняться поиск отражателя.

7.3. Слежение за движущейся призмой. Захват цели

Функция захвата цели позволяет тахеометру следить за движущейся призмой. Если выполнена настройка АТР «Автоматизация: ЗАХВ» и производятся измерения, то активизируется модуль распознавания цели АТР. Прибор выполняет захват призмы и начинает слежение за ее перемещениями. Поправки, определяемые модулем АТР, непрерывно вводятся в угловые измерения. Если отражатель потерян, поиск выполняется с помощью АТР или PowerSearch, в зависимости от настроек. После потери сигнала от отражателя для его поиска используется прогнозируемая траектория движения, которая автоматически определяется на основе средней скорости и направления движения отражателя. Если цель потеряна, прибор продолжает движение в течение некоторого времени, заданного в настройках, и только затем останавливает свое движение и сигнализирует о полной потере цели.

7.4. Работа в роботизированном режиме

Как уже отмечалось выше, работа с тахеометром может выполняться дистанционно, в режиме удаленного доступа. Прибор и контроллер (пульт управления прибором), установленный на вехе, должны быть оснащены радиомодемами для установки связи между собой. Тахеометр будет управляться посредством такой радиомодемной связи с контроллера RX 1200 (рис. 41).



Рис. 41. Контроллер для управления тахеометром в роботизированном режиме

Пользовательский интерфейс, содержание дисплейных страниц, программное обеспечение и функциональные клавиши контроллера абсолютно идентичны соответствующим особенностям тахеометра. Различие состоит в том, что контроллер имеет клавиатуру со стандартной раскладкой QWERTY. Связь между тахеометром TPS1200 и контроллером RX1220 устанавливается с помощью радиомодемов. Контроллер RX1220 имеет встроенный радиомодем.

8. Топологические связи в ГИС

8.1. Типы и свойства пространственных объектов

Все пространственные объекты в ГИС могут быть разделены на простые и сложные. Под простым объектом будем понимать объект, принимаемый за неделимый. Под сложным объектом понимается два или более простых объекта, рассматриваемых как единое целое.

Как уже отмечалось ранее, объекты в ГИС должны иметь координатные и атрибутивные свойства. Под атрибутом объекта понимается его свойство, качественная или количественная характеристика, выражаемая ее значением. Атрибутивные данные составляют непозиционную часть пространственных данных, называемую также их семантикой.

8.2. Основные типы моделей пространственных данных

Модель – это такое представление данных, которое наиболее адекватно отображает характерные свойства реального объекта, существенные для конкретного пользователя или процесса [14]. Под моделью пространственных данных будем понимать набор объектов, сформированных с учетом связей между объектами, а также с учетом общих для этих объектов правил цифрового описания и алгоритмов управления ими. В моделях пространственных данных разного типа используются различные форматы данных.

Можно выделить два основных типа моделей пространственных данных, описанных ниже.

Растровая модель. Модель пространственных данных, описывающая предметную область в виде набора пикселей с присвоенными им значениями.

Векторная модель данных. Модель данных, геометрические свойства которых описаны с помощью примитивов, могущих иметь топологические отношения.

Под примитивом понимается обобщенный тип пространственного объекта с присущими ему геометрическими свойствами и размерностью.

К основным типам примитивов относятся:

- точечный объект, положение которого описывается парой координат (X и Y);
- сегмент - отрезок прямой, соединяющий два точечных объекта;
- линейный объект, образованный последовательностью одного или более сегментов;
- полигональный (площадной) объект, ограниченный замкнутым линейным объектом;
- поверхность – как объект, образующий в своих границах непрерывное поле значений координат Z в системе пространственных прямоугольных координат;
- тело, представляющее собой трехмерный объект.

Векторная модель данных, как правило, включает описание топологических отношений между пространственными объектами. Очень важной характеристикой векторных ГИС являются топологические отношения пространственных объектов. Под этими отношениями понимаются свойства пространственных объектов, не нарушающиеся при деформациях. Топология определяет наличие связей между пространственными объектами и ее тип. Например, при слиянии двух рек имеется один вид топологической связи, а при пересечении улиц - другой. Кроме того, две дороги могут пересекаться, а могут проходить одна над другой [15]. Неправильное представление топологических связей пространственных объектов влечет за собой некорректное функционирование ГИС при анализе и получении ответов на запросы. Так,

например, если не определена топологическая связь для двух пересекающихся дорог, то на запрос о возможности переезда с одной дороги на другую будет получен отрицательный ответ, хотя в реальности это не так. Программное обеспечение ГИС должно позволять осуществлять поиск и коррекцию топологических ошибок в данных, а также поддерживать основные топологические операции, типа определение соседства, включение, пересечение и т.п.

9. Принципы полевого кодирования объектов ГИС

Полевой код – это некоторое описание, которое может быть сохранено вместе с объектом или отдельно от него. Полевое кодирование представляет собой мощное средство структурирования информации, собираемой для формирования ГИС, при этом кодирование также является средством автоматизации работ. Возможны две системы кодирования: тематическое и свободное.

Тематические коды связаны с объектом (точкой, линией, площадью), измеренным в поле. Тематические коды могут быть трех типов: код точки, код линии и код площади.

Свободные коды – не связаны непосредственно с объектами, а могут записываться в интервале между съемочными пикетами. Свободный код связан со временем записи и имеет временную метку.

Дополнительно и те и другие коды могут быть быстрыми, т. е. состоящими из 1, 2 или 3 цифр (по выбору пользователя, что описывается в наборе полевых настроек прибора).

К коду может быть приписаны атрибуты, позволяющие сохранять дополнительную информацию. Атрибуты не являются обязательными. Полевое кодирование может выполняться с помощью заранее сформированного списка кодов либо без него. Таблицы кодов могут быть двух типов:

- коды, записанные в оперативную память прибора. Доступ к редактированию таких кодов осуществляется из менеджера списка кодов (Менеджер/Списки кодов);
- коды, содержащиеся в активном проекте. Доступ к редактированию таких кодов осуществляется из бортовой программы либо из Менеджера Проектов. Если кодирование выполняется с таблицей кодов, то удобно настроить одну из горячих клавиш прибора на выбор свободного кода. Если кодирование выполняется без таблицы кодов, то удобно сконфигурировать одну из горячих кнопок на быстрое кодирование.

9.1. Передача кодов в офисное программное обеспечение.

Смысл кодирования заключается в том, что при передаче данных в офисное программное обеспечение точечный объект по коду будет замещен соответствующим условным знаком (символом), линейные или площадные объекты будут по коду объединяться с учетом топологических связей. Кроме того, по коду соответствующие точки будут делиться по слоям, что чрезвычайно важно для структурирования информации и облегчения графических построений с использованием полевых абрисов.

При выполнении полевых работ для идентификации точек рекомендуется использовать номер (имя точки) и ее код. Например, точка с номером 56 имеет код 345. Это может обозначать, что пикет 56 представляет собой столб. В офисном программном обеспечении для обработки результатов съемок обязательно предусматривается возможность автоматически присоединить ко всем точкам с одинаковым кодом соответствующий условный знак, атрибуты, функции и т.д. Для этого используется таблица кодов.

Все коды точек, которые присутствуют в любом открываемом документе, автоматически загружаются в таблицу кодов. Как только вы

открываете файл или импортируете данные в файл результатов измерений, все новые коды точек включаются в активную таблицу кодов. В таблице имеются все коды точек - не только присутствующие в открытом документе, но и те, которые были в открывавшихся ранее документах. Использующиеся коды нельзя удалить. Как правило, присутствует возможность создания и использования разных таблиц кодов. Выбор таблицы должен быть предусмотрен в программном обеспечении.

9.2. Передача атрибутов в офисное программное обеспечение

Атрибут представляет собой дополнительную характеристику объекта. Например, код точки 300 обозначает объект «Лиственное дерево». В качестве атрибутов этого объекта могут использоваться «Порода» и «Диаметр ствола». Атрибуты могут иметь разные значения. Например, «Порода = береза», «Диаметр ствола=30см».

Атрибут можно присоединить к коду точки, к символу или одновременно и к коду, и к символу. Атрибуты можно записывать во время полевых работ в файлы используемых накопителей информации, вносить или редактировать их в документах в программном обеспечении и изменять значения атрибутов в документах типа Чертеж. Если атрибут присоединен к коду точки, каждой точке с этим кодом можно присвоить значение атрибута по умолчанию.

Значения атрибутов можно выводить на чертеж вместе с символом (например, условный знак «Дерево» с указанием породы и диаметра ствола). Для этого сначала необходимо создать требуемый символ с атрибутами.

Количество присоединяемых к коду точки атрибутов не ограничено. Значение атрибута относится к точке, но тип атрибута относится к коду точки. Значения атрибутов можно редактировать и удалять. Если

необходимо удалить присоединение атрибута к коду точки, то удаляется связь между кодом и атрибутом, но не сам атрибут.

Атрибуты представляют собой дополнительную информацию о точке. Их можно использовать для каждой точки, но автоматически они присоединяются к кодам и относятся к отдельной точке. Таким образом, помимо номера и кода точка может характеризоваться атрибутом. Например, точка 234 с кодом 44 представляет собой пикет на трубопроводе. Диаметр трубопровода может быть атрибутом. Атрибут «Диаметр» может иметь разное значение. К одному коду можно присоединить несколько атрибутов. Атрибуты можно включать в качестве составной части символа (условного знака), который, в свою очередь, присоединяется к коду точки.

9.3. Использование кодов и атрибутов на примере офисного программного обеспечения Mapsuite+

В программе присутствуют системные файлы, содержащие таблицы кодов, символов, атрибутов и типов линий. Системные файлы могут создаваться и редактироваться пользователем в зависимости, например, от масштаба создаваемой базовой карты.

Перед началом создания или редактирования таблицы кодов следует проверить выбранные системные файлы. Таблица кодов записывается в файл с расширением TCT. Она связана с другими системными файлами: с файлом условных знаков с расширением TSY, с файлом атрибутов TAT и с файлом типов линий TLT. Можно изменить любой из этих файлов.

В программе также определяется структура слоев и прописывается возможность расщепления информации по кодам. Причем, при импорте результатов съемки в программу существует возможность изменения кодов и соответственно слоев.

Если необходимо использовать в поле один код точки (например, цифровой, когда в полевом приборе отсутствует возможность ввода алфавитной информации), а при обработке другой (например, символьный), в программе описывается это преобразование. Таким образом можно описать замену числового кода «330» на буквенный код «Дерево».

В программе прописывается пользователем, в каком слое следует размещать точки с указанными кодами. Например, возможно использование слоя для размещения деревьев любых пород. Можно также создать отдельный слой для каждого кода. Например, деревья лиственных пород размещаются в одном слое, а хвойных – в другом и т.п. Просто опишите размещение точки с указанным кодом в определенном слое.

Как уже отмечалось, существует возможность изменять коды при импорте данных в чертежи и при экспорте данных. Например, можно автоматически заменить полевой код «300» на внутренний код «Дерево». Коды могут изменяться не только при импорте данных из полевых приборов в программу, но и при экспорте данных из компьютера в прибор. Помимо кодов, программой Mapsuite+ предусмотрено использование контрольных кодов. Контрольные коды используются в комбинации с кодами. Контрольный код придает точке специфические топологические свойства, такие как: отдельная точка; разрыв (прерывает линию, если точка не является точкой на линии); конец линии; замкнутый контур; начало линии; контрольная точка; кривая по 3 точкам. Пользователь определяет, какой код использовать. Можно присваивать контрольному коду любое имя, но функция контрольного кода останется фиксированной.

В программе имеется возможность переименовать или удалить символ (условный знак) из имеющегося списка. Однако символы, присоединенные к точкам на чертеже или к кодам в таблице кодов, переименовать или удалить нельзя.

Специальный Диспетчер позволяет также указать, поместить ли символ в общую таблицу или его следует загрузить из нее. Все символы, которые были импортированы, созданы или введены, могут использоваться в активном чертеже.

Символы, которые созданы внутри активного чертежа, доступны только в нем. Если необходимо использовать их в других чертежах, экспортируйте их во внешнюю таблицу. Символы, вставленные в чертеж из текущей внешней таблицы, будут изображаться в текущем чертеже.

Как уже отмечалось, помимо номера и кода точка может описываться атрибутом. Например, столб может иметь разный материал. Тогда к соответствующему коду следует присоединить атрибут «материал». Этот атрибут может иметь разные значения (например, дерево или металл).

В специальном диалоге программы можно создавать новые атрибуты и присваивать им требуемые характеристики или удалять ненужные атрибуты. Атрибуты могут иметь следующие типы:

- видимый - необходимо показывать атрибут на чертеже;
- заданный - значение атрибута необходимо считывать из базы данных. Например, можно создать атрибут «Отметка» и автоматически присвоить ему значение, равное высоте точки;
- константа - атрибут имеет постоянное значение, которое нельзя изменить;
- обновляемый - значение атрибута считывается из базы данных и его, возможно, потребуется автоматически обновлять.

Если требуется разместить значения атрибутов во внешнем файле метаданных (X.MD, где X имя чертежа), имеется возможность указать, в каких полях файла метаданных следует разместить эту информацию. Например, в поле МАСШТАБ можно сохранить масштаб чертежа. Значения атрибутов можно только однажды ввести в метаданные.

10. Обзор офисного программного обеспечения для формирования основы пространственно привязанной ГИС

Под программным обеспечением географической информационной системы понимается совокупность программ, в которых реализованы функциональные возможности ГИС.

В зависимости от полноты реализации функциональных возможностей ГИС и назначения программного обеспечения разрабатываются и используются универсальные (полнофункциональные) ГИС, картографические визуализаторы, векторизаторы картографических изображений, векторные графические редакторы, информационно-справочные системы, расчетно-аналитические системы (средства пространственного анализа и моделирования), средства обработки данных дистанционного зондирования (обработки цифровых изображений), ГИС для публикации карт в Интернете, иные типы программного обеспечения, в том числе специализированного, для выполнения отдельных функций и групп функций ГИС, ориентированные на конкретные предметные области и проблемную среду.

В соответствии с главной задачей данного пособия уделим особое внимание офисному программному обеспечению для обработки собираемой полевой информации для формирования локальной ГИС. Такое программное обеспечение может быть классифицировано следующим образом:

- Программы для обмена данными между полевыми приборами для сбора данных и компьютерами;
- Программы для обработки и уравнивания данных спутниковых измерений;
- Программное обеспечение для создания топографической пространственно привязанной основы;

- Программы для сбора данных и полевого картографирования;
- Комплексное программное обеспечение.

Программное обеспечение, предназначенное для обмена данными с полевыми приборами, было описано в данном пособии выше.

10.1. Программы для обработки и уравнивания данных спутниковых измерений.

Особенности такого программного обеспечения рассмотрим на примере программы Leica Geo Office (LGO), которая отвечает всем необходимым требованиям для продуктов такого назначения.

Leica Geo Office (LGO) – программа, предназначенная для обработки и использования GNSS-данных. Это полный офисный пакет, т. е. набор разнообразных программных модулей для работы методами спутникового позиционирования. Он обеспечивает выполнение следующих функций:

- импорт данных;
- управление данными;
- обработка данных;
- уравнивание сетей;
- преобразование систем координат;
- экспорт данных в системы ГИС и КАД.

Основные компоненты LGO:

- организация проектов;
- менеджер наборов координат;
- менеджер систем координат;
- менеджер параметров антенн;
- менеджер таблиц кодов;
- считывание данных из GPS-приемника;
- импорт «сырых» данных;
- импорт в формат ASCII;

- экспорт в формат ASCII;
- экспорт в формат RINEX;
- экспорт в системы ГИС и КАД;
- обработка данных;
- уравнивание;
- импорт в формат RINEX.

Данные считываются из приемника и загружаются в программу с использованием кабеля обмена данными RS232 или USB или с помощью карт-ридера. Из приемника считываются следующие данные: «сырые» данные GNSS наблюдений; файлы протоколов; текстовые файлы; форматные файлы; таблицы кодов; параметры системы координат; файлы модели геоида; параметры антенны; конфигурационные наборы.

Для экспорта обработанных данных в пакет ГИС используется обменный формат dxf. Это текстовый формат, который принимается большинством наиболее распространенных ГИС и КАД пакетов. Для экспорта необходимо создать поисковую таблицу. Она дает возможность согласовать коды тематического классификатора. Каждый полевой код может быть связан с соответствующим символом в ГИС-оболочке. В поисковой таблице согласовываются также атрибуты.

Программа позволяет оценить качество результатов посредством визуализации (рис. 42), выполнить просмотр и редактирование измерений, кодов, точек, линейных и площадных объектов. Менеджер кодов обеспечивает пользовательское определение структуры. Позволяет создавать таблицы кодов и атрибутов для точек, линейных и площадных объектов. Менеджер форматов обеспечивает пользовательское определение текстовых (ASCII) форматов данных. Это простой и эффективный путь передачи данных: инструмент-инструмент, инструмент-офис или офис-офис и т.д.

LGO обеспечивает единый подход к формированию отчетных материалов. Позволяет представлять по запросу различные документы, включая файлы

XML/HTML и полевые журналы для контроля качества измерений. А кроме того, позволяет совместно обрабатывать результаты спутниковых измерений и измерений, полученных наземными методами.

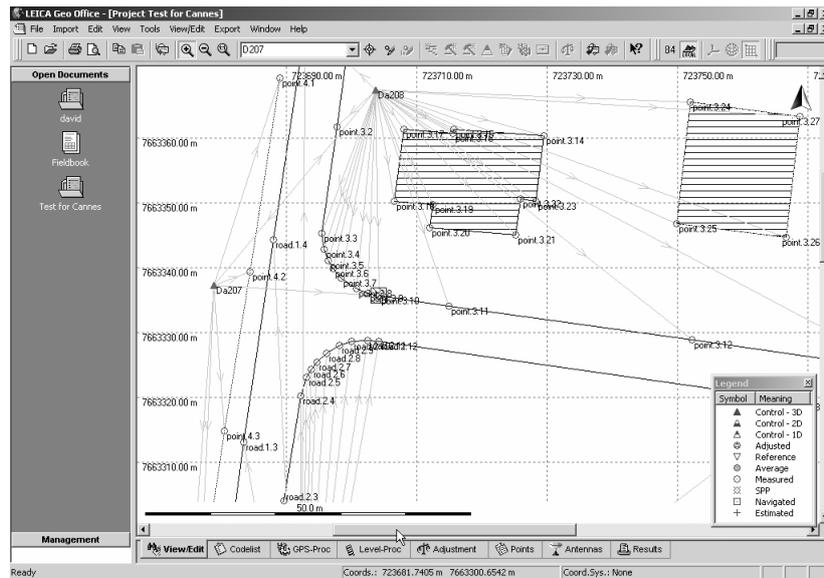


Рис. 42. Вид графической информации в LGO

В программе реализована интуитивная концепция. Графики облегчают использование программ по обработке данных GPS (рис. 43).

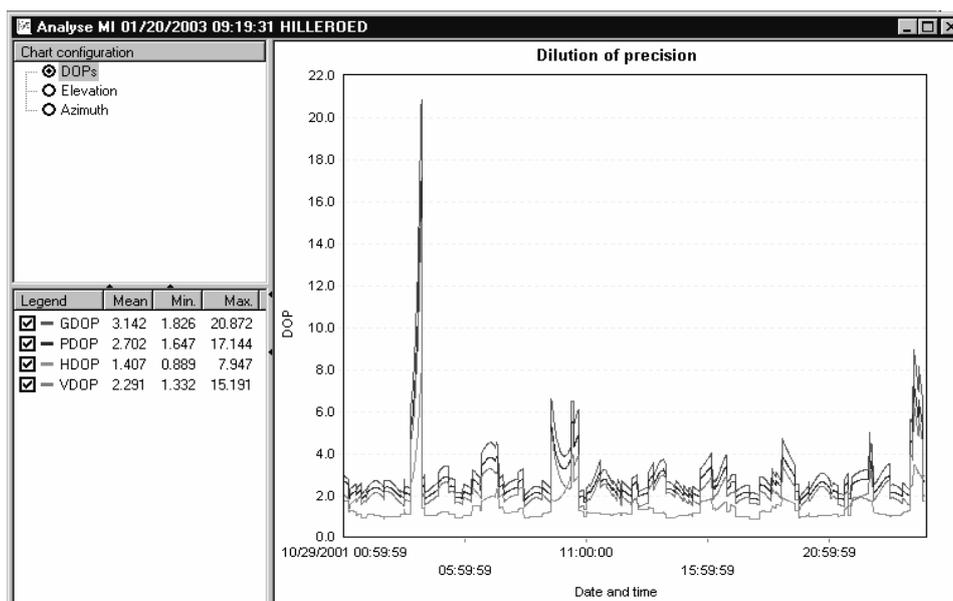


Рис. 43. График снижения точности измерений

10.2. Программное обеспечение для создания топографической пространственно привязанной основы

В предыдущих разделах некоторые особенности программного обеспечения данного вида уже рассматривались. Здесь представим краткий обзор программных продуктов, наиболее распространенных на российском рынке.

10.2.1. Программа Mapsuite+ (компания SMT Datateknik, Швеция)

Пакет предназначен для:

- обмена данными с электронными тахеометрами и полевыми компьютерами;
- вычисления координат точек съемочного обоснования;
- обработки крупномасштабных топографических съемок различного назначения;
- создания цифровых моделей рельефа и местности с точечными, линейными и площадными объектами;
- подготовки данных для выноса проектов в натуру и экспорт проектных данных в форматы Geodimeter, Leica, Sokkia и др;
- экспорта данных в популярные системы автоматизированного проектирования AutoCad и Microstation и ГИС-оболочки;
- векторизации растровых изображений в автоматическом и ручном режимах.

Все файлы по объекту хранятся в одном каталоге, который называется проектом. В программе предусмотрена картотека для установки общих параметров проекта, в том числе:

- задание начала отсчета дирекционных углов, единиц измерения угловых величин;
- выбор стиля отображения точки и ее размер;

- подключение различных библиотек символов, кодов , типов линий, атрибутов;
- подключение файлов с координатами точек съемочного обоснования.

Существует возможность ввода данных различными способами:

- с клавиатуры компьютера;
- импортировать из памяти электронных тахеометров или полевых компьютеров;
- импортировать из текстовых файлов нескольких фиксированных форматов;
- импортировать из текстовых файлов произвольных форматов.

В программе существует возможность обработки результатов измерений в ходах произвольной формы. Допустимы следующие способы привязки ходов к исходным пунктам:

- висячий;
- обратный висячий;
- с координатной привязкой
- обратный с координатной привязкой;
- с привязкой к конечным точкам;
- с полным набором исходных данных.

Использование программы позволяет автоматизировать обработку обоснования, в том числе:

- создание съемочного обоснования и съемку можно выполнять одновременно;
- измерения в ходе и результаты съемки можно разместить в одном файле;
- схема обоснования автоматически описывается в документе TRV на основании анализа «Журнала»;

- имеются средства для просмотра, редактирования и ввода результатов измерений с клавиатуры;
- существует возможность добавить, удалить или переименовать точки хода;
- выполняется предварительная обработка, оценка точности на станции и контроль грубых ошибок.

Программа позволяет использовать данные полевого кодирования, которое является мощным средством автоматизации обработки и структурирования информации для дальнейшего использования в ГИС-оболочках.

Использование кодов позволяет размещать точки по слоям и управлять типами линий; присоединять условные знаки и атрибуты; использовать функции для построения объектов.

Графический редактор позволяет строить графические примитивы, выполнять аналитические построения, имеет средства модификации объектов, позволяет вести построения в частной системе координат для обработки обмеров, использовать объектную привязку и площадные условные знаки.

Базовый набор инструментов позволяет стирать, перемещать, вращать, масштабировать, трансформировать, соединять, прерывать, разрывать, продлевать и ровнять объекты.

Расширенный набор позволяет изменять слой, тип линий, порядок отображения на чертеже и свойства объекта; редактировать линии, атрибуты, текст и цифровую модель рельефа. Фильтр формирует набор объектов по заданному критерию отбора (слой, тип, тип линии, цвет).

Инструментарий позволяет создавать новые символы (рис. 44).

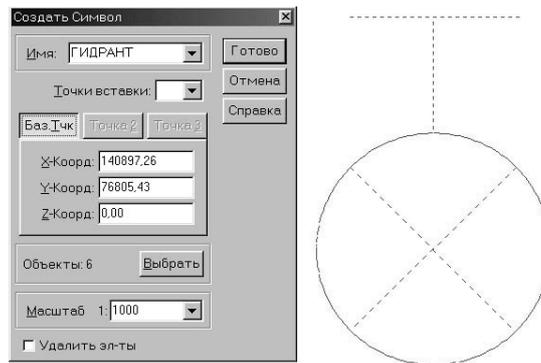


Рис. 44. Создание собственных символов

Модуль построения цифровых моделей рельефа (ЦМР) обеспечивает автоматическое построение цепочки треугольников; средства визуализации и «укладки» горизонталей (рис. 45). Сохраненная ЦМР используется в дальнейшем при построении профилей и подсчете объемов земляных работ.

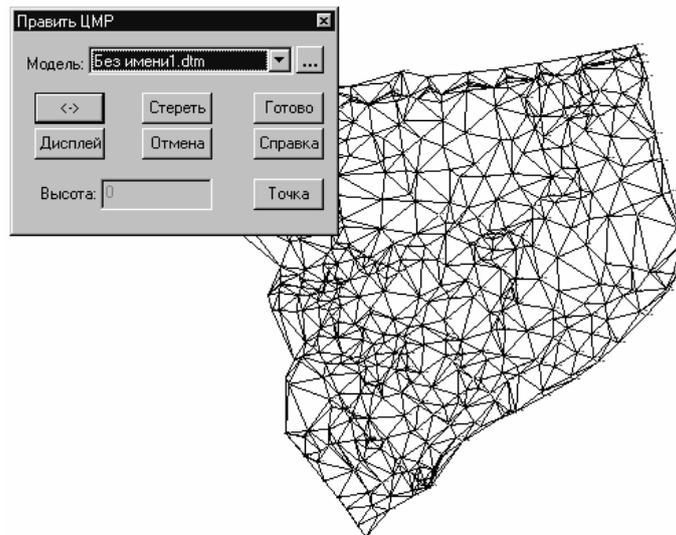


Рис. 45. Построение ЦМР

Marsuite+ поддерживает экспорт данных в память электронных тахеометров и полевых компьютеров. Эти данные используются при выносе проектов в натуру. Marsuite+ поддерживает функцию работы с внешними чертежами (референц-файлами).

На рис. 46 и 47 приведены образцы готовой продукции, выполненные в программном пакете Marsuite+. Дополнительные модули программы позволяют строить профили, выполнять подсчет объема тела,

заключенного между двумя цифровыми моделями рельефа, выполнять проектирование дорог.



Рис.46. План участка тахеометрической съемки масштаба 1:200

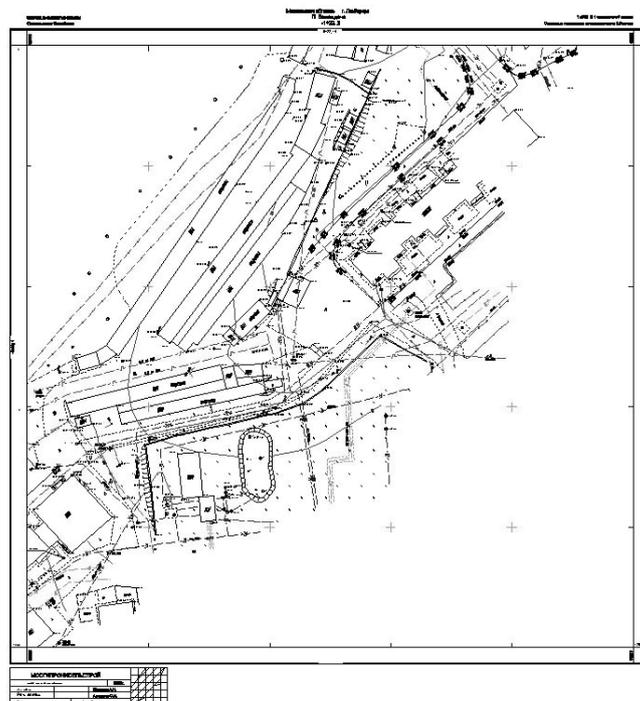


Рис. 47. План участка тахеометрической съемки масштаба 1:500

10.2.2. ГЕОграф профессиональная система фирмы ННК Datatechnik GmbH (Германия)

Обзор программного продукта составлен по материалам Интернет-ресурса компании RUBIS (www.rubis-it.com).

Это САD-система, сильной стороной которой считается обработка геодезических данных. Применение программного продукта возможно во многих областях геодезии и картографии, начиная с построения разбивочного чертежа, топографической карты и кончая интеграцией объемных ГИС-данных. Возможность конвертации данных во все используемые ГИС-оболочки и функция импорта.

Базовый модуль – основа для всех дополнительных модулей – содержит все функции и вычисления, необходимые для создания плана и карты, а также менеджер печати и конвертор в формат dxf.

Рабочий процесс может быть описан следующей последовательностью операций. Открывается новый проект, в который вычисляются результаты измерений из полевого прибора. Полученные точки соединяются линиями. Площадные объекты штрихуются или выполняется их заливка цветом. В ГЕОграфе поддерживается функция редукции площадей и расстояний в проекции Гаусса - Крюгера и перехода из зоны в зону в этой проекции.

Дополнительные возможности программы:

- библиотеки условных знаков для разных масштабов;
- обработка растровых планов;
- дигитализация сканированных планов;
- цифровая модель поверхности, построение профилей и подсчет объемов;
- создание кадастровой карты с объектной структурой;
- создание ГИС-данных с атрибутивной информацией;
- интерфейс к различным ГИС-оболочкам;

- вычислительные функции с использованием графики;
- возможность одновременной обработки одного проекта несколькими операторами;
- 3-D визуализация.

10.2.3. CREDO Топоплан (Компания Кредо-Диалог) – создание цифровых моделей местности и выпуск топографических планов

Обзор программного продукта составлен по материалам Интернет-ресурса компании Кредо-Диалог (www.credo-dialogue.com).

Основным назначением системы Кредо Топоплан является создание и редактирование цифровой модели местности инженерного назначения, выпуск на ее основе чертежей топографических планов и подготовка данных для экспорта цифровой модели местности в системы автоматизированного проектирования и ГИС-оболочки.

Основной единицей информации в системе является проект, при этом одновременно можно работать с несколькими проектами. Для набора проектов устанавливаются общие настройки параметров, таких как масштаб, система координат, вид отображения элементов на экране и др.

Все данные располагаются в иерархической структуре геометрических слоев. Каждый слой обладает набором свойств и фильтров видимости. Последовательность слоев задается пользователем. В системе существует возможность копирования, вставки, удаления и объединения данных слоев, а также объединения данных проектов.

Цифровая модель ситуации состоит из набора точечных, линейных и площадных объектов, каждый из которых имеет свой стиль отображения и определенный набор семантических значений.

Цифровая модель рельефа включает трехмерные рельефные точки, по которым формируется сеть треугольников, описывающая поверхность рельефа. При построении поверхности используются структурные линии (талвеги, подпорные стенки, бордюры и др.).

Функциональное назначение:

- импорт из различных источников исходных данных для создания цифровой модели местности;
- создание и редактирование цифровой модели ситуации в виде точечных, линейных и площадных топографических объектов;
- создание и редактирование цифровой модели рельефа;
- ведение цифровых крупномасштабных топографических планов объектов или территорий;
- подготовка и выпуск чертежей в различной разграфке;
- подготовка цифровой модели местности для экспорта в геоинформационные системы.

Преимущества системы CREDO Топоплан:

- разнообразные источники исходных данных;
- интеллектуальный импорт топографических объектов и поверхности рельефа;
- широкие возможности геометрических построений;
- удобные инструменты управления данными цифровой модели местности;
- возможности параллельной работы над одним объектом;
- оригинальные методы создания и редактирования цифровой модели рельефа.

10.3. Программы для сбора данных и полевого картографирования

С появлением качественных полевых компьютеров и развитием беспроводных коммуникаций стали создаваться комплексные программы для сбора данных и выполнения полевых картографических работ. В качестве примера рассмотрим программный продукт Leica MobileMatrix от компании Leica Geosystems (Швейцария). Это комплексное решение для оперативного сбора и обработки данных, визуализации результатов и

управления данными непосредственно в поле. Программа базируется на самых современных ArcGIS-технологиях от компании ESRI и обеспечивает сквозную безбумажную технологию обмена данными между полем и офисом. Продукт разработан специально для топографов и специалистов по сбору данных для ГИС. Возможность прямого подключения тахеометров и GNSS-приемников позволяет значительно расширить возможности среды ArcGIS по вводу и управлению данными.

Обработка данных производится непосредственно в поле, что позволяет значительно сократить циклы сбора данных и их обновления. Возможность использования различных уже имеющихся данных (ГИС, результатов предыдущих съемок, растровых и векторных изображений) упрощает ориентирование в огромном количестве измеряемых объектов и контроль качества и полноты выполненных измерений в процессе съемки. Это исключает необходимость дорогостоящих повторных измерений.

Leica MobileMatrix - это не только программа сбора и обработки координатной и семантической информации, но и удобный инструмент для выполнения работ по выносу проектов в натуру с использованием электронных тахеометров и GNSS-приемников. Пользовательский интерфейс Leica MobileMatrix позволяет непосредственно в поле получать из Интернета доступные картографические материалы на район работ и интегрировать их с результатами выполняемой съемки. В этом случае для поддержки и управления данными используются SQL запросы.

Пользователем Leica MobileMatrix может быть любой специалист, занимающийся сбором пространственной информации, наполнением и обновлением ГИС систем и картографических материалов. Все, кто для выполнения своей работы используют электронные тахеометры и спутниковые приемники.

Leica MobileMatrix позволяет сохранять все вычисленные и импортированные координаты с их качественной оценкой в Геодезической

базе данных (Geodatabase) и предоставлять пользователю возможность выбора, какие координаты использовать для работы. Это исключает потерю более ранней информации и позволяет осуществить непрерывную навигацию процесса вычислений. В программе доступны следующие функции:

- прямой импорт данных из тахеометров и спутниковых приемников;
- анализ результатов измерений и вычислений;
- управление координатными данными различных проектов с их историей;
- экспорт/импорт координат точек с их качественной оценкой;
- задание предельно допустимых значений.

С точки зрения ГИС Leica MobileMatrix обеспечивает выполнение всего цикла картографирования с редактированием и сбором атрибутивной информации. Программа позволяет полевому персоналу осуществлять сбор координатной и атрибутивной информации практически моментально и повсюду. Быстрый выбор соответствующих объектам атрибутов из пополняемых списков повышает надежность и целостность собранных данных.

Все выполненные в поле измерения автоматически сохраняются в формате ESRI Geodatabase, исключая необходимость конвертации данных между Leica MobileMatrix и приложениями ArcGIS фирмы ESRI. Для обновления офисной базы данных нужно просто выполнить процедуру синхронизации для выполнения обмена данными между полем и офисом по каналу сотовой связи или через Интернет. Для обеспечения максимальной совместимости со всеми существующими системами программа позволяет использовать данные различных форматов, такие как CAD, Shapefiles и растровые данные. Помимо этого Leica MobileMatrix поддерживает наиболее распространенные форматы тахеометров: GSI, ASCII, SDR, TDS, Geodimeter.

Программа была разработана как полностью открытая система, которая дает пользователям и разработчикам широкие возможности по адаптации программы для решения специальных задач. Пользователь может написать свое собственное приложение для Leica MobileMatrix, используя любые языки программирования, которые поддерживают стандарт COM (Component Object Model) компании Microsoft. Теперь процесс локализации пользовательского интерфейса или расширения функциональности новых приложений стал намного проще.

Ключевым преимуществом Leica MobileMatrix является тот факт, что программа сохраняет все взаимосвязи между промежуточными вычислениями, координатами точек и результатами измерений, что позволяет легко отслеживать и корректировать процесс обработки сети. Допустим, что на определенном этапе вычислений было обнаружено, что координаты исходного пункта «А» были заданы неверно. В других программах было необходимо удалить результаты и произвести заново вычисления координат всех точек, связанных с точкой «А». При использовании Leica MobileMatrix эта работа может быть выполнена автоматически, и всем перевычисленным точкам будут присвоены новые значения координат. Функция анализа обработки серий позволяет автоматически обновлять координаты пунктов сети.

С помощью инструментов управления выводом на экран пользователь может выполнять масштабирование и панорамирование изображения на экране. Для лучшего ориентирования на местности можно разворачивать изображение карты, а не сам компьютер, аналогично тому, как бы мы поступали с бумажной картой.

Вместо соединительных проводов между прибором и полевым компьютером можно использовать беспроводные соединения, такие как Bluetooth или канал радиомодемной связи.

10.3.1. Ключевые особенности программы Leica MobileMatrix

1. Поддержка множественных кодов и отложенного редактирования объектов. Технология отложенного редактирования объектов позволяет пользователю напрямую редактировать уже существующие объекты, включая и атрибуты. Например, вы не можете выполнить съемку всех четырех углов здания с одной точки съемочного обоснования в связи с отсутствием видимости на все углы. Однако вы можете выполнить измерения на те углы, которые доступны для измерений в данный момент, а съемку остальных выполнить позже, причем никакая информация не будет утрачена. Возможность присваивания одной точке характеристик различных объектов экономит время работ. Предположим, что одна точка принадлежит различным объектам (угол здания, край дороги, граница земельного участка). В процессе измерений на эту точку можно создать три различных объекта, присвоив им соответствующие коды. Такой гибкий подход помогает быстро выполнять сложные геодезические работы с немедленным визуальным контролем полученных результатов, их полноты и качества.

2. Управление приборами фирмы Leica Geosystems. Программа Leica MobileMatrix может быть использована как контроллер тахеометра. Все мощные возможности, присущие электронным тахеометрам доступны в программе. Эти возможности включают автоматическое наведение на призму (модуль ATR), быстрый поиск пассивного отражателя (модуль PowerSearch), управление тахеометром, функцией виртуального джойстика, измерения со смещениями, наведение прибора на конкретный объект, указанный на карте, и многое другое. Полевой компьютер может также использоваться для дистанционного управления тахеометром при работе в режиме робота.

Leica MobileMatrix может использоваться как контроллер для управления спутниковыми приемниками. При использовании GPS (GNSS)

на экране полевого компьютера отображается справочная информация из приемника (координаты и информация о качестве измерений, значения фактора DOP, время и т.д.). Текущее положение GPS антенны может отображаться на карте на экране компьютера, тем самым предоставляя информацию о текущем положении антенны относительно объектов на карте. Вся дополнительная информация о качестве результатов (фиксированное или плавающее решение) сохраняется вместе с вычисленными координатами.

3. Полная замена классического полевого журнала. Большинство информации об окружающих объектах в настоящее время хранится на бумажных носителях в виде каталогов координат, планов и карт и аэрофотоснимков. Это приводит к снижению качества сервиса при использовании данной информации, к низкой производительности, к увеличению циклов обновления информации в камеральных условиях, к неудобству использования в поле при плохих погодных условиях. С программой Leica MobileMatrix исполнители продолжают брать с собой в поле карту или ортофотоплан, но уже в виде цифровой подложки на компьютере.

Суммировав вышесказанное, выделим основные преимущества Leica MobileMatrix:

- гибкий инструмент формирования ГИС объектов;
- поддержка множественных кодов и отложенного редактирования объектов;
- полная замена полевых журналов и абрисов;
- безбумажная технология;
- возможность разворота карты на экране;
- ГИС-функциональность;
- привязка объектов к измеренным точкам;

- сбор данных и вынос проектов в натуру с помощью тахеометров и спутниковых приемников;
- обработка и анализ сетей в поле;
- настраиваемые отчеты и подготовка топоплана к выводу на печать.

На сегодня Leica MobileMatrix - уникальный программный продукт сбора и оценки информации для пространственно привязанных ГИС.

10. 4. Комплексное программное обеспечение

К лидерам мирового рынка комплексного программного обеспечения для создания геоинформационных систем можно отнести компании ESRI с продуктами ArcGIS; Mapinfo Corporation с программными продуктами Mapinfo Professional, Autodesk с программными продуктами платформы Autodesk Geospatial и многие другие.

10.4.1. Полнофункциональная Географическая информационная система ArcGIS (ESRI)

ArcGIS – это семейство интегрированных программных ГИС-продуктов для создания полноценной Географической информационной системы любого уровня, в том числе и локальной. Фундаментальная архитектура ArcGIS обеспечивает возможность использования ГИС-функциональности при поддержке процессов, выполняемых на персональных компьютерах, серверах, через WEB или в полевых условиях. Компоненты этой архитектуры вместе с базой геоданных позволяют формировать базовые блоки интеллектуальных геоинформационных систем.

Ключевыми особенностями являются:

- геообработка - мощная среда для работы с пространственными данными, моделирования реального мира и программирования;
- сетевой пространственный анализ с помощью модуля ArcGIS Network Analyst – создание наборов данных по протяженным сетям и выполнение анализа для поиска оптимальных маршрутов движения,

составления маршрутных листов, поиска ближайших пунктов сервиса, определение областей обслуживания;

- взаимодействие – обмен географической информацией между подразделениями компаний, организациями, отраслями, независимо от форматов и структур данных и используемых систем управления базами данных;
- картография – мощные средства оформления карт и оптимального размещения надписей позволяют сократить трудоемкость и время подготовки высококачественных карт;
- реалистическая трехмерная визуализация с помощью модуля ArcGIS 3D Analyst;
- поддержка разработчиков – разработчики получают доступ к разнообразным ресурсам для создания собственных решений на основе настольных и серверных технологий ESRI;
- инфраструктура ГИС – в основе ArcGIS – стандарты информационных технологий, обеспечивающие построение инфраструктуры пространственных данных в любой организации. В семействе есть как готовые к работе программные продукты с разной функциональностью, так и средства разработки настольных, серверных и Web приложений.

10.4.2. Полнофункциональная Геоинформационная система MapInfo Professional

Обзор программного продукта составлен по материалам Интернет-ресурса компании Эсти Мап (www.esti-map.ru).

MapInfo Professional для Windows представляет собой полнофункциональную геоинформационную систему – профессиональное средство для создания, редактирования и анализа картографической и пространственной информации. Продукт интегрируется в качестве клиента в распределенные информационные системы на базе серверов: MS SQL,

Oracle, Infomix, DB2, Sybase и другие. Для разработки специализированных приложений используется язык программирования MapBasic.

Источниками данных для программы MapInfo являются:

- таблицы MapInfo;
- обменные векторные форматы САПР и геоинформационных систем: AutoCAD (DXF, DWG), Intergraph/MicroStation Design, ESRI Shape файл, ARC/INFO Export, а также растровые карты в форматах GIF, JPEG, TIFF, PCX, BMP, MrSID, PSD, ECW, BIL (снимки SPOT) и GRID (GRA, GRD). В MapInfo можно отображать данные, полученные с помощью GPS и других электронных геодезических приборов;
- файлы Excel, Access, xBASE, Lotus 1-2-3 и текстовые, в которых кроме атрибутивной информации могут храниться координаты точечных объектов;
- ГИС MapInfo может выступать в роли «картографического клиента» при работе с такими известными СУБД, как Oracle и DB2, поскольку поддерживает эффективный механизм взаимодействия с ними через протокол ODBC. Более того, доступ к данным из СУБД Oracle возможен и через внутренний интерфейс (OCI) этой базы данных.

В одном сеансе работы одновременно могут использоваться данные разных форматов.

Встроенный язык запросов SQL, благодаря географическому расширению, позволяет организовывать выборки с учетом пространственных отношений объектов, таких как удаленность, вложенность, перекрытия, пересечения, площади объектов и т.п. Запросы к базе данных можно сохранять в виде шаблонов для дальнейшего использования. В MapInfo имеется возможность поиска и нанесения объектов на карту по координатам, адресу или системе индексов.

Способы представления данных:

- Карта и список. В окне Карты доступны инструменты редактирования и создания картографических объектов, масштабирования, изменения проекций и другие функции работы с картой. Связанная с картографическими объектами, атрибутивная информация хранится в виде таблиц, данные из которых можно представить в виде графиков и диаграмм различных типов.
- Легенда. В окне Легенды отображаются условные обозначения объектов на карте и тематических слоях.
- Отчет. В окне Отчета предоставляются средства масштабирования, макетирования, а также сохранения шаблонов многолистных карт. Работая с MapInfo, можно формировать и распечатывать отчеты с фрагментами карт, списками, графиками и надписями. При выводе на печать MapInfo использует стандартные драйверы операционной системы.
- Тематические карты. Для наглядного представления и картографического анализа пространственных данных в ГИС MapInfo используется тематическое картографирование. MapInfo предлагает следующие методы построения тематических карт: диапазоны значений, столбчатые и круговые диаграммы, градуированные символы, плотность точек, отдельные значения, непрерывная поверхность. Сочетание тематических слоев и методов буферизации, районирования, слияния и разбиения объектов, пространственной и атрибутивной классификации позволяют создавать синтетические многокомпонентные карты с иерархической структурой.

В программе предусмотрена возможность использования картографических проекций, принятых на территории РФ, и библиотек

условных знаков в соответствии с используемыми в РФ нормативными документами.

10.4.3. AutoCAD Map 3D – техническая ГИС-платформа, объединяющая ГИС и САПР

Обзор программного продукта составлен по материалам Интернет-ресурса компании Autodesk (www.autodesk.ru).

AutoCAD Map 3D представляет собой техническую ГИС-платформу для создания и управления пространственными данными, объединяет системы автоматизированного проектирования и геоинформационные системы, обеспечивая непосредственный доступ к данным независимо от способа их хранения и позволяя использовать функции AutoCAD для поддержки широкого спектра картографических данных. Map 3D предоставляет доступ к пространственным данным, хранящимся в реляционных базах данных, фалах и Web-службах. Это обеспечивает легкость управления большими наборами картографических данных. Благодаря интеграции с технологией Autodesk MapGuide продукт обеспечивает возможность публикации данных в Интернете и корпоративных сетях.

Будучи основной платформой Autodesk Geospatial, Map 3D объединяет САПР и ГИС, позволяя создавать и редактировать пространственные данные в формате, привычном для пользователей САПР. Обладает функциональными возможностями, необходимыми для работы специалистов по ГИС, такими как корректировка данных, преобразование систем координат, ГИС-анализ (тематические карты, буферизация и др.), а также возможность взаимодействия с системой управления базой данных.

Ключевые особенности AutoCAD Map 3D:

- легкий доступ к растровому, САПР- и ГИС-форматам данных;
- средства редактирования данных ГИС;
- эффективные средства управления данными;
- ГИС-функции для создания и презентации карт;

- возможность Web-публикации.

Благодаря новым возможностям пространственные данные могут использоваться во всей организации, а операции чтения и записи – осуществляться с большинством реляционных баз данных. Прямой доступ к растровым изображениям осуществляется без преобразования данных.

Функции AutoCAD, доступные в AutoCAD Map 3D, предоставляют возможность непосредственного редактирования пространственных данных. Программа делает более простой интеграцию собранных данных в ГИС и картографические системы. Для этого предназначены средства точного редактирования и корректировки карт, помогающие автоматизировать очистку исходного материала от повторений, обрывов, висячих объектов и т.д.

Картографические функции позволяют инженерам и проектировщикам создавать карты без использования дополнительных ГИС-приложений. Представление данных в стилизованном виде помогает выделить характерные участки информации для лучшего их восприятия. На тематической карте, например, можно сразу определить, чем различаются соседние участки. Стили, созданные один раз и сохраненные для дальнейшего использования, сэкономят время.

Карты, созданные в AutoCAD Map 3D, сохраняются в наиболее удобном формате (DWG, SDE, SHP, Oracle), что позволяет делать их доступными другим пользователям через Интернет с применением технологии Autodesk MapGuide Enterprise.

11. Возможность применения методов фотограмметрии и лазерного сканирования в качестве источника пространственных данных для формирования локальной ГИС

Одним из важнейших источников пространственной информации для формирования ГИС в настоящее время являются данные, полученные методами цифровой фотограмметрии из обработки аэрофотоснимков. Быстрота выполнения и актуальность аэросъемки в сравнении с наземными методами ранее тормозились длительностью и сложностью обработки результатов и необходимостью высокой и очень специфической квалификации персонала. С внедрением разнообразных компьютерных программ обработки аэрофотоинформации, с увеличением мощности и скорости быстрогодействия компьютеров и рабочих станций, а также с развитием клиент-серверных технологий и средств коммуникации использование методов фотограмметрии для формирования ГИС получило достаточно большое распространение.

Программных продуктов для обеспечения соответствующих технологий на рынке достаточно много. В качестве примера успешной разработки приведем программу PHOTOMOD российской компании Ракурс. Обзор программного продукта составлен по материалам Интернет-ресурса компании Ракурс (www.racurs.ru).

В настоящее время марка PHOTOMOD объединяет широкий набор программных средств цифровой фотограмметрической обработки данных, позволяющих получать пространственную информацию на основе изображений практически всех коммерчески доступных съемочных систем, таких как кадровые цифровые и пленочные камеры, космические сканирующие системы высокого разрешения, а также радары с синтезированной апертурой. Благодаря гибкой модульной структуре и сетевым возможностям PHOTOMOD может использоваться как локальная

полнофункциональная цифровая фотограмметрическая станция, распределенная сетевая среда для реализации больших проектов.

К достоинствам системы можно отнести следующие особенности:

- замкнутый технологический цикл получения всех видов конечной продукции: ЦМР, 3D-векторов, ортофотопланов, цифровых карт, причем без использования других программных продуктов;
- поддержка различных типов съемочных систем;
- широкий набор обменных форматов, обеспечивающий совместимость с другими фотограмметрическими и геоинформационными системами;
- поддержка большого числа систем координат, возможность задания собственной системы координат;
- автоматизация фотограмметрических процессов;
- гибкая модульная конфигурация;
- распределенная сетевая среда для реализации больших проектов;
- контроль качества на всех стадиях технологического процесса;
- различные способы стереоскопических наблюдений;
- поддержка различных средств ввода (3- и 5-кнопочные мыши, специализированные 3D-манипуляторы).

Гибкость цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD обусловлена ее модульностью. Каждый модуль системы предназначен для выполнения операций на соответствующем этапе выполнения проекта. Каждый модуль является одним из этапов общей технологической схемы и тесно связан с другими модулями с точки зрения обмена данными, благодаря чему возможно построение четкой технологической цепочки обработки проекта. Работа с проектом как выполнение заданной последовательности этапов (сбор данных, уравнивание, обработка), с

сохранением свободы действий на каждом этапе является одной из базовых концепций системы PHOTOMOD.

Основная управляющая оболочка системы используется для создания, копирования, удаления проектов, ввода паспортных данных камер, визуализации блока изображений в соответствии с этапом обработки, загрузки для просмотра и контроля TIN, матриц высот, векторов и т. д., а также запуска остальных модулей системы. Средствами программы PHOTOMOD Montage Desktop производится построение единой ЦМР и горизонталей на блок изображений, а также импорт и экспорт видов объектов.

Модуль сбора данных для уравнивания сетей блочной и маршрутной фототриангуляции включает процессы внутреннего ориентирования, измерения опорных и связующих точек. Измерения могут выполняться в автоматическом режиме или вручную в режиме стереонаблюдений. Модуль включает средства контроля точности по смежным моделям и остаточному поперечному параллаксу.

Модуль PHOTOMOD DTM предназначен для построения ЦМР (в виде регулярной модели рельефа DEM, нерегулярной триангуляционной сети TIN, в виде пикетов, структурных линий и горизонталей). Система поддерживает набор алгоритмов автоматического построения TIN, а также позволяет использовать различные алгоритмы внутри выбранных областей модели. Структурные линии подключаются к TIN для его уточнения вдоль протяженных форм рельефа. Редактирование модели рельефа производится в стереорежиме и в специальном 3D-окне. Модуль содержит набор инструментов редактирования вершин и треугольников TIN, редактирования и сглаживания структурных линий и горизонталей, конвертирования моделей одного типа в другой и др.

Модуль PHOTOMOD StereoDraw предназначен для создания и редактирования 3D векторных объектов в стереорежиме (с использованием

затворных или анаглифических очков), а также для проведения 3D-измерений. PHOTOMOD StereoDraw содержит такие удобные инструменты, как автоматическое перемещение курсора по рельефу, 2D- и 3D-снэппинг, векторизация сегментов линий под прямым углом, копирование векторных объектов, автоматическое проведение линии вдоль границы существующего объекта, построение буферных зон и многие другие. К графическим объектам могут быть привязаны записи из таблицы кодов и атрибуты. Поддерживается обширный набор векторных форматов импорта/экспорта.

Модуль создания ортофотопланов (PHOTOMOD Mosaic) по аэрофотоснимкам или спутниковым сканерным изображениям на основе ЦМР, построенной в модуле PHOTOMOD DTM или импортированной из набора форматов. Инструменты автоматического яркостного выравнивания и обработки порезов обеспечивают отсутствие швов на выходном изображении. Ортофотоплан создается с заданным размером элемента на местности и пространственной привязкой (предусмотрен прямой экспорт в MapInfo и ArcInfo, а также сохранение мозаики в формат GeoTIFF). Поддерживается нарезка на листы или трапеции заданного пользователем размера. Система осуществляет контроль точности построения ортофотоплана по опорным и контрольным точкам.

Модуль PHOTOMOD VectOr представляет собой полнофункциональную геоинформационную систему. Она предназначена для создания, редактирования и работы с электронными картами. Работает с векторными данными, матрицами и растровыми изображениями. Поддерживает различные системы координат. Позволяет выполнять полный комплекс работ по созданию электронной карты: от составления по исходным материалам до подготовки к изданию. Содержит обширный инструментарий для работы с картой: расчет длин, площадей, построение зон видимости, работа с матрицей высот, расчет кратчайшего пути и др.

Позволяет создавать трехмерные модели местности, используя ЦМР, аэро- и космические снимки, а также условные и реальные изображения объектов.

Более подробно остановимся на возможностях последнего из перечисленных модулей.

PHOTOMOD VectOr позволяет создавать векторные, растровые и матричные карты, а также 3D модели местности, оперативно обновлять различную информацию о местности на основе аэро- и космических снимков, результатов геодезических измерений, графических материалов. Может использоваться как самостоятельно, так и совместно с другими модулями PHOTOMOD.

Основные возможности модуля VectOr включают:

- создание и редактирование цифровых карт;
- поддержку номенклатур топографических, обзорно-географических и навигационных карт;
- создание пользовательских карт с произвольными параметрами;
- создание векторных объектов по координатам из файла, растровым подложкам, аэро- и космическим снимкам;
- выполнение генерализации в соответствии с выбранным масштабом;
- библиотеку стандартных условных знаков и возможность создания новых;
- сводку листов и нарезку объектов по листам в соответствии с номенклатурой;
- преобразование систем координат и картографических проекций;
- полнофункциональный редактор векторной информации;
- процесс интерактивной векторизации;
- пространственную привязку и трансформирование растровых изображений с возможностью сшивки смежных растров;

- создание и редактирование матрицы высот;
- нанесение надписей в соответствии с выбранными атрибутами;
- вывод на печать с полным зарамочным оформлением и координатной сеткой;
- возможность создания 3D моделей местности с использованием матрицы высот, космических и аэроснимков, реальных и условных изображений объектов;
- имитация полета над 3D моделью местности;
- сведения о метрике и семантике объекта;
- определение координат, длин, площадей; построение зон видимости, профилей, буферных зон, зон затопления, ортодромии и локсодромии, расчеты по матрице высот и др.;
- выбор объектов с помощью сложных запросов.

В программе реализованы мощные возможности функций Импорт/экспорт данных в форматы DXF, MIF–MID, SHP, GRD, BMP, TIFF.

12. Перспективы развития и совершенствования ГИС- технологий

Новый путь развития геоинформационных технологий лежит в направлении создания распределенных ГИС. Такие ГИС включают распределенные базы данных, распределенные вычисления, стандарты взаимодействия открытых систем. В этой связи необходимо отметить, что в 2005 г. в нашей стране начаты работы по созданию Инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации, а 21 августа 2006 г. Распоряжением Правительства РФ № 1157-р была одобрена Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных, в которой разработаны, в том числе мероприятия по реализации концепции к 2015 г.

Под инфраструктурой пространственных данных Российской Федерации (ИПДРФ) понимается территориально распределенная система

сбора, обработки, хранения и предоставления потребителям пространственных данных. [17].

Инфраструктура пространственных данных нужна для решения двух основных задач:

- электронного обмена пространственными данными между организациями и компаниями разных профилей и видов собственности;
- для обеспечения свободного массового доступа граждан, организация, органов государственной власти и местного самоуправления к национальным ресурсам пространственных данных и картографическим продуктам на основе современных информационно-коммуникационных технологий, в том числе и через глобальную сеть Интернет.

ИПДРФ образует совокупность следующих взаимосвязанных компонентов:

- информационные ресурсы, включающие базовые пространственные данные и метаданные;
- организационная структура;
- нормативно-техническое обеспечение;
- технологии и технические средства.

12.1. Информационные ресурсы

Базовые пространственные данные, описывающие в цифровом виде базовые пространственные объекты, состоят из координатного описания, наименования объекта, его адреса и других сведений. Под пространственными объектами в концепции понимается любой конкретный объект, который может быть определен индивидуальным содержанием и границами и описан в виде набора цифровых данных, а под

пространственными данными - цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении, форме и свойствах, представленные в координатно-временной системе.

Базовые пространственные данные и объекты не содержат сведения, составляющие государственную тайну.

Состав базовых пространственных данных предлагается устанавливать путем принятия соответствующих нормативных правовых актов Российской Федерации.

При этом предполагается, что базовые пространственные данные:

- обязательны для использования всеми органами государственной власти и органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами, участвующими в создании пространственных данных;
- являются открытым доступным государственным информационным ресурсом и предоставляются потребителям в порядке, устанавливаемом законодательством Российской Федерации;
- создаются в соответствии с техническими регламентами и стандартами.

Создание базовых пространственных данных должно последовательно обеспечить переход к их использованию в качестве базовой информации о соответствующей местности.

Метаданные предназначены для поиска, оценки качества, пригодности и возможности обработки пространственных данных. Под метаданными в концепции понимаются данные, которые позволяют описывать содержание, объем, положение в пространстве, качество и другие характеристики пространственных данных и пространственных объектов.

Предполагается, что производство метаданных базовых пространственных данных будет являться обязательным для производителей пространственных данных.

12.2. Организационная структура

В качестве координирующего межведомственного органа в сфере деятельности по созданию и развитию инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации предполагается сформировать межведомственную комиссию по пространственным данным.

Развитие организационной структуры инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации будет осуществляться поэтапно. На начальном этапе предлагается формировать ее из организаций, находящихся в ведении федеральных органов исполнительной власти и занимающихся созданием и ведением баз пространственных данных. В дальнейшем в зависимости от социально-экономической и информационной готовности в организационную структуру инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации будут включаться организации, находящиеся в ведении органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, которым будут передаваться соответствующие материалы и данные федерального и ведомственных (отраслевых) картографо-геодезических фондов, а также других федеральных информационных ресурсов, что обеспечит единство базовых пространственных данных в Российской Федерации.

12.3. Нормативно-правовое обеспечение

Совершенствование законодательства является определяющим фактором создания инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации и предусматривает:

- подготовку предложений о внесении изменений в нормативные правовые акты Российской Федерации в области создания и использования пространственных данных, а также ведения баз этих данных;

- законодательное закрепление за органами исполнительной власти и органами местного самоуправления функций по созданию и предоставлению базовых пространственных данных и метаданных, а также ведению баз этих данных;
- разработку технических регламентов и стандартов в области создания, оценки качества, хранения, предоставления и использования базовых пространственных данных, а также ведения баз этих данных;
- корректировку отраслевых нормативно-технических документов в части обязательного использования базовых пространственных данных, ведения баз этих данных, а также предоставления базовых пространственных данных, содержащихся в ведомственных фондах.

12.4. Технологии и технические средства

Концепцией предусматривается разработка типовых технологий на основе использования существующих и перспективных методов хранения, актуализации и предоставления базовых пространственных данных и метаданных с использованием систем управления базами данных, геоинформационных систем и средств телекоммуникаций.

12.5. Этапы реализации Концепции

Реализовать концепцию предполагается в три этапа. Первый этап (2006-2007 гг.) рассматривается как подготовительный. На этом этапе должны быть созданы все предпосылки для успешной реализации концепции в целом. К основным задачам этапа можно отнести:

- создание межведомственной комиссии по пространственным данным;

- разработку и принятие нормативных правовых актов, регулирующих порядок создания, использования базовых пространственных данных и метаданных, ведения баз этих данных,
- разработку технических регламентов и стандартов в области создания, оценки качества, хранения, предоставления и использования базовых пространственных данных и метаданных, а также ведения баз этих данных;
- создание и распространение базовых пространственных данных федерального уровня;
- формирование системы надзора и контроля за созданием и использованием базовых пространственных данных,;
- снятие необоснованных ограничений на распространение пространственных данных;
- разработку технологий создания, хранения, актуализации и использования базовых пространственных данных и метаданных;
- реализацию пилотных проектов по созданию отраслевых, региональных и муниципальных инфраструктур пространственных данных;
- формирование единой системы стандартизации в области пространственных данных;
- подготовка и повышение квалификации кадров.

Второй этап реализации концепции рассматривается как организационный. Он рассчитан на период с 2008 по 2009 г. На этом этапе предполагается:

- сформировать сети организаций по ведению баз данных на федеральном и муниципальном уровнях;
- создать вторую очередь системы обеспечения пространственными данными на уровне органов местного самоуправления;

- совершенствовать законодательство в области создания и использования пространственных данных;
- подготовить квалифицированные кадры.

На третьем этапе (2010 - 2015 г.) предполагается завершить формирование инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации, которая обеспечит эффективное использование пространственных данных и создание банков пространственных данных в качестве государственных информационных ресурсов.

Реализация концепции ИПДРФ позволит внедрить стандарты обмена геоданными и создать область общедоступных геоинформационных ресурсов и сервисов, даст возможность пользователям выйти на новый уровень общения с геоинформационными технологиями.

Использованная литература

1. Геоинформатика = Geo-informatics : Толковый словарь основных терминов / Баранов Ю. Б. и др.; под ред. А. М. Берлянта и А. В. Кошкарева; ГИС-Ассоц. и др. - М. : ГИС-Ассоц., 1999.
2. Геоинформатика : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям 012500. "География", 013100 "Природопользование", 013600 "Геоэкология", 351400 "Приклад. информатика (по обл.)" / [Г.Г. Капралов и др.] ; под ред. В.С. Тикунова. -М. : Академия, 2005 (ГУП Сарат. полигр. комб.).
3. Геоинформатика / А. Д. Иванников, В. П. Кулагин, А. Н. Тихонов, В. Я. Цветков. -М. : МАКС Пресс, 2001.
4. Геоинформационные ресурсы : (Экон. аспект) / В. И. Берилко, Б. В. Робинсон, В. Ф. Свиньин; Сиб. науч.-исслед. ин-т геологии, геофизики и минер. Сырья. - Новосибирск : СНИИГГИМС, 1998.
5. ГОСТ 21830-76 «Приборы геодезические. Термины и определения». - М.: Изд-во стандартов, 1996.
6. ГОСТ Р51774-2001 «Тахеометры электронные. Общие технические условия». - М.: Изд-во стандартов, 2001.
7. Гуткин Б. В. Геоинформационная технология создания электронных кадастровых карт в масштабах 1:250 и 1:500 на территории Израиля : Дис. ... канд. техн. Наук. -М.: 200.
8. Лурье И. К. Геоинформатика : Учеб. геоинформ. системы / И. К. Лурье; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, геогр. фак. -М.: : Изд-во Моск. ун-та, 1997.
9. Монахов С. В. Общая геоинформатика: Конспект лекций / Монахов С. В., Савиных В. П., Цветков В. Я. ; Моск. гос. ун-т геодезии и картографии -М.: Макс Пресс, 2004.

10. Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии. Методы обработки и преобразования дистанционных данных для целей региональных ГИС / Федер. служба геодезии и картографии Рос. Федерации [Госцентр "Природа"; Науч. редактор В. А. Сущеня]. -М.: ЦНИИГАиК, 1996.
11. Никишин А. Н. Московский государственный университет геодезии и картографии. Объектно-картографический метод организации геопространственных данных региональных информационных систем : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. -М.: 2005.
12. ОСТ 68-3.2-98 Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования. -М.: ЦНИИГАиК, 1998.
13. ОСТ 68-3.3-98 Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания картографической информации. Общие требования. -М.: ЦНИИГАиК, 1998.
14. ОСТ 68-14-99 Виды и процессы геодезической и картографической производственной деятельности. Термины и определения. -М.: ЦНИИГАиК, 2000.
15. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика. -М.: «Янус-К», 2002.
16. Прогулова Т. Б. Геоинформационные системы при подготовке специалистов в области недропользования : Дис. ... канд. техн. наук. -Дубна, 2003.
17. Распоряжение Правительства РФ от 21 августа 2006 г. № 1157-р. О Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации.
18. Сербенюк С. Н. Картография и геоинформатика - их взаимодействие/ С. Н. Сербенюк; Под ред. В. А. Садовниченко; МГУ им. М. В. Ломоносова, геогр. фак. -М.: Изд-во МГУ, 1990.

- 19.Синякин А. К. Принципы работы глобальных систем местоопределения (GPS) : Учеб. пособие для студентов специальностей 300100, 300200, 300500 / А. К. Синякин; Сиб. гос. геодез. акад. -Новосибирск : СГГА, 1996.
- 20.Соколов И. А. Геоинформационные технологии: Учебное пособие / И. А. Соколов, А. И. Мартыненко, О. В. Тагунова ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики (техн. ун-т)".-М.: Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики (техн. ун-т), 2005.
- 21.Хинкис Г.Л., Зайченко В.Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности. -М.: Изд-во Проспект, 2006.
- 22.Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии / В. Я. Цветков. -М.: Финансы и статистика, 1998.
- 23.Цифровая картография и геоинформатика : Крат. терминолог. словарь / Е.А. Жалковский, Е.И. Халугин, А.И. Комаров, Б.И. Серпуховитин; Под общ. ред. Е.А. Жалковского. -М.: Картгеоцентр : Геодезиздат, 1999.
- 24.Шайтура С. В. Учебное пособие по курсу "Геоинформационные системы и методы их создания" / С. В. Шайтура; Моск. гос. ун-т геодезии и картографии. -М.: МосГУГК, 1995.
- 25.Ямбаев Х.К., Голыгин Н.Х. Геодезическое инструментоведение. –М. Юкис, 2005.

Цели и задачи курса:

Целью курса «Формирование пространственно-привязанной основы локальных ГИС», является ознакомление и подготовка будущих специалистов к самостоятельной педагогической, научно-исследовательской и практической деятельности в области геологии и разведки полезных ископаемых с возможностями, особенностями и перспективами технологий, аппаратного и программного обеспечения формирования основы пространственно-привязанных локальных Геоинформационных систем. Курс является необходимым для дальнейшего углубленного изучения специалистами функционирования таких ГИС.

Задачами курса являются:

- изучение координатной и высотной основы пространственно-привязанной локальной ГИС, глобальные, государственные и локальные системы координат и методов их трансформаций, семантической основы электронной карты;

- рассмотрение методов создания топографо-геодезической основы пространственно-привязанной ГИС;

- изучение системы глобального спутникового позиционирования (GNSS: GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО) и принципов ее использования для формирования геодезической основы ГИС;

- изучение методов GNSS-наблюдений, включая кодовые и фазовые, абсолютные и дифференциальные. Рассмотрение вопросов оценки точности результатов измерений;

- оборудования пользователя для выполнения определения координат в Системе спутникового позиционирования;

- изучение методик работ в режиме с постобработкой результатов и в режиме реального времени, базовых станций и мобильных приемников;
- анализ экономической эффективности использования различных каналов передачи данных;
- изучение Система постоянно действующих базовых станций для спутникового позиционирования. Рассмотрение элементов системы: приемник, антенна, программное обеспечение, средства коммуникации;
- обзор возможностей использования системы для мониторинга природных объектов и искусственных сооружений;
- изучение технологии создания основы для пространственно-привязанной локальной ГИС на основе метода электронной тахеометрии;
- изучение аппаратного и программного обеспечения и возможностей автоматизации измерений;
- изучение топологической основы пространственно-привязанных ГИС, принципов полевого кодирования информации;
- рассмотрение принципов объектного кодирования: точечных, линейных и площадных объектов;
- рассмотрение офисного программного обеспечения, используемого при формировании основы пространственно-привязанной ГИС;
- изучение требований, предъявляемых к программному обеспечению, рассмотрение вопросов конвертации данных в программное обеспечение геоинформационных системы;
- ознакомление с перспективами совершенствования технологий сбора координатных и семантических данных для формирования локальных ГИС;
- изучение возможностей использования интегрированных и роботизированных технологий;
- изучение возможностей аэрокосмических методов для сбора информации;

- изучение возможностей использования технологий воздушного и наземного лазерного сканирования для создания основы локальной ГИС.

Область знаний: технические науки, науки о Земле,

Курс ориентирован на студентов, обучающихся в магистратуре, но он может быть интересен и полезен и для аспирантов, стажеров и специалистов, получающих дополнительное образование.

Курс предназначен для студентов (магистрантов) по направлению «Геология и разведка полезных ископаемых» и может быть интересен студентам, аспирантам, стажерам и получающим дополнительное образование специалистам других направлений и специализаций инженерного, экологического, аграрного и других факультетов Российского университета дружбы народов.

Курс является обязательным для магистрантов по направлению «Геология и разведка полезных ископаемых» и может быть **курсом по выбору** для магистрантов по направлениям «Горное дело», «Строительство», «Архитектура», «Экология», «Агрономия», «Управление по отраслям промышленности» и др.

Курс состоит из теоретической составляющей (лекционных занятий) и практической составляющей (лабораторные работы).

Инновационность курса по содержанию составляют его цели и задачи. Вопросы формирования локальных Геоинформационных систем являются чрезвычайно актуальными, поскольку совершенствование процессов и механизмов управления в различных областях, предполагает повсеместное использование ГИС, как инструмента, обеспечивающего принятие эффективных управленческих решений. Умение работать с ГИС

и знание технологий их формирования являются необходимым условием подготовки квалифицированного специалиста.

Инновационность курса по методике преподавания составляет широкое применение мультимедийных технологий при чтении лекций и проведении лабораторных работ, преподавание самых современных технологий и приборов, использование компьютерных симуляторов работы приборов, изучение реальной работы которых возможно только в полевых условиях, вне помещений, оценке текущих знаний студентов с использованием специально разработанных компьютерных тестов.

Инновационность курса по организации учебного процесса составляет использование системы зачетных единиц (кредитов) для оценки трудозатрат студентов и преподавателей.

Структура курса:

Лекции - 18 часов

Лабораторные работы – 52 часов

Рубежный контроль – 2 часа

Кредит - 2

Темы лекций

Лекция 1 (2 часа). Введение. Основные понятия и определения. Определение пространственно-привязанной локальной ГИС. Понятие топографо-геодезической основы ГИС. Координатная и высотная основа пространственно-привязанной локальной ГИС. Геоцентрические и топоцентрические координаты. Глобальные, государственные и локальные системы координат. Методы трансформации координат. Опорные геодезические сети. Трансформация координат с использованием результатов измерений на точках геодезических сетей разного уровня.

Лекция 2 (2 часа). Понятие об электронной карте. Координатная и семантическая основа электронной карты. Обзор методов создания топографо-геодезической основы пространственно-привязанной ГИС. Система глобального спутникового позиционирования (GNSS: GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО) и принципы ее использования для формирования геодезической основы ГИС. Состав системы – спутниковый, наземный и пользовательский сегменты. Обзор методов GNSS-наблюдений. Кодовые и фазовые измерения. Абсолютные и дифференциальные методы измерений. Вопросы точности результатов измерений.

Лекция 3 (2 часа). Классификация оборудования пользователя для выполнения определения координат в Системе спутникового позиционирования. Одночастотные и двухчастотные приемники, используемые для сбора пространственно-привязанной информации. Классификация антенн. Различие методик работ в режиме с постобработкой результатов и в режиме реального времени. Базовые станции и мобильные приемники. Использование радиоканалов, GSM-каналов и Интернета для получения поправок дифференциальной коррекции. Экономическая эффективность использования различных каналов передачи данных.

Лекция 4 (2 часа). Система постоянно действующих базовых станций для спутникового позиционирования. Элементы системы: приемник, антенна, программное обеспечение, средства коммуникации. Возможности использования системы для мониторинга природных объектов и искусственных сооружений, как один из примеров функционирования локальной ГИС. Примеры функционирования системы (мониторинг плотин, мостов, канатных дорог, оползней, вулканов и др.).

Лекция 5 (2 часа). Технология создания основы для пространственно-привязанной локальной ГИС на основе метода электронной тахеометрии. Классификация электронных тахеометров и

технические характеристики. Точность угловых и линейных измерений. Инфракрасные и безотражательные дальномеры. Бортовое программное обеспечение электронных тахеометров. Возможности автоматизации измерений (полу-роботизированный и роботизированный режимы измерений), методика работы в режиме слежения.

Лекция 6 (2 часа). Устройства для записи результатов измерений (внутренняя память и съемные элементы памяти). Принципы и устройства передачи данных из тахеометров в компьютер. Понятие о форматах данных. Форматные файлы и файлы протоколов. Использование кабельных соединений и съемных карт памяти для передачи данных. Использование технологии Bluetooth для беспроводной коммуникации тахеометра и компьютера.

Лекция 7 (2 часа). Топологические основы пространственно-привязанных ГИС. Необходимость соблюдать топологические связи на стадии сбора пространственной координатно-объектной информации. Принципы полевого кодирования информации. Тематические и свободные коды. Понятие об атрибутивной информации. Коды с атрибутами. Принципы объектного кодирования: точечные, линейные и площадные объекты.

Лекция 8 (2 часа). Обзор офисного программного обеспечения, используемого при формировании основы пространственно-привязанной ГИС. Требования, предъявляемые к программному обеспечению. Задачи, решаемые с использованием соответствующего программного обеспечения. Классификация программного обеспечения (ПО): ПО для обмена данными тахеометров и компьютеров, ПО для обработки и уравнивания данных спутниковых измерений, ПО для уравнивания наземных измерений, ПО для создания топографической основы ГИС, комплексное программное обеспечение. Вопросы конвертации данных в программное обеспечения геоинформационных системы.

Лекция 9 (2 часа). Перспективы совершенствования технологий сбора координатных и семантических данных для формирования локальных ГИС. Использование интегрированных и роботизированных технологий. Использование аэрокосмических методов сбора информации. Использование технологий воздушного и наземного лазерного сканирования для создания основы локальной ГИС.

Темы лабораторных занятий

Лабораторная работа 1 (3 часа). Формирование высотной основы локальной пространственно-привязанной ГИС. Работа с электронным нивелиром Leica Sprinter. Выполнение полевых измерений и их обработка.

Лабораторная работа 2 (3 часа). Изучение методики сбора полевой информации (определения пространственных координат точек местности) с использованием GPS-приемника Leica GS20-GDM.

Лабораторная работа 3 (6 часов). Обработка собранной полевой информации с использованием компьютерной программы GIS Data Pro. Трансформация координат. Подготовка данных для загрузки в локальную ГИС.

Лабораторная работа 4 (12 часов). Изучение технологии сбора пространственно-привязанных данных с использованием метода электронной тахеометрии. Изучение электронного тахеометра Leica TCR1205 R100 и методики работы с прибором с использованием компьютерного симулятора работы прибора и работа непосредственно с прибором.

Лабораторная работа 5 (6 часов). Обработка результатов полевых измерений, полученных по методу электронной тахеометрии в компьютерной программе Leica Geo Office. Передача данных из тахеометра в персональный компьютер для дальнейшей обработки.

Уравнивание результатов измерений. Оценка точности результатов измерений.

Лабораторная работа 6 (12 часов). Создание топографической основы локальной пространственно-привязанной ГИС. Работа в компьютерной программе Mapsuite+.

Лабораторная работа 7 (6 часов). Методика сбора пространственно-привязанной информации для формирования ГИС с использованием интегрированной технологии электронной тахеометрии и GPS-ГЛОНАСС-измерений. Геодезическая координатно-измерительная система Leica SmartStation.

Лабораторная работа 8 (4 часа). Изучение методики сбора пространственно-привязанных данных для ГИС с использованием сети постоянно действующих базовых станций. Работа в Московской Спутниковой Системе Межевания Земель. Получение доступа к данным сети базовых станций через GSM-связь и через Интернет.

Контрольная работа 1 (0,5 часа).

Контрольная работа 2 (0,5 часа).

Контрольная работа 3 (0,5 часа).

Контрольная работа 4 (0,5 часа).

Описание системы контроля знаний

Условия начисления баллов по курсу устанавливаются и доводятся до сведения студентов на первом занятии в семестре:

- посещение лекций – 2 балл за 1 лекцию, следовательно, максимально возможная сумма баллов за посещение лекций составляет

$$2 \text{ балла} \times 9 \text{ лекций} = \mathbf{18 \text{ баллов.}}$$

- посещение лабораторных занятий – 1 балл за 2 часа, следовательно, максимально возможная сумма баллов за посещение лабораторных занятий составляет:

$$52 \text{ часа} / 2 \text{ часа} = \mathbf{26 \text{ баллов.}}$$

- защита лабораторных работ – 5 баллов за каждую из 8 лабораторных работ, следовательно, максимально возможная сумма баллов за защиту лабораторных работ составляет:

$$5 \text{ баллов} \times 8 \text{ лаб. работ.} = \mathbf{40 \text{ баллов.}}$$

- контрольные работы, каждая контрольная работа до 4 баллов, следовательно, максимально возможная сумма баллов за контрольные работы составляет:

$$4 \text{ балла} \times 4 \text{ контроля} = \mathbf{16 \text{ баллов.}}$$

Итого за семестр студент может набрать максимально **100 баллов**

Контрольная работа выполняется в плановые часы занятий. Каждый студент индивидуально выполняет письменную работу в форме теста. Студент должен ответить на 8 вопросов, выбрав по каждому один из трех предложенных ответов. За каждый правильный ответ начисляется 0,5 балла. Максимально возможная сумма баллов за каждую контрольную работу – 4 балла. Если студент набирает дробное число баллов, то округление оценки выполняется по Гауссу (в сторону четного числа). Например, если студент набрал 2,5 балла, то итоговая оценка будет – 2 балла, а если 3,5 – то 4 балла. **Контрольная работа** проводится четыре раза в семестр (ежемесячно, в последнюю декаду месяца).

Рубежный контроль – оценка текущей успеваемости

Текущая успеваемость студентов оценивается по сумме баллов, полученных за посещение лекций и лабораторных занятий, защиту лабораторных работ и выполнение контрольных работ.

Текущая успеваемость оценивается дважды в семестр. Результаты публикуются на сайте контроля текущей успеваемости студентов.

Методика выставления итоговой оценки

Сумма баллов, набранная студентом в течение семестра, позволяет получить оценку по итогам работы в семестре и не сдавать экзамен, исходя из шкалы, приведенной в таблице 1.

Таблица 1.

Сумма баллов, набранная студентом за семестр	Итоговая оценка
91-100	5 (без сдачи экзамена)
76-90	4 (без сдачи экзамена)
50-75	3 (без сдачи экзамена)
35-49	Для получения положительной оценки студент должен сдавать экзамен
менее 35	студент к экзамену не допускается

Студенты, набравшие в семестре сумму баллов достаточную для получения положительной оценки без сдачи экзамена, но претендующие на повышение итоговой оценки, могут сдавать экзамен. Шкала оценок приведена в таблице 2.

Таблица 2

Сумма баллов за семестр	Сумма баллов на экзамене	Общая сумма баллов	Итоговая оценка
76-90	0-25	76-100	4
		более 100	5
50-75	0-25	50-85	3
		86-100	4
35-49	0-25	60-80	3

Если итоговой аттестацией студентов по работе в семестре является не экзамен, а зачет, то необходимо воспользоваться оценочной шкалой, представленной таблице 3.

Таблица 3.

Сумма баллов за семестр	Сумма баллов, полученных на зачете	Общая сумма баллов	Итоговая оценка
60-100	сдавать зачет не нужно	-	Зачет
35-59	0-25	не менее 60	Зачет
менее 35	к зачету не допускается	-	Незачет

Результаты проставляются в зачетные ведомости и зачетные книжки:

- зачеты, в день проведения зачета;
- экзамены, в день проведения экзамена при наличии в зачетной книжке студента штампа о допуске к сессии.

Аннотированное содержание курса

В курсе рассматриваются технологии сбора и обработки информации, являющейся основой формирования пространственно-привязанных Геоинформационных систем. Особое внимание уделяется описанию функционирования глобальной системы спутникового позиционирования для пространственной привязки данных. Приводится описание сегментов системы, классификация аппаратуры пользовательского сегмента, способов определения координат и высот. Рассматриваются вопросы оценки точности полученных результатов. Рассматривается технологическая схема создания основы для пространственно-привязанной локальной ГИС на базе метода электронной

тахеометрии. Приводятся топологические основы пространственно-привязанных ГИС и требования к соблюдению топологических связей на стадии сбора пространственной координатно-объектной информации. Приводятся принципы полевого кодирования информации и кодирования с атрибутами. Приводятся требования, предъявляемые к программному обеспечению для формирования основы пространственно-привязанной ГИС, задачи, решаемые с использованием соответствующего программного обеспечения. Вопросы конвертации данных в программы геоинформационных системы. Рассматриваются перспективы совершенствования технологий сбора координатных и семантических данных, использования интегрированных и роботизированных технологий. Проанализированы перспективы использования аэрокосмических методов сбора информации и технологий воздушного и наземного лазерного сканирования для создания основы локальной ГИС.

Список обязательной и дополнительной литературы.

Обязательная литература:

1. Лурье, Ирина Константиновна. Геоинформатика : Учеб. геоинформ. системы : Учеб.-метод. пособие / И. К. Лурье; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Геогр. фак. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997
2. Монахов, Сергей Владимирович. Общая геоинформатика : конспект лекций / Монахов С. В., Савиных В. П., Цветков В. Я. ; Моск. гос. ун-т геодезии и картографии М. : Макс Пресс, 2004
3. Шайтура, С.В. Учебное пособие по курсу "Геоинформационные системы и методы их создания" / С. В. Шайтура; Моск. гос. ун-т геодезии и картографии М. : МосГУГК, 1995
4. Геоинформатика : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям 012500. "География", 013100 "Природопользование",

013600 "Геоэкология", 351400 "Приклад. информатика (по обл.)" / [Г.Г. Капралов и др.] ; под ред. В.С. Тикунова М. : Академия, 2005 (ГУП Сарат. полигр. комб.)

5. Синякин Анатолий Константинович. Принципы работы глобальных систем местоопределения (GPS) : Учеб. пособие для студентов специальностей 300100, 300200, 300500 / А. К. Синякин; Сиб. гос. геодез. акад. Новосибирск : СГГА, 1996

Дополнительная литература

1. Цифровая картография и геоинформатика : Крат. терминолог. словарь / Е.А. Жалковский, Е.И. Халугин, А.И. Комаров, Б.И. Серпуховитин; Под общ. ред. Е.А. Жалковского М. : Картгеоцентр : Геодезиздат, 1999.

2. Геоинформатика / А. Д. Иванников, В. П. Кулагин, А. Н. Тихонов, В. Я. Цветков . М. : МАКС Пресс, 2001

3. Соколов, Игорь Анатольевич. Геоинформационные технологии : учебное пособие / И. А. Соколов, А. И. Мартыненко, О. В. Тагунова ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики (техн. ун-т)" Москва : Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования. "Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики (техн. ун-т)", 2005

4. Геоинформационные ресурсы : (Экон. аспект) / В. И. Берилко, Б. В. Робинсон, В. Ф. Свиньин; Сиб. науч.-исслед. ин-т геологии, геофизики и минер. сырья Новосибирск : СНИИГГИМС, 1998

5. Прогулова, Татьяна Борисовна. Геоинформационные системы при подготовке специалистов в области недропользования : Дис. ... канд. техн. наук : 25.00.35 Дубна, 2003

6. Гуткин, Борис Владимирович. Геоинформационная технология создания электронных кадастровых карт в масштабах 1:250 и 1:500 на территории Израиля : Дис. ... канд. техн. наук : 25.00.35 М., 2001
7. Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии. Методы обработки и преобразования дистанционных данных для целей региональных ГИС / Федер. служба геодезии и картографии Рос. Федерации, [Госцентр "Природа"; Науч. редактор В. А. Сущеня] М. : ЦНИИГАИК, 1996
8. Сербенюк, Сергей Николаевич. Картография и геоинформатика - их взаимодействие / С. Н. Сербенюк; Под ред. В. А. Садовниченко; МГУ им. М. В. Ломоносова, Геогр. фак. М. : Изд-во МГУ, 1990
9. Цветков, Виктор Яковлевич. Геоинформационные системы и технологии / В. Я. Цветков М. : Финансы и статистика, 1998
10. Никишин, Александр Николаевич. Московский государственный университет геодезии и картографии Объектно-картографический метод организации геопространственных данных региональных информационных систем : Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.35 / Моск. гос. ун-т геодезии и картографии М., 2005
11. Геоинформатика = Geo-informatics : Толковый словарь основ. терминов / Баранов Ю. Б. и др.; Под ред. А. М. Берлянта и А. В. Кошкарева; ГИС-Ассоц. и др. М. : ГИС-Ассоц., 1999

Учебный тематический план

Учебная неделя	Виды занятий	
1.	Лекция 1 (2 часа)	Лабораторная работа 1 (3 часа)
2.		Лабораторная работа 2 (3 часа)
3.	Лекция 2 (2 часа)	Лабораторная работа 3 (6 часов
4.		Лабораторная работа 3 (6 часов) продолжение
5.	Лекция 3 (2 часа)	Лабораторная работа 4 (12 часов)
6.		Лабораторная работа 4 (12 часов) продолжение
7.	Лекция 4 (2 часа)	Лабораторная работа 4 (12 часов) продолжение
8.		Лабораторная работа 4 (12 часов) продолжение
9.	Лекция 5 (2 часа)	Лабораторная работа 5 (6 часов)
10.		Лабораторная работа 5 (6 часов) продолжение
11.	Лекция 6 (2 часа)	Лабораторная работа 6 (12 часов)
12.		Лабораторная работа 6 (12 часов) продолжение

13.	Лекция 7 (2 часа)	Лабораторная работа 6 (12 часов) продолжение
14.		Лабораторная работа 6 (12 часов) продолжение
15.	Лекция 8 (2 часа)	Лабораторная работа 7 (6 часов) продолжение
16.		Лабораторная работа 7 (6 часов) продолжение
17.	Лекция 9 (2 часа)	Лабораторная работа 8 (4 часа)
18.		Лабораторная работа 8 (4 часа) продолжение.
Экзаменаци- онная сессия		Экзамен