

**Общее Справочное
Руководство по GPS
Съемке**

Part Number: 25748-00

Ревизия: А

Дата: Ноябрь 1994

*Trimble Navigation Limited
Surveying & Mapping Division
645 North Mary Avenue
Post Office Box 3642
Sunnyvale, CA 94088-3642
U.S.A.*

*1-800-827-8000 in North America
+1-408-481-8000 International
Fax: +1-408-481-8214*

*Trimble Navigation Europe Ltd.
Trimble House
Meridian Office Park
Osborn Way, Hook
Hampshire, RG27 9HX England
+44-256-760-150
FAX: +44-256-760-148*

*Trimble Navigation Singapore Pte Ltd.
300 Beach Road #34-05
The Concourse
Singapore 0719
Singapore
+65-296-2700
FAX: +65-296-8033*

*Trimble Navigation Japan
Believe Mita Building 11th Floor
Shiba 3-43-16, Minato-ku
Tokyo 105
Japan
+81-3-5476-0880
FAX: +81-3-5476-4353*

*Trimble Navigation New Zealand
76 Chester Street East
P.O. Box 13-547 Armagh
Christchurch, New Zealand
+64-3-3713-400
FAX: +64-3-3713-417*

Общее справочное руководство по GPS съемке, Ревизия А, Ноябрь 1994.
Описание программного обеспечения версии 2.0

© Copyright 1994 by Trimble Navigation Surveying & Mapping Division. Все права защищены. Никакая часть данного руководства не может быть скопирована, сфотографирована, репродуцирована, переведена, или перенесена на любой электронный носитель или приведена к машинно-считываемой форме без предварительного письменного согласия со стороны *Trimble Navigation Limited*.

Издано в США. Отпечатано на бумаге из вторичного сырья.

Формуляр Отзыва Пользователя

В конце настоящего руководства пользователь найдет формуляр отзыва. При отсутствии формуляра, отзывы и предложения можно отправлять по адресу Trimble Navigation Limited, 645 North Mary Avenue, Post Office Box 3642, Sunnyvale, CA 94088-3642. Все отзывы и предложения, поступившие в Trimble Navigation Limited, становятся собственностью фирмы.

Предупреждения

GPS служба подвержена изменениям без уведомления. Правительство США заявляет, что настоящие пользователи GPS делают это на свой страх и риск, и что правительство может в любой момент и без предупреждения изменить или прекратить работу GPS спутников.

Информация к сведению: Некоторые из приемников, упомянутых в настоящем руководстве, используют P-код сигнала GPS, который может быть зашифрован или отключен в интересах США без предупреждения.

Отказ от права. Trimble Navigation сохраняет за собой право внесения изменений в данное руководство без извещения. Если письменно не оговорено иначе, Trimble Navigation не принимает на себя никаких обязательств и ответственности за использование данного руководства и программного продукта или за нарушение любого авторского права или другого права собственности, а все, что содержится в настоящем руководстве и программном продукте, не должно считаться варрантом или гарантией фирмы Trimble Navigation Limited.

Товарные знаки

GPSurvey, FastStatic, Series 4000, 4000SSE, Survey Controller, TRIMMAP и TRIMNET Plus являются товарными знаками компании Trimble Navigation Limited. Все другие фирменные названия представляют соответственно товарные знаки их владельцев.

Содержание

Список рисунков ix

Список таблиц..... ix

Предисловие xi

1 Введение..... 1-1

 Что Такое GPS 1-2

 Почему Следует Использовать GPS..... 1-2

 От Сигналов к Векторам—Методы Наблюдений 1-3

 Что Такое Вектор..... 1-3

 Как Наблюдать Вектор..... 1-5

 Статическая Съёмка..... 1-7

 Быстростатическая Съёмка..... 1-7

 Кинематическая Съёмка 1-8

 Съёмка в Реальном Времени 1-8

 Сведение Всех Частей Воедино..... 1-9

 Аппаратные Средства 1-10

 Полевые Процедуры..... 1-11

 Программное Обеспечение 1-11

2 GPS и Ее Использование в Геодезии..... 2-1

 Глобальная Система Позиционирования (GPS)..... 2-2

 Космический Сегмент 2-2

 Сегмент Управления 2-2

 Сегмент Пользователей..... 2-2

 Каким образом Геодезические Приемники Используют GPS..... 2-4

 Спутниковые Сигналы..... 2-4

 Основная Частота 2-4

 C/A Код 2-4

 P-Код 2-4

 Y-Код..... 2-5

 Фаза Несущей в L-диапазоне..... 2-5

 Спутниковое (Навигационное) Сообщение..... 2-6

Спутниковые Измерения	2-7
Псевдодальности.....	2-7
Фаза Несущей (Биений).....	2-7
Непрерывная Фаза Несущей.....	2-8
Срыв Цикла.....	2-9
Вычисление Пользователем Своего Местоположения.....	2-10
Координаты Отдельного Пункта (Автономное Местоположение).....	2-11
Каким образом Приемники Вычисляют Местоположение	2-11
Абсолютное Позиционирование	2-11
Дифференциальное Позиционирование	2-12
Базисные Линии.....	2-13
Каким образом Несущие Волны Формируют Базисные Линии	2-14
Что Известно.....	2-14
Что Необходимо Вычислить.....	2-15
Корректировка Времени.....	2-16
Разрешение неоднозначности	2-17
Как Используются Измерения.....	2-17
Одиночные Разности (Между Приемниками)	2-18
Двойные Разности (Между Спутниками и Приемниками).....	2-19
Тройные Разности (Между Спутниками, Приемниками и По Времени)	2-19
.....	2-19
Решения Базисных Линий.....	2-20
Плавающее Решение	2-20
Фиксированное Решение.....	2-20
Фиксированное Решение На Основе Широкополосного Измерения	2-21
.....	2-21
Фиксированное Решение На Основе Узкополосного Измерения	2-21
Решение, Свободное От Влияния Ионосферы.....	2-22
Что Со Всем Этим Делать.....	2-22
Факторы, Оказывающие Влияние На Точность GPS.....	2-22
Спутники.....	2-23
Режим Ограниченного Доступа И Помехозащищенность	2-23
Работоспособность Спутников.....	2-25
Разрешенные и Запрещенные Спутники.....	2-27
Точность Измерения Расстояния От Спутника До Пользователя (URA)	2-28
Уровень Сигнала (SNR)	2-28
Созвездия	2-30
Количество Видимых Спутников.....	2-30
Фактор Потери Точности (DOP)	2-30
Оборудование	2-32
Тип Приемника.....	2-32
3 Процедуры Сбора Данных.....	3-1

Качество Данных и Методы Сбора Данных.....	3-2
Установка Параметров Съёмки	3-3
Положение Антенны: Взгляд На Небо	3-3
Измерение Высоты Антенны	3-4
Маска PDOP	3-5
Маска Угла Возвышения	3-6
Форматы GPS Данных	3-8
Интервалы Между Эпохами	3-9
Сигналы О Потере Сопровождения Спутников При Выполнении Кинематической Съёмки.....	3-11
Встраивание Интерфейса Накопителя Данных.....	3-12
Сбор Данных Для Постобработки	3-12
Геодезическая Съёмка В Реальном Времени	3-13
Использование TDC1/Survey Controller Комбинированной Операционной Среды	3-14
Какой Объем Данных Является Достаточным? Режимы наблюдения Базисных GPS Линий	3-15
Методы Наблюдений	3-17
Статика.....	3-17
Быстрая Статика	3-17
Кинематика	3-18
Съёмка в Реальном Времени.....	3-20
Stop-and-Go (Остановка-и-Движение)	3-21
Непрерывная Кинематическая Съёмка.....	3-22
Сочетание Полевых Методов Сбора Данных.....	3-23
4 Этапы Проекта.....	4-1
Этапы Проекта.....	4-2
Предварительная Подготовка К Выполнению Съёмки.....	4-3
Разработка Проекта.....	4-3
Повторение Порядка Выполнения Перед Началом Работ	4-3
Составление Проекта На Бумаге	4-3
Создание Проекта В GPSurvey	4-5
Проверка Доступности Спутников С Использованием Модуля Quick Plan или Plan	4-6
Обзор Руководств Пользователя.....	4-7
В Поле.....	4-7
После Возвращения В Офис.....	4-8
Открытие Проекта	4-9
Выгрузка Данных.....	4-9
Архивирование Данных.....	4-10
Загрузка и Проверка Информации, Введенной В Поле	4-10
Обработка Базисных Линий	4-12
Промотр Решений По Обработке Базисных Линий	4-12

Уравнивание Сети	4-13
Создание Отчетов По Проекту	4-14
В Заключение	4-14
О Настоящем Руководстве	-8
Что Следует Знать Пользователю	-8
Примечания и Предупреждения	-9

Словарь терминов

Литература

Предметный указатель

Список Рисунков

1-1. Вектор на Эллипсоиде, Соединяющий Две Станции.....	1-4
---	-----

Список Таблиц

Таблица 1-1. Методы Наблюдения Базисных Линий.....	1-6
Таблица 1-2. Модули и Функции Программного Обеспечения GPSurvey	1-13
Таблица 1-3. Модули и Функции Программного Обеспечения TRIMMAP	1-14
Таблица 2-1. Информация GPS Сигнала.....	2-15
Таблица 2-2. Фактор Потери Точности	2-31
Таблица 2-3. Методика Полевых Работ и Необходимая Аппаратура.....	2-34

Предисловие

О Настоящем Руководстве

В настоящем руководстве приводится следующая информация:

- краткий обзор Глобальной Системы Позиционирования (GPS) и связанной с нею терминологии
- общее представление о подготовке к GPS съемке и порядке проведения полевых работ
- краткое обсуждение использования модулей программного обеспечения фирмы Trimble для получения точных результатов по базисным линиям
- словарь геодезических терминов и список справочной документации и литературы

Руководство подразделяется на следующие разделы:

- Глава 1, Введение
- Глава 2, GPS и Ее Использование в Геодезической Съемке
- Глава 3, Порядок Накопления Данных
- Глава 4, Этапы Проекта
- Словарь, Справочные Данные и Алфавитный Указатель

Подробная информация по последовательному выполнению действий при использовании утилит и программных приложений фирмы Trimble приводится в соответствующем руководстве пользователя. Детальный порядок действий с использованием геодезических приемников фирмы Trimble приводится в соответствующем Руководстве Пользователя по Приемникам Серии 4000.

Более широко обсуждение по вопросам, затронутым в настоящем руководстве, представлено в списке литературы, который прилагается в конце настоящего руководства.

Что Следует Знать Пользователю

Пользователь должен быть знаком с основополагающими принципами и порядком проведения геодезической съемки и, хотя он может не полностью разбираться в том, как же функционирует собственно GPS, им должны быть по достоинству оценены преимущества GPS и типы наблюдений, которые включены в съемочную

сеть —особенно, концепция GPS вектора. Предполагается также, что пользователь понимает разницу между эллипсоидом и ортометрическими высотами.

Предполагается, что пользователь имеет основное представление о командах DOS, умеет оперировать мышью и клавиатурой в среде Microsoft® Windows™, работать с диалоговыми окнами и выполнять стандартные операции Windows. В случае если необходимо получить справку по действиям в программной оболочке Windows, следует обратиться к документации по Windows.

Примечания и Предупреждения

Примечания и предупреждения используются для того, чтобы подчеркнуть важность информации.



ПРИМЕЧАНИЕ – Примечания предоставляют дополнительную информацию по предмету, чтобы пользователь мог расширить круг своих знаний и сориентироваться в своих действиях.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ – Предупреждения помогают пользователю избежать ситуаций, которые могли бы привести к потере данных или ошибкам в работе программного обеспечения.

1 Введение

Выполнение геодезической GPS съемки требует использования аппаратных средств GPS приемника, соответствующих полевых мероприятий и программного обеспечения. Нет необходимости в доскональном изучении всех принципов GPS с целью использования этих знаний на практике. Однако, целесообразно познакомиться с основной терминологией по Глобальной Системе Позicionирования (GPS).

В настоящей главе дается общее представление о следующих аспектах GPS съемки и программном обеспечении GPSurvey фирмы Trimble:

- введение в Глобальную Систему Позicionирования
- геодезические наблюдения и связанные с ними полевые мероприятия
- области применения и методика проведения геодезических GPS съемок
- требования к компьютеру для использования GPSurvey

Дополнительная информация содержится в терминологическом словаре и списке литературы, которые представлены в конце настоящего руководства.

Что Такое GPS

Глобальная Система Позicionирования (Global Positioning System - GPS) представляет собой спутниковую систему позicionирования, работающую под контролем Министерства Обороны США (Department of Defence — DoD). Данная система круглосуточно и при любых погодных условиях предоставляет информацию по координатам и времени в любой точке Земли. Спутники излучают сигналы, которые могут отслеживаться приемниками для целей позicionирования и навигации. Точность позicionирования, обеспечиваемая GPS, лежит в диапазоне от 100 метров до нескольких сантиметров, в зависимости от используемого оборудования и методики.

В Главе 2 приводится описание спутниковых сигналов, измерений, выполняемых приемником, а также кратко рассматриваются математические модели, которые используются для вычисления базисных линий, наблюдаемых с помощью GPS.

Почему Следует Использовать GPS

GPS имеет ряд преимуществ по сравнению со стандартной методикой проведения геодезических съемок:

- Не требуется взаимной видимости между пунктами.
- Точность GPS практически не зависит от погодных условий (дождя, снега, высокой или низкой температуры, а также влажности).
- GPS имеет более высокое быстродействие по сравнению с традиционными методами.
- GPS обеспечивает получение результатов в унифицированной всемирной системе координат.
- GPS результаты представлены в цифровой форме и легко переводятся в картографическую или географическую информационную (GIS) системы.

Необходимо помнить, что одно из основных отличий GPS съемки от традиционной заключается в том, что разности координат станций вычисляются на математическом эллипсоиде (который называется WGS-84), а не на локальной плоскости. Как только будут вычислены относительные координаты станций съемки, пользователь может преобразовать эти координаты в какую-либо иную исходную систему координат и картографическую проекцию, такую как Универсальная поперечная проекция Меркатора (UTM) или Государственные Планные координаты (State Plane coordinates).

От Сигналов к Векторам—Методы Наблюдений

Существует большой выбор методов наблюдения базисных линий GPS. В ходе проведения GPS съемки вы можете использовать один из методов в отдельности или совместно с другими. Выбор метода наблюдения съемочной сети зависит от имеющегося аппаратного обеспечения, особенностей района работ, целей задания и характеристик проекта, таких как требования к точности.

Что Такое Вектор

Система GPS основана на использовании математического, фиксированного относительно Земли эллипсоида (WGS-84). GPS-вектор между двумя съемочными станциями не совпадает с расстоянием между двумя точками на местности. Он также не равен расстоянию, определенному вдоль поверхности эллипсоида (и называемому геодезической линией).

Вектор или базисная линия, которые получаются в результате обработки GPS данных, представляют собой просто расстояние между двумя станциями относительно центра Земли в соответствии с моделью математического эллипсоида WGS-84. См. рисунок 1-а.

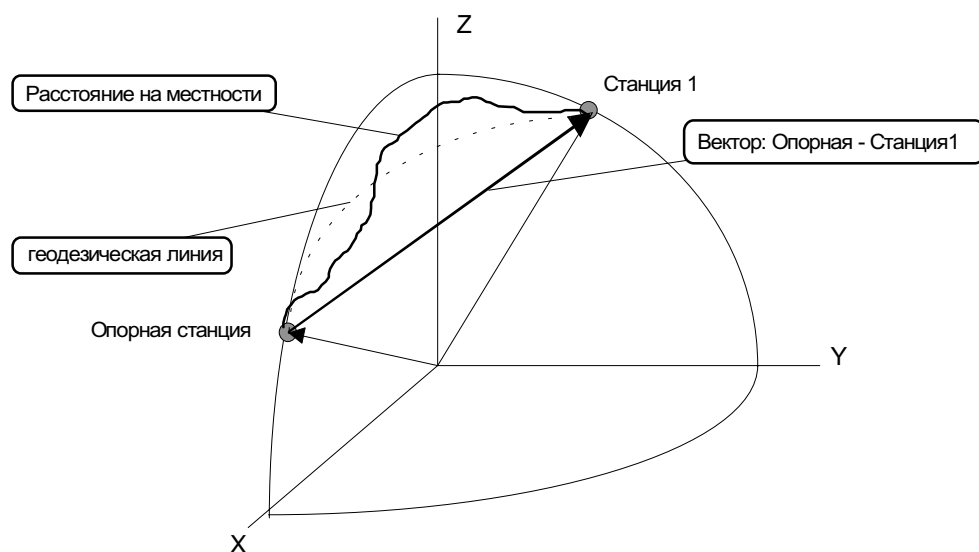


Рисунок 1-А. Вектор на Эллипсоиде, Соединяющий Две Станции

Этот межстанционный вектор является наиболее точной величиной, получаемой из обработки GPS данных. Непосредственным результатом GPS обработки является вычисление разности координат неизвестной станции и опорной точки.

Пользователю следует помнить, что точность относительных координат съемочных станций не превышает точности определения опорной точки, которая лежит в основе его вычислений. Используя GPS съемку можно очень точно измерить разность координат станций, но абсолютная точность координат, получающаяся в результате GPS съемки, зависит от точности координат опорной станции в сети.

Как Наблюдать Вектор

Существует много методов, которые используются в поле для наблюдения базисных линий сети. Эти методы сбора данных отличаются по точности, времени наблюдения и общей производительности. См. ниже таблица 1-а.

Таблица 1-А. Методы Наблюдения Базисных Линий

Метод Наблюдения Базисных Линий	Лучше всего подходит для
статический (static)	протяженных (> 20 км) базисных линий; высокоточных опорных работ
быстростатический (FastStatic)	сгущения сетей, при выполнении которых требуется высокая производительность, и имеются в наличии приемники, способные работать в быстростатическом режиме
кинематическая съемка в режиме stop-and-go (Остановка-и-Движение)	высокой производительности; при наличии на пунктах препятствий для спутниковых сигналов
непрерывная кинематическая съемка	топографических GPS съемок, динамических платформ; при наличии на пунктах препятствий для спутниковых сигналов
кинематическая съемка в реальном времени (RTK), <i>обозначаемая также как</i> съемка в реальном времени (RTS)	таких ситуаций, как наблюдение или точное управление оборудованием, когда требуются точные координаты в реальном времени

Все эти методы наблюдения базисных линий подразумевают использование, по крайней мере, двух приемников. Следует помнить, что определение базисных линий GPS, по своей природе, носит относительный характер. Пользователь определяет положение одного приемника относительно другого. Любому из указанных методов сбора данных соответствуют специальные условия, которые определяют, как и когда можно использовать данный метод. В следующих разделах дается описание каждого метода.

Статическая Съемка

На протяжении нескольких лет **Статическая** съемка составляет основу геодезической GPS съемки. Для ее выполнения необходимо, чтобы два приемника проводили наблюдение на каждом конце базисной линии приблизительно в течение часа. И хотя по сравнению с другими методами для этого требуется больше времени, метод статической съемки является более снисходительным. За один час собирается большое количество данных, что позволяет процессору базисных линий в рамках имеющихся данных решить больше задач, которые невозможно решить, используя более короткие периоды наблюдений. Информация, имеющая отношение к статической съемке, хранится, как правило, в особом отдельном файле данных. Статические съемки можно выполнять при помощи любого из приемников фирмы Trimble, предназначенного для геодезической съемки.

Быстростатическая Съемка

Для проведения съемки методом **Быстрой Статики** требуется задействовать 4000SSE приемников (двух-частотные приемники либо с P1, либо с P1/P2). Приемники работают на каждой базисной линии в течение 5-20 минут, в зависимости от ее длины, количества спутников и геометрии созвездия спутников.

Данный метод позволяет держать файл данных открытым даже при перемещении между пунктами, так что многочисленные сеансы наблюдений в поле можно, при желании, сохранить в одном файле данных. Более короткий период наблюдения устанавливается благодаря возможности приемника серии 4000SSE запоминать четыре различных типа измерения для каждого спутника, используемого в съемке.

Кинематическая Съемка

Во время выполнения **кинематической съемки в режиме Stop-and-go (Остановка-и-Движение)** используются два и более приемников. По крайней мере, один приемник является опорным и остается неподвижным в течение съемки. Все базисные линии на протяжении сессии последовательно определяются относительно опорного приемника.

Остальные приемники перемещаются в пределах зоны проекта, производя наблюдения на пунктах, координаты которых неизвестны. Вектора определяются только для станций, на которых во время съемки были произведены наблюдения.

С применением двух-частотных приемников и программного продукта GPSurvey фирмы Trimble становится возможной “on-the-fly” (OTF) инициализация съемок в режиме stop-and-go (Остановка-и-Движение). Это минимизирует сложности, вызываемые потерей связи и существенно увеличивает продуктивность полевых работ.

Непрерывная кинематическая съемка позволяет пользователю вычислять положение подвижного(ных) приемника(ов) в любое время: на станциях съемки и во время движения. Такой метод съемки часто используется для топографического картографирования. Он позволяет для каждой эпохи проводить вычисление вектора, означающее, что в каждый момент времени производится регистрация измерений. Данный метод также демонстрирует преимущество инициализационных “on-the-fly” (OTF) характеристик программы GPSurvey.

Съемка в Реальном Времени

Имеется возможность проведения в реальном времени как непрерывной кинематической съемки так и кинематической съемки в режиме stop-and-go (Остановка-и-Движение), когда решения могут рассматриваться непосредственно в поле. Для этого требуются приемники фирмы Trimble серии 4000SE или 4000SSE, оснащенные дополнительным встроенным микропрограммным обеспечением реального времени (RTK параметр), и радиоприемник для передачи данных между базой и подвижными приемниками.

С точки зрения выполнения полевая съемка проводится подобно тому как и съемки с постобработкой. От базового приемника до подвижного приемника вычисляются вектора и всякий раз каждый приемник должен поддерживать связь по меньшей мере с 4 спутниками. В случае потери связи необходимо заново провести инициализацию съемки.

Использование двух-частотных приемников может в значительной мере стимулировать выполнение инициализации в полевых условиях, делая возможным проведение автоматической инициализации. Наличие дополнительного параметра во встроенном микропрограммном обеспечении (OTF параметр) позволяет подвижному приемнику проводить инициализацию “on-the-fly” (OTF) в реальном времени в противовес автоматической инициализации при стационарных условиях. Следует помнить, что для автоматической инициализации требуется пять спутников.

Более подробно информация по кинематическим съемкам и проведению инициализаций представлена в Главе 3, Порядок Сбора Данных.

Сведение Всех Частей Воедино

Существуют три основные сферы деятельности, представляющие интерес при обобщении GPS съемки: оборудование, полевые мероприятия и программное обеспечение. Все эти сферы деятельности тесно переплетены, и пользователю необходимо знать, каким образом каждая из них оказывает влияние на другие сферы:

- Аппаратные средства служат для выполнения GPS измерений и посредством заложенных в них возможностей помогают пользователю определить, какие полевые мероприятия можно предпринять.
- Полевые мероприятия определяют такой порядок сбора GPS измерений, который гарантирует точность соответствующей сети и минимизируют ошибки, появляющиеся в съемочной сети за счет грубых промахов.
- Программное обеспечение анализирует полевые мероприятия для определения способа обработки данных, использует данные измерений для формирования базисных линий и выводит точные координаты пунктов.

Для того чтобы получить четкое представление о том, что можно предпринять в поле во время сбора данных, следует восстановить в памяти возможности аппаратного и программного обеспечения. После знакомства с возможностями оборудования, следует просмотреть *Руководства Пользователя Приемниками Серии 4000*, чтобы найти информацию, которая шаг за шагом описывает порядок сбора данных с использованием различных методов наблюдений. Понимание методики полевых работ вносит ясность относительно того, какую информацию необходимо предоставить программному обеспечению постобработки.

Аппаратные Средства

Аппаратные средства (hardware) производят собственно измерения, регистрируют фазовые данные, псевдодальность и эфемериды GPS, а также информацию введенную пользователем в поле. Имеющиеся в наличии возможности аппаратных средств позволяют также определить, какие полевые мероприятия можно

предпринять для сбора данных. Как правило, чем больше типов наблюдений может выполнить приемник, тем большие возможности открываются для сбора и обработки данных.

Дополнительная информация представлена на странице 2-26, в разделе Оборудование, а также в *Руководствах Пользователя Приемниками Серии 4000SE и 4000SSE*.

Полевые Процедуры

Полевые процедуры (field procedures) или методы сбора GPS данных определяют, как использовать оборудование в поле, и каким образом программное обеспечение будет обрабатывать базисные линии. Полевые процедуры, которые решается использовать, оказывают влияние как на действия пользователя в поле, так и на действия, предпринимаемые для постобработки. Например, если для наблюдения линии используется метод статической съемки, то оба приемника остаются неподвижными, приблизительно, в течение 1 часа. Кинематическая съемка той же самой линии займет менее одной минуты.

Программное Обеспечение

Программное обеспечение фирмы Trimble (Trimble software) определяет, какое оборудование использовалось для сбора данных и осуществляет проверку всех выполненных в поле действий с целью принятия решения о порядке обработки данных. Программное обеспечение распознает также решения из съемки в реальном времени, которые можно уравнивать или экспортировать непосредственно в пакет программ САД третьей стороны.

Фирма Trimble имеет два основных пакета программ для GPS данных: GPSurvey and TRIMMAP. GPSurvey требует установки и использования программной оболочки Microsoft® Windows™. GPSurvey представляет собой графическую, интерфейсную и легкую в обращении программу, состоящую из нескольких отдельных модулей, которые имеют специальные функции. Список основных модулей приводится ниже в таблица 1-b.

Таблица 1-В. Модули и Функции Программного Обеспечения GPSurvey

Название Модуля GPSurvey	Функция
Plan	Планирование заданий с сохранением данных, введенных в базу данных проекта
Quick Plan	Планирование заданий, так же как и в случае с модулем Планирование (Plan), но без сохранения информации в базе данных проекта
GPLoad	Передачи данных между: 1. приемниками и GPSurvey; и 2. выбранными накопителями данных (включая накопитель данных TDC1 со встроенным микропрограммным обеспечением Survey Controller) и GPSurvey
WAVE	Постобработка данных, полученных в результате статической, Быстро-Статической, кинематической и непрерывной кинематической съемки
GPTrans	Самостоятельный трансформационный модуль для преобразований координат, за исключением точного уравнивания по методу наименьших квадратов
TRIMNET Plus	Уравнивание в сети по методу наименьших квадратов всех GPS данных (подвергнутых постобработке и/или в реальном времени) и общепринятых данных. С учетом важной информации итоговые результаты представляют собой координаты картографической сетки

Стандартная конфигурация GPSurvey включает каждый из этих модулей, плюс дополнительные утилиты для просмотра проектных данных, вырабатывающие отчеты по проектам и обеспечивающие DXF выход.

Требования по компьютерным аппаратным средствам и программному обеспечению содержатся в *Руководстве Пользователя GPSurvey*.

Вторым пакетом программ является TRIMMAP, который также включает в себя несколько различных модулей. TRIMMAP представляет собой полный пакет картографических программ, который особенно полезен для геодезических приложений в реальном времени. Список модулей TRIMMAP приводится в таблице 1-с.

Таблица 1-С. Модули и Функции Программного Обеспечения TRIMMAP

Модуль TRIMMAP	Функция
TRIMMAP	Интерфейс накопителя данных, редактирование базы данных, GPS калибрование, обработка характерного кода, планиметрические графики
TRIMCONTOUR	Оконтуривание, цифровое моделирование рельефа местности
TRIMCALC	Геометрия координат
TRIMPROFILE	Поперечный разрез и профилирование
TRIMVOLUME	Выполняет объем вычислений как по данным поперечного разреза, так и по цифровому моделированию рельефа местности (DTM)
TRIMSEISMIC	<u>Поддержка форматов сейсмической отрасли</u>
TRIMDIGITIZE	Ввод данных с <u>оцифрованных планшетов</u>
TRIMMOSS	Обеспечивает интерфейс (<u>соединение</u>) с пакетом программ по гражданскому строительству "MOSS" (британская версия) посредством файлов MOSS GENIO

В ходе дальнейшего чтения настоящего руководства можно получить дополнительную информацию о GPS, параметрах съемки, порядке сбора данных и краткий обзор действий, осуществляемых в ходе выполнения проекта GPS съемки.

2 GPS и Ее Использование в Геодезии

Спутники Глобальной Системы Позиционирования излучают сложные сигналы, которые содержат информацию для определения времени и местоположения. Использование этих сигналов в геодезических целях обеспечивает точное относительное определение базисных линий. GPS сигналам соответствуют различные уровни точности. Данная глава посвящена изучению типов измерений и соответствующих им точностных характеристик.

В настоящей главе рассматриваются следующие вопросы:

- Глобальная Система Позиционирования
- измерения, выполняемые приемником, и математические модели для вычисления базисных линий
- результаты обработки базисных линий
- спутниковые сигналы и возможные источники ошибок:
 - ограниченный доступ, шифрование сигнала, работоспособность спутника, уровень сигнала и проч.
- влияние ошибок определения времени и местоположения на планирование задания
- GPS приемники, режимы съемки и связанные с этим характеристики точности

Глобальная Система Позиционирования (GPS)

Космический Сегмент

Космический сегмент состоит из 24 спутников NAVSTAR или SVs (сокращенно от space vehicles, т.е. космических кораблей), которые движутся по орбите вокруг Земли с периодом обращения 12 часов, на высоте около 12500 миль (20200 км). При полном созвездии спутников четыре ИСЗ вращаются в каждой из шести орбитальных плоскостей, расположенных под углом около 55 градусов к экватору. Каждый спутник имеет несколько установленных на его борту высоточных атомных часов и непрерывно передает радиосигналы, используя свой собственный уникальный идентификационный код.

Сегмент Управления

Сегмент управления включает в себя группу из четырех наземных станций слежения, трех станций загрузки и главной станции управления. Станции слежения осуществляют непрерывное сопровождение спутников и передают данные на главную станцию управления. Главная станция управления вычисляет эфемериды спутников и поправочные коэффициенты для часов и передает их на станцию загрузки. Станции загрузки транслируют данные каждому спутнику не реже одного раза в день.

Сегмент Пользователей

Сегмент пользователей состоит из различных гражданских и военных GPS приемников, используемых на суше, на море и в воздухе. Некоторые GPS приемники так же работают на околоземной орбите.

Каждый GPS спутник передает два радиосигнала:

- L1 на частоте 1575.42 МГц
- L2 на частоте 1227.60 МГц

Сигнал L1 модулирован двумя кодами определения дальности по псевдослучайному шуму (pseudorandom noise - PRN):

- Точным или P-кодом, который может быть зашифрован для военного использования
- Грубым кодом или C/A кодом, который не шифруется

Сигнал L2 модулируется только P-кодом. Большинство гражданских приемников использует C/A код для получения информации о системе GPS.

Министерство Обороны США может снизить GPS точность в любое время, введя в действие режим Ограниченного Доступа (Selective Availability - S/A). Это ухудшает C/A код настолько, что наземные приемники могут совершить ошибку в вычислении своих положений на величину до 100 м. Ошибка, вносимая действием режима S/A, почти полностью устраняется с помощью дифференциальных поправок, которые повышают точность определения положений до 5 метров. Влияние режима S/A устраняется при использовании геодезических приемников для вычисления относительных базисных линий.

Береговая Охрана США обеспечивает работу Центра Информации GPS (Information Center - GPSIC). Услуги этого Центра бесплатные. В Центре Информации GPS имеется запись сообщения о состоянии GPS и электронная доска объявлений (BBS), а в обычное рабочее время можно прибегнуть к услугам дежурного оператора.

Запись сообщения	703-313-5907
Дежурный оператор	703-313-5900 (голос)
Электронная Доска Объявлений	703-313-5910 (скорость передачи данных от 300

до 14400 бод)
(формат: 8-по parity-1)

Каким образом Геодезические Приемники Используют GPS

Спутниковые Сигналы

Основная Частота

GPS спутники формируют свои сигналы на базе основной частоты(f_0), равной 10.23 МГц.

C/A Код

Грубый код (C/A код) представляет собой код псевдослучайного шума (PRN), который передается на частоте 1.023 МГц (или $f_0/10$). Этот код повторяется каждую миллисекунду.

Уравнения для декодирования C/A кода известны и незасекречены. Поэтому C/A код доступен гражданским потребителям. C/A код используется многими гражданскими приемниками для нужд навигации и картографирования.

P-Код

P-код - это второй код псевдослучайного шума (PRN), которым модулируются GPS сигналы. Он передается на частоте 10.23 МГц (или непосредственно на f_0 , фундаментальной частоте GPS). Период повторения сигнала составляет 267 дней. Цикл в 267 дней разделен на 38 сегментов по 7 дней. Шесть из этих сегментов зарезервированы для эксплуатационных целей или не используются. Каждый из 32-х оставшихся 7-ми дневных сегментов присвоен определенному спутнику. Поэтому, каждый спутник имеет свой, присущий только ему, код.

Уравнения для декодирования P-кода известны и не засекречены, они доступны для гражданского использования. P-кодовые измерения используются с целью оказания помощи при обработке Быстростатических GPS съемок.

Y-Код

Y-код можно считать зашифрованной версией P-кода. В действительности, это PRN код, аналогичный P-коду, и может использоваться вместо него.

Уравнения декодирования Y-кода засекречены и известны только зарегистрированным пользователям. Поэтому, если военные решат ввести в действие Y-код (иногда это называется "шифрованием P-кода"), невоенные пользователи GPS

не смогут использовать ни Р-код, ни Y-код. Использование Y-кода называется также Помехозащищенностью (Anti-Spoofing) или AS.

Существуют способы работы несмотря на шифрование, в случае если МО США решит ввести в действие Y-код. Для приемников серии 4000SSE фирмы Trimble используется методика, называемая кросс-корреляцией. Для других приемников серии 4000 фирмы Trimble, которые используют Р-код только сигнала L2, используется отдельная запатентованная методика, когда задействован комплекс мер AS, повышающий помехозащищенность.

Фаза Несущей в L-диапазоне

Спутники Глобальной Системы Позиционирования используют сигналы несущей частоты L-диапазона, которые модулируются несколькими различными сообщениями, содержащими полезную информацию о времени и положении. Каждый спутник передает сигналы на двух частотах. Эти сигналы можно рассматривать, как волны, наиболее похожие на радиоволны, которые несут в себе информацию как о времени, так и о положении.

Длина волны в L1 диапазоне составляет 19 см, а в L2 - 24 см. L1 несущая передается на частоте $154f_0$, а L2 несущая - на частоте $120f_0$. L1 несущая модулируется как C/A кодом, так и P-кодом.

L2 несущая модулируется только P-кодом.

Сигналы фазы несущей L1 и L2 представляют собой необработанные наблюдения, которые используются для обработки базисных линий, полученных в процессе GPS съемки. Методы GPS съемки, такие как статика и одно-частотная кинематика используют L1 или L2 сигналы, либо комбинацию из этих двух сигналов. Быстрая Статика и двух-частотная кинематика (с OTF инициализацией), помимо измерений фазы несущей для сигналов L1 или L2, поддерживаются точными псевдодальностями.

Спутниковое (Навигационное) Сообщение

Спутниковое навигационное сообщение представляет собой низко-частотное сообщение, которое передается со скоростью 50 бит в секунду. Навигационное сообщение (navigation message) содержит данные, относящиеся к работоспособности и положению спутников. GPS приемники декодируют навигационное сообщение для того, чтобы получить информацию о работоспособности и координатах спутников. Эти декодированные данные называются спутниковыми эфемеридами. В программах обработки базисных линий и планирования заданий данные эфемерид используются для вычисления базисных линий и доступности спутников, соответственно.

Спутниковые Измерения

Псевдодальности

Каждый спутник и приемник имеют внутренние часы, точно синхронизированные с GPS временем. Существуют погрешности, связанные с этими часами.

Погрешность часов спутника известна и передается в спутниковом сообщении. Необходимо определить погрешность часов приемника. Сравнивая время передачи сигнала (спутником) со временем получения сигнала (приемником), можно вычислить расстояние или дальность между спутником и приемником. Это расстояние включает в себя некоторую неустранимую погрешность в первую очередь вследствие погрешностей часов приемника и во вторую очередь благодаря погрешностям часов спутника и влиянию атмосферы. Поскольку эти погрешности входят в расстояние или дальность до спутника, то это расстояние (дальность) называется *псевдодальностью*.

Точность псевдодальности зависит от кода, на основании которого она была определена: C/A код или P-код. В результате использования псевдодальностей, полученных на основании C/A кода, положения приемника определяются с точностью до ± 100 метров, в зависимости от ряда факторов (которые рассматриваются ниже в настоящем руководстве). Использование псевдодальностей, полученных с помощью P-кода, обеспечивает точность автономных положений, равную ± 30 метрам.

Фаза Несущей (Биений)

Наблюдения фазы несущей (называемой также фазой биений несущих - carrier-beat phase) являются производными от измерения разности между опорным сигналом, сформированным внутренним генератором приемника, и сигналом, поступающим со спутника. Наблюдение фазы несущей является результатом этого процесса определения разности.

Непрерывная Фаза Несущей

Следует представить GPS сигнал в виде последовательности волн, передаваемых каждым спутником. При первом измерении GPS приемник может сообщить, какую часть поступающей волны он наблюдает (наблюдение фазы несущей), но он не может определить, сколько целых волн укладывается в промежуток между приемником и спутником за время, прошедшее с того момента, как волна покинула спутник. Таким образом, приемник может определить *дробную* часть этой первой волны, но он не имеет информации о *целом* числе волн, которые существовали (между приемником и спутником) в момент, когда фронт первой волны покинул спутник. Это неизвестное число называют, как правило, неоднозначностью целого числа фазовых циклов (integer ambiguity). См. раздел “Разрешение Неоднозначностей” на странице 2-10.

После первого измерения приемник может отсчитать число наблюдаемых им целых волн. Приемник определяет дробную фазу первого измерения и затем, начиная с этого момента, отслеживает число полных волн. Это и есть непрерывная фаза несущей (continuous carrier phase).

Если случается сбой сопровождения спутника, то происходит обнуление непрерывной фазы несущей. Сразу после сбоя наблюдение непрерывной фазы несущей устанавливается равным следующему измерению дробной части волны (фазовое наблюдение - carrier-phase observable).

Во всех методах точной обработки базисных линий вычисляется целое число волн, или неоднозначность целого числа фазовых циклов. Знание как целой так и дробной частей обеспечивает получение точного значения дальности между спутниками и приемником. В результате этого удается разрешить компоненты базисной линии с точностью в несколько сантиметров. Точность относительных положений, полученных на основании наблюдений фазы несущей, составляет несколько сантиметров или менее.

Срыв Цикла

Срыв цикла (cycle slip)- представляет собой нарушение непрерывного сопровождения спутника. Фронты волн, подсчитываемые приемником во время непрерывного сопровождения несущей, также рассматриваются как циклы. Поэтому, когда приемник теряет счет из-за прерывания сопровождения спутника, процесс подсчета циклов или волн срывается. Следовательно, срыв цикла вызывает сброс непрерывной фазы несущей. Такое положение не следует рассматривать как затруднительное, при условии что в ходе вычислений процессор базисной линии может заново восстановить счет.

Существует ряд причин, вызывающих прерывание приема спутникового сигнала как неподвижным, так и перемещаемым оборудованием. Если приемник стационарный, то срывы могут произойти вследствие слабого сигнала, излучаемого низко расположенным спутником, или могут быть вызваны препятствиями, существующими на пути его распространения, например, деревьями. Если приемник перемещается, то имеется множество обстоятельств, которые могут привести к срывам цикла: движение под мостом, по туннелю, под деревом или просто GPS антенна оказалась заслоненной рукой. Необходимо предвидеть ситуации, которые могут привести к срывам цикла и, по возможности, избегать их.

Вычисление Пользователем Своего Местоположения

Геодезические приемники GPS, такие как приемники серии 4000 фирмы Trimble, могут осуществлять как съемочные работы (surveying), так и определение местоположения отдельного пункта (single-point positioning), включая навигацию. Самый элементарный GPS приемник способен отслеживать и регистрировать фазу несущей L1 и псевдодальности по C/A коду. Для отслеживания и регистрации фазы

несущей L2 и псевдодальностей по Р-коду необходимо специально приобрести GPS приемник, который выполняет эти задания.

В режиме позиционирования используются псевдодальности либо по С/А либо по Р-коду. Координаты, полученные по Р-кодовым псевдодальностям, являются более точными по сравнению с координатами, определенными по С/А коду.

Основная цель GPS съемки заключается в том, чтобы с высокой точностью определить положение одного приемника относительно другого. Для этого необходимо использовать собственно фазы несущих. Данный метод требует, чтобы одни и те же спутники наблюдались одновременно двумя приемниками. Обработка производится, как правило, после сбора данных или после того, как они подвергнутся постобработке, однако, при наличии оснащенных должным образом приемников и некоторого периферийного оборудования эти данные могут обрабатываться в поле с получением результатов в реальном времени и с точностью в несколько сантиметров.

Координаты Отдельного Пункта (“Автономное” Местоположение)

Каким Образом Приемники Вычисляют Местоположение

GPS приемник может определить свое местоположение, используя сигналы, принимаемые им от спутников. Поскольку в навигационном сообщении содержится информация о положении спутников, а кодовые измерения обеспечивают определение псевдодальности между приемником и спутником, приемник может вычислить свои координаты, используя метод засечек.

Так как приемник должен найти четыре неизвестных величины (значения X,Y,Z и ошибку часов приемника), то для определения местоположения приемника требуются четыре спутника.

Точность такого местоположения зависит от того, какой код использовался для его вычисления. Местоположения приемника, полученные по С/А-коду, оказываются менее точными по сравнению с теми, что получаются по Р-коду.

Абсолютное Позиционирование

Абсолютное местоположение может быть вычислено во время полевых наблюдений посредством использования псевдодальностей либо по С/А коду, либо по Р-коду. Это местоположение вычисляется безотносительно (или относительно) каких-либо других приемников, производящих наблюдение в это время. По своей сути, такой тип вычисления координат является менее точным по сравнению с дифференциальным позиционированием. Как правило, точность определения автономных местоположений, полученных на основе Р-кодовых псевдодальностей, составляет ± 30 метров, в то время, как по С/А коду они определяются с точностью ± 100 метров.

Дифференциальное Позиционирование

Геодезические приемники также можно использовать для дифференциального позиционирования (Differential Global Positioning System - DGPS).

Дифференциальные местоположения могут вычисляться в реальном времени или с помощью методов постобработки. Для дифференциального позиционирования в реальном времени приемники фирмы Trimble используют только псевдодальности по C/A коду.

Не следует путать этот метод определения местоположения с обработкой базисной линии. В процессе дифференциального позиционирования для вычисления и коррекции положения одного приемника используются псевдодальности от двух приемников. В процессе обработки базисной линии для вычисления положения одного приемника относительно другого используются результаты наблюдений фазы несущей.

В процессе выполнения дифференциального позиционирования используются координаты пункта, полученные с помощью псевдодальностей по C/A коду или P-коду, и в эти координаты вводятся поправки. Эти поправки формируются опорным приемником и используются другим приемником для корректировки своего автономно определенного местоположения. Так как опорный приемник "знает" свое местоположение (он находится на станции, координаты которой известны), то он вычисляет погрешности между известными и расчетными координатами и передает эти разности (или поправки) на другой приемник. Предполагается, что оба приемника подвержены влиянию (приблизительно) одних и тех же значений погрешностей, возникающих за счет геометрического фактора и синхронизации часов, и что большая часть общих погрешностей устраняется за счет использования такого метода коррекции. При использовании псевдодальностей по C/A-коду точность дифференциального позиционирования, как правило, лежит в диапазоне от *sub-meter to 5 метров*.

Базисные Линии

Основным режимом сбора данных в процессе GPS съемки является наблюдение базисных линий. В соответствии с простейшим сценарием, один приемник устанавливается на исходном или опорном пункте, а другой - на пункте, координаты которого неизвестны. Придерживаясь одного из методов полевых измерений (такого как Статика, Быстрая Статика или Кинематика), следует наблюдать базисную линию в течение некоторого периода времени, после чего переместиться на следующий пункт.

Для сбора данных по этим базисным линиям в поле можно использовать любое число приемников, но необходимо тщательно спланировать применение большого количества приемников таким образом, чтобы можно было отнаблюдать и вычислить все представляющие интерес базисные линии.

Для вычисления положения одного приемника относительно другого используются фазовые данные и эфемериды спутников. Вычисления осуществляются с помощью

математического комбинирования измерений, полученных различными приемниками по различным спутникам (в программном обеспечении постобработки).

Каким образом Несущие Волны Формируют Базисные Линии

Существует несколько принципов, которые необходимо понимать, прежде чем переходить к рассмотрению рассмотрению вопросов, связанных с фазой несущей и базисными линиями. Во-первых, наиболее важным элементом GPS является точное измерение времени (timing). Именно точное измерение времени позволяет пользователю определять свое местоположение на земной поверхности с такой точностью.

Во-вторых, необходимо помнить, что GPS сигналы содержат значительный объем информации, который помогает пользователю определить вектор между двумя пунктами. См. раздел “Что Такое Вектор” в Главе 1.

Что Известно

В GPS сигнале имеет место ряд известных параметров. (См. таблица 2-а.) В навигационном сообщении содержится информация о координатах и погрешностях часов спутников. Кроме того, для получения грубой оценки местоположения каждого приемника, могут быть использованы псевдодальности.

Таблица 2-А. Информация GPS Сигнала

Что Известно?	Где Находится Эта Информация?
координаты спутников	навигационное сообщение (эфемериды)
погрешности часов спутников	навигационное сообщение (эфемериды)
дальность до спутника	измерение псевдодальности (разность между временем передачи и приема сигнала)
координаты опорного приемника	контрольная информация, которая вводится пользователем; в противном случае, постпроцессор использует координаты, полученные на основе кода
названия станций	файл данных; вводится пользователем в поле
значения высоты антенны	файл данных; вводится пользователем в поле

Два последних элемента информации приведенной выше таблицы могут быть введены в поле. Они способствуют вычислению базисной линии. Названия станций помогают указать, какая базисная линия находится в стадии обработки. В случае если требуется получить базисную линию на земной поверхности, необходимо ввести значения высоты антенны. Если же значения высоты антенны не учитываются, то рассчитывается вектор от GPS антенны до GPS антенны, который никак не связан с сетью пользователя.

Что Необходимо Вычислить

Точное определение времени (timing) имеет решающее значение для GPS. И хотя элементы GPS, связанные с измерением времени, являются очень точными, это не означает, что время в GPS измеряется без ошибок.

Погрешность присутствует как в часах спутников, так и в часах приемников. Поправки часов спутника передаются приемнику в навигационном сообщении. Однако, погрешности часов приемника неизвестны. Вследствие этого необходимо проводить моделирование этих ошибок и вычислять поправки.

GPS приемники записывают сигналы спутников в заданные эпохи. Это время называется *временем приема* — действительное время, когда был принят сигнал. Момент, когда конкретный сигнал покинул спутник, называется *временем передачи*.

Измерение времени для GPS означает определение того, как долго конкретная волна перемещалась между спутником приемником, т.е. *времени прохождения*. Если сигнал покидает спутник в момент времени передачи и достигает приемника в момент времени приема, то время в пути (время прохождения) должно быть просто разностью этих двух значений. Но все не так просто.

Корректировка Времени

Определение времени прохождения основано на разнице времени передачи и времени приема, но следует помнить, что часы спутников и приемников имеют собственные погрешности. Ошибка часов спутника известна. Ее значение можно найти в навигационном сообщении. Ошибка часов приемника неизвестна и должна быть вычислена.

Среднее время прохождения сигнала между GPS спутником и приемником составляет около 80 миллисекунд. За это время Земля поворачивается, приблизительно, на 30 м (эта величина меняется в зависимости от широты). За этот же отрезок времени спутник перемещается, приблизительно, на 300 м. Следовательно, в расчетное время прохождения необходимо также ввести поправку на вращение Земли, а также поправку на движение спутника.

К счастью, геодезические GPS приемники вычисляют ошибки своих собственных часов, используя значения псевдодалности, и включают эту информацию в файл данных. Такие сохраненные значения поправок часов приемника (clock offsets) имеют точность ± 2 наносекунды. Это избавляет постпроцессор от необходимости вычислять данную поправку во время обработки измеренной базисной линии.

Разрешение неоднозначности

Вычисление местоположения приемника подразумевает не только расчетывание компонент базисной линии. Программа обработки базисной линии должна также разрешить неоднозначности целого числа фазовых циклов (integer ambiguity).

Следует помнить, что непрерывная фаза несущей имеет как целую, так и дробную части. При первом измерении целая составляющая неизвестна, и процессор

базисной линии должен ее определить. Фактически, процессор базисной линии должен определять целую часть всякий раз, когда случается срыв цикла, так как происходит сброс непрерывной фазы несущей. Следовательно, в течение полевой сессии измерений может иметь место многократное разрешение неоднозначности целого числа фазовых циклов.

Как Используются Измерения

Для описания процесса обработки GPS базисных линий используется много "жаргонных" слов, особенно, когда речь идет о том, как выполняется обработка. Как правило, наблюдения, представляющие собой просто измерения фазы несущей, преобразуются в линейные комбинации необработанных измерений для математического удобства и надежности (robustness). Математические модели этих измерений основаны на комбинировании необработанных измерений между приемниками и спутниками.

Данные измерения преобразуются в различные комбинации фазы несущей по L1 и L2 и псевдодальностей. Любая из этих комбинаций характеризуется уникальными свойствами, которые помогают определять, моделировать и ослаблять действие различных параметров, включая ионосферу, тропосферу и многолучевое распространение сигнала (multipath).

Постпроцессор применяет алгоритмы, основанные на методе наименьших квадратов, для разрешения неоднозначностей целого числа фазовых циклов и определения неизвестного местоположения приемника, используя для этого одну или более из указанных комбинаций измерений. Многие процессоры также способны моделировать атмосферные воздействия и другие источники интерференции сигнала, хотя для большинства случаев проведения съемки отсутствует необходимость в использовании таких поправок.

В данное руководство включены описания различных режимов, для того чтобы дать краткое пояснение действиям, выполняемым при каждом режиме.

Одиночные Разности (Между Приемниками)

Одиночная разность (single difference) формируется путем вычисления разности измерений, выполненных двумя приемниками, которые наблюдают один и тот же спутник в заданную эпоху. Следовательно, неоднозначности целого числа фазовых циклов, соответствующие каждому приемнику комбинируются между собой. Если происходит срыв цикла, то процессору необходимо заново вычислить это комбинированное целое значение, как в случае с неразностной моделью.

Вычисление одиночных разностей устраняет многие ошибки общего спутника, такие как погрешности часов спутника и, в значительной степени, орбитальные погрешности и атмосферные задержки.

Двойные Разности (Между Спутниками и Приемниками)

Двойная разность (double difference) формируется путем образования разности двух одиночных разностей. Это подразумевает наличие двух спутников и двух

приемников. Следовательно, такая комбинация измерений объединяет вместе четыре отдельных измерения и четыре различных значения неоднозначности целого числа фазовых циклов.

В этом случае вычисление целого значения становится более сложным. Любая неоднозначность целого числа фазовых циклов представляет собой комбинацию двух спутников и двух приемников.

Двойная разность устраняет большую часть влияний сдвига часов (clock drift) спутников и приемников.

Тройные Разности (Между Спутниками, Приемниками и По Времени)

При вычислении тройной разности (triple difference) происходит комбинирование двух двойных разностей в течение некоторого времени (между двумя эпохами). При использовании этой модели исключаются неоднозначности целого числа фазовых циклов. Поскольку предполагается, что в идеальном случае величина неоднозначности не изменяется, то она устраняется за счет вычисления разности между эпохами.

Тройную разность часто используют для обнаружения срывов цикла, так как это действительно приводит к изменению значения неоднозначности. Поэтому, если наблюдается значительный скачок величины тройной разности, то имеет место срыв цикла.

Решения Базисных Линий

Ниже приводится описание пяти возможных решений базисных линий:

- Плавающее
- Фиксированное
- Фиксированное на основе Широкополосного Измерения
- Фиксированное на основе Узкополосного Измерения
- Свободное от Влияния Атмосферы

Плавающее Решение

Плавающее решение (float solution) получается в том случае, когда процессор базисной линии не может вычислить определенное целое значение для неоднозначности. Часто, во время обработки базисной линии, величина неоднозначности получается равной, например, 1000.60. Это значение не является близким к целому и трудно определить, какое из значений, 1000 или 1001, должно быть присвоено. Поэтому, процессор не может присвоить неоднозначности значение ближайшего целого числа. Компоненты базисной линии вычисляются с использованием реальных значений неоднозначностей. Такое решение базисной линии является менее точным, чем фиксированное.

Плавающие решения возникают в результате отсутствия моделирования атмосферных, орбитальных и других погрешностей.

Фиксированное Решение

Фиксированное решение (fixed solution) получается в том случае, когда процессор может определить целые значения неоднозначностей, что значительно лучше в сравнении со всеми другими возможностями. Процессор базисной линии устанавливает значение неоднозначности равным целому числу для окончательного вычисления компонент базисной линии. При геодезической съемке в реальном времени имеется операционный режим, называемый “Тонкий”, который показывает решение на основе установленных целых значений неоднозначностей.

Для одночастотных приемников оптимальным решением является, как правило, решение с двойной разностью на основе установленных целых значений неоднозначностей. При наличии двух-частотных приемников можно разным способом комбинировать фазовые наблюдения, формируя несколько различных фиксированных решений.

Фиксированное Решение На Основе Широкополосного Измерения

Понятие широкополосного измерения (widelane) относится к процессу использования в уравнениях разностей комбинации наблюдаемых значений фазы несущей на частотах L1 и L2. Вычитание фазовых наблюдений несущей (L1 — L2) приводит к образованию фазы широкополосной несущей. Эффективная длина волны при использовании широкополосного измерения составляет 86.2 сантиметров.

Используя такую комбинацию измерений легче найти неоднозначности целого числа фазовых циклов. Поэтому, в большинстве случаев широкополосное измерение используется при решении длинных базисных линий.

Фиксированное Решение На Основе Узкополосного Измерения

Понятие узкополосного измерения (narrowlane) относится к процессу использования в уравнениях разностей комбинации наблюдаемых значений фазы несущей на частотах L1 и L2. Сложение фазовых наблюдений несущей (L1+L2) приводит к образованию фазы узкополосной несущей. Эффективная длина волны при использовании узкополосного измерения составляет 10.7 сантиметров.

Узкополосное измерение весьма эффективно при устранении влияния ионосферы на геодезические GPS наблюдения.

Решение, Свободное От Влияния Ионосферы

В решении, свободном от влияния ионосферы (ionospheric free), используется комбинация значений фазы несущей по L1 и L2 для моделирования и устранения влияния ионосферы на GPS сигналы. Этот тип решения часто применяется при обработке высокоточных опорных съемок, во время которых измеряются длинные базисные линии.

Что Со Всем Этим Делать

Не следует проявлять слишком много беспокойства, пытаясь вникнуть во все подробности, связанные с обработкой GPS данных. Приведенный здесь материал включен лишь с целью снабжения пользователя некоторыми базовыми сведениями, чтобы тот мог ознакомиться с терминологией и используемыми процессами.

Значительные успехи были достигнуты в GPS обработке, ее алгоритмах и в обеспечении простоты пользования программным обеспечением обработки для того, чтобы уберечь пользователя от сложностей математической реальности. Однако, всегда полезно иметь общее представление о том, как работает такой мощный инструмент, как система GPS.

Факторы, Оказывающие Влияние На Точность GPS

Точность, обеспечиваемая GPS, может изменяться в диапазоне от нескольких сантиметров до 100 метров, в зависимости от оборудования, режима вычисления координат, метода обработки данных и других факторов. Используя геодезическое GPS оборудование, пользователь может, как правило, обеспечить уровень точности порядка нескольких сантиметров. Ниже следует обсуждение факторов, влияющих на точность местоположений, полученных с помощью относительных методов GPS съемки.

Спутники

Сигналы, поступающие от GPS спутников, могут быть умышленно искажены, что приведет к получению неточных координат. В спутниковый сигнал также может быть включена информация, которая заставит GPS приемники игнорировать сигнал.

Режим Ограниченного Доступа И Помехозащищенность

Глобальная Система Позиционирования была разработана Министерством Обороны (МО) США для удовлетворения, в первую очередь, военных потребностей в навигационном средстве. На ранней стадии развития GPS, МО США распорядилось предусмотреть возможность перекрыть доступ несанкционированных пользователей к такому военному режиму работы GPS. Результатом этой директивы являются режим Ограниченного Доступа (Selective Availability - SA) и Помехозащищенность (Anti-Spoofing - AS). К счастью, влияние SA исключается за счет использования относительных методов обработки базисных линий. Влияние режима AS не может быть исключено.

Режим SA представляет собой умышленное введение ошибок в GPS измерения. Такое загробление точности осуществляется двумя способами. Первый состоит в введении предрасчитанных ошибок в навигационные данные, передаваемые спутниками. В результате несанкционированные пользователи (пользователи, не

имеющие приемников, способных нейтрализовать ошибку) вычисляют ошибочные координаты и смещения часов. В соответствие со вторым способом, изменяются показания часов самого спутника. В то время, как ошибки в навигационных данных порождают плавно изменяющиеся погрешности в результатах координатных определений, скачки в показаниях часов приводят к более резкому колебанию величин погрешностей. Флуктуации показаний часов становятся очевидными при вычислениях скорости.

Режим SA приводит к появлению значительных погрешностей в координатах, скорости и времени. При отключенном режиме SA и в отсутствие дифференциальной коррекции данных, горизонтальная точность, полученная в результате использования одночастотных кодо-фазовых приемников, составила около 12 м вероятной круговой ошибки (Circular Error Probable - CEP) (30 м в течение 95% времени). В условиях действия режима SA правительство США обещает, что величина CEP в плане составит 40 м (100 м в течение 95% времени) в отсутствие дифференциальной коррекции. Вертикальные ошибки имеют величину менее 70 м 50% времени и менее 173 м 95% времени. МО США не предоставило никакой информации относительно точности определения скорости и времени.

К счастью, большинство последствий ввода в действие режима SA устраняется обработкой относительных базисных линий. Поскольку в процессе обработки относительных базисных линий определяются разности измерений между приемниками и спутниками, влияние режима SA можно эффективно устранить вследствие того, что оно (влияние) одинаково для всех пар приемник-спутник (двойные разности) в любую конкретную эпоху.

Помехозащищенность (AS) - это умышленное шифрование P-кода. (Зашифрованный P-код называется Y-кодом). Потеря точности вследствие действия режима AS в некоторой степени объясняется невозможностью определить ионосферные задержки в реальном времени. Помимо этого, так как P-кодовые измерения являются менее зашумленными и менее подверженными интерференции (преднамеренной или нет), отказ от P-кода приводит к более зашумленным решениям задачи определения местоположений.

В процессе обработки Быстростатической съемки действительно используется P-код. Поэтому режим AS вызывает серьезные затруднения в этом случае. Во время периодов шифрования P-кода (или действия Y-кода) обработка Быстростатической съемки может проводиться с использованием методов квадрирования сигнала. В такие периоды, возможно, придется увеличить продолжительность наблюдений для получения точных результатов измерений базисных линий.

Работоспособность Спутников

Обычно в сигнале, передаваемом спутником, содержится сообщение "работоспособен" (*healthy*). Иногда сообщение может быть заменено на "неработоспособен" (*unhealthy*). GPS приемники имеют средства защиты от использования неработоспособных спутников. Как правило, МО США задает "неработоспособное" состояние спутников в следующих случаях:

- Начальные операции на орбите при первом запуске спутника. В это время проводятся проверки спутника, а орбита спутника и поведение часов еще окончательно не смоделированы.
- Периодическое техническое обслуживание, такое, как маневры коррекции орбиты и техническое обслуживание цезиевых часов.
- Периоды специальной проверки, особенно предшествующие времени объявления GPS полностью действующей, когда управление спутником может привести к тому, что его поведение вызовет появление весьма значительных погрешностей.
- Исправление ненормального режима работы, когда спутник начал "икать" (hiccup), и должен быть зафиксирован.

Обычно МО США объявляет, когда спутник будет установлен в "неработоспособное" состояние. Такую информацию можно получить, используя различные электронные информационные службы (BBS), включая электронную доску объявлений по геодезии и картографии фирмы Trimble (Trimble Surveying and Mapping BBS). Статус "работоспособности" всех спутников входит в навигационное сообщение, передаваемое любым спутником. Данные эфемерид ежедневно обновляются Министерством Обороны США.

Если спутник помечен как "неработоспособный", GPS приемники будут считать его "неработоспособным" до тех пор, пока не будет получено новое спутниковое сообщение. Приемники не отслеживают "неработоспособный" спутник и не используют его в процессе вычисления местоположений до тех пор, пока пользователь специально не передаст на приемник сообщение о том, что спутник можно использовать. Это справедливо даже в том случае, если спутник возвращается в "работоспособное" состояние сразу после получения информации по эфемеридам. Приемник должен собрать информацию о новом состоянии спутника прежде, чем он вновь будет использовать сигнал этого спутника.

В то время, как GPS приемники не могут использовать сигнал, поступающий от "неработоспособного" спутника, программное обеспечение фирмы Trimble по планированию заданий может извлечь пользу из этой информации. Данное программное обеспечение позволяет отменить сообщение о "неработоспособном" состоянии спутника и включить его в вычисления периодов видимости спутников, как если бы он был "работоспособным", или не учитывать информацию, поступающую от "работоспособного" спутника, если ожидается, что спутник станет "неработоспособным".



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ – В случае отмены пользователем сообщения о "неработоспособности" спутника и использовании "неработоспособного" спутника в планировании, это делается им на собственный страх и риск. Спутнику может быть изменена орбита, его могут устранить из числа работающих, либо же могут произойти какие-либо другие изменения, которые сделают невозможным использование полученных с этого спутника данных.

Разрешенные и Запрещенные Спутники

По умолчанию, все спутники в GPS приемниках являются разрешенными для наблюдений (enabled). Пользователь может запретить (disable) использование “работоспособного” спутника, что заставит приемник игнорировать этот спутник, как будто бы его и вовсе не существует. *Фирма Trimble рекомендует пользователю разрешить использование всех спутников.*



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ – Существует незначительная причина для того, чтобы запретить использование “работоспособного” спутника. Информация о запрещенных спутниках хранится в приемнике и, если пользователь забудет вновь перевести конкретный спутник в разряд разрешенных, то он лишится данных, полученных с этого спутника для съемки.

Точность Измерения Расстояния От Спутника До Пользователя (URA)

Значение Точности измерения расстояния от спутника до пользователя (User Range Accuracy - URA) включено в спутниковый сигнал. Это статистическая величина, которая прогнозирует точность измерений, выполняемых по определенному спутнику. В случае если значение URA больше 30, то, возможно, на данном спутнике был задействован режим SA.

Уровень Сигнала (SNR)

Уровень сигнала (signal strength), передаваемого спутником, называемое также отношением сигнал-шум (signal-to-noise ratio - SNR), является мерой содержания информации в сигнале по отношению к присутствующему в нем шуму. Уменьшение этой пропорции означает, что информация теряется в шуме. Качество сигнала улучшается по мере увеличения уровня сигнала (уровень сигнала, равный 14, лучше уровня сигнала, равного 8). Обычный уровень L1 сигнала, передаваемого спутником с углом возвышения 30 градусов, лежит в диапазоне от 12 до 20. Уровень L1 сигнала, превышающий 20, считается очень хорошим. Качество данных является плохим, если уровень L1 сигнала одного из спутников созвездия оказывается менее 6. Местоположения, определяемые при низком уровне сигнала, можно использовать для навигации, но не для геодезических целей. Следует помнить, что отношения сигнал-шум (SNR) для L2 сигнала часто бывают ниже, чем SNR для L1 сигнала и, в действительности, редко превышают 15. Для оценки зашумленности данных следует обратить внимание на уровень L1 сигнала.

Спутниковые GPS сигналы являются относительно слабыми. Фактически, всегда присутствующий в большинстве случаев фоновый шум оказывается "громче" GPS сигнала. При особенно слабом уровне сигнала спутника местоположения, вычисленные на основании этих измерений, следует рассматривать как приблизительные.

Существуют две широко распространенные причины появления слабых сигналов. Во-первых, если сигнал достигает антенны после прохождения такого препятствия,

как крона дерева, он, как правило, является ослабленным. Ослабляющее воздействие кроны можно сделать минимальным, установив приемник таким образом, чтобы был обеспечен свободный обзор неба. Во-вторых, спутники, имеющие незначительное возвышение над горизонтом, обычно, имеют более слабые сигналы по сравнению со спутниками, расположенными прямо над головой.

Использование спутников с низким возвышением может также привести к ошибке многолучевого распространения (multipath error), (ошибке, возникающей в результате наличия отраженного GPS сигнала). Для того чтобы избежать вредного влияния спутников с низким возвышением, следует придерживаться рекомендуемых для съемки значений масок возвышения. Большинство съемок постобработки выполняется со значением маски возвышения равной 15 градусам, в то время как большая часть съемок в реальном времени осуществляется при значении маски возвышения равной 13 градусам. Данные спутников редко регистрируются, если возвышение спутников ниже 10 градусов.

Созвездия

Созвездие (constellation) - это группа из трех или более спутников, используемых приемником для вычисления местоположения. На точность вычислений относительных базисных линий влияют как количество спутников в созвездии, так и их положение относительно друг друга.

Количество Видимых Спутников

Для того чтобы вычислить (с использованием псевдодальностей) трехмерное автономное местоположение (широту, долготу, высоту и время) неизвестного пункта, пользователю необходимо отслеживать четыре спутника. Хотя трехмерное положение неизвестного пункта можно вычислить, используя только 4 спутника, предпочтительно осуществлять сбор данных от пяти и более спутников, так как использование большего числа спутников обеспечивает получение более надежного с математической точки зрения результата определения местоположения.

В случае выполнения геодезической съемки, дополнительные спутники обеспечивают получение избыточных измерений фазы несущей и предоставляют фактор надежности для тех моментов времени, когда происходит срыв цикла. При съемке в реальном времени для проведения автоматической инициализации требуется пять спутников.

Фактор Потери Точности (DOP)

Фактор потери точности (Dilution of Precision - DOP) является показателем качества определения местоположения. Это результат вычисления, в ходе которого учитывается расположение каждого спутника относительно других, составляющих созвездие ("геометрия"), с целью прогнозирования точности координат, полученных с помощью данного созвездия. Низкое значение DOP указывает на

хорошую геометрию спутников и высокую вероятность получения точных местоположений. Высокое значение DOP указывает на слабую геометрию спутников и низкую вероятность получения точных местоположений.

Обычно вычисляются следующие значения DOP:

Таблица 2-В. Фактор Потери Точности

Тип DOP:	Оказывает влияние на точность:
Потеря точности относительных определений (RDOP)	относительного положения
Потеря точности определения местоположения (PDOP)	плановых и высотных измерений (широта, долгота и высота)
Потеря точности в плане (HDOP)	плановых координат (широта, долгота)
Потеря точности по высоте (VDOP)	высоту
Потеря точности по времени (TDOP)	поправку часов

PDOP фактор является лучшим общим показателем точности созвездия, хотя сам по себе PDOP не гарантирует точного определения базисной линии. PDOP, равный 4 и ниже, обеспечивает получение очень точных положений. PDOP между 5 и 7 является приемлемым, а PDOP, равный 7 или больше, считается неудовлетворительным. Пользователь может также установить пороговое значение PDOP в приемнике для того, чтобы игнорировать созвездие, PDOP которого выше установленного пользователем предела. В геодезических приемниках фирмы Trimble по умолчанию устанавливается значение PDOP, равное 7. Следует отметить, что это пороговое значение влияет только на определение положения и не оказывает существенного влияния на последующую обработку базисной линии.

Модуль Планирование (Plan) позволяет вычислять PDOP в ходе полевых наблюдений. Если ввести в модуль Планирование (Plan) интересующие пользователя местонахождение и дату, то с помощью этих данных можно спрогнозировать видимость спутников и их геометрию.

Оборудование

Оборудование, применяемое пользователем, влияет также на точность местоположений, полученных с помощью GPS.

Тип Приемника

Фирма Trimble производит приемники двух типов: приемники, которые для вычисления местоположения используют информацию, содержащуюся в спутниковом сигнале (кодовые приемники), и приемники, использующие сигнал сам по себе для расчета местоположения и базисных линий (фазовые приемники). Геодезические приемники относятся ко второму типу

Геодезические приемники используют кодовые псевдодальности для вычисления собственного местоположения и поправок часов в ходе выполнения полевых работ в реальном времени. Программное обеспечение постобработки использует фазовые данные, собранные геодезическими приемниками, для вычисления точных длин базисных линий между двумя одновременно отнаблюденными станциями съемки.

Как правило, фазовые приемники определяют длину базисных линий с точностью $1 \text{ см} \pm 1 \text{ ppm}$. Однако эти приемники отличаются более сложной постобработкой и более строгими требованиями, предъявляемыми к сбору данных в отличие от кодовых приемников. Для того, чтобы использовать фазовые приемники для определения относительных базисных линий, два приемника должны находиться на концах базисной линии и одновременно вести наблюдение за одними и теми же спутниками. В кинематическом режиме постобработки фазовые приемники должны постоянно поддерживать связь, по крайней мере, с четырьмя (одними и теми же) спутниками, для того чтобы провести расчет компонентов относительной базисной линии.

Тип приемника оказывает также влияние на выбор методики полевых работ, предпринимаемых пользователем, и на обработку собранных данных. Например, для Быстростатической съемки требуются двух-частотные приемники, способные регистрировать P-код на L2 частоте (P1), или P-code как на L1, так и на L2 частотах (P1 and P2).

Ниже, в Таблице 2-3, приводится ряд методик полевых наблюдений и аппаратным средства, необходимые для их выполнения.

Таблица 2-С. Методика Полевых Работ и Необходимая Аппаратура

Методика Полевых Работ	Необходимое Оборудование
Статическая, L1	L1 GPS приемник
Статическая, двух-частотная	Двух-частотный приемник: L1 и L2
Быстростатическая	Двойная частота либо с P2, либо с P1/P2
Кинематическая (с постобработкой)	L1 GPS приемник
Кинематическая (с OTF постобработкой)	Двух-частотный приемник
Геодезическая съемка в реальном времени – без автоматической инициализации	L1 GPS приемник с RTK опцией, TRIMTALK или равноценные радиоприемники
Геодезическая съемка в реальном времени – с автоматической инициализацией	Двух-частотный приемник с RTK опцией (также необходима OTF опция в подвижном приемнике для Автоматической Инициализации в процессе перемещения), TRIMTALK или равноценные приемники

Отличительные черты и возможности приемников фирмы Trimble приводятся в *Руководстве по Эксплуатации Приемников Серии 4000*.

3 Процедуры Сбора Данных

Полевые мероприятия по сбору данных являются важным элементом успешного проведения геодезической GPS съемки. Недостаточно знать, как нажимать кнопки приемника; необходимо также понимать, как использовать большое число приемников таким образом, чтобы обеспечить высокопрофессиональное измерение базисных линий с максимально возможной точностью. В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- обзор стандартных установок для всех GPS съемок:
 - положение антенны и измерения высоты антенны
 - значения PDOP (PDOP masks), маски возвышения спутников (elevation masks)
 - форматы GPS данных (GPS data formats)
 - интервалы между эпохами (epoch intervals)
 - предупредительные сигналы о потере сопровождения спутников в кинематическом режиме (kinematic tracking alarms)
 - интерфейсы накопителей данных (data-collector interfaces)
- режимы наблюдений базисных GPS линий:
 - статический
 - быстростатический
 - кинематический
 - реального времени
- совместное использование различных полевых мероприятий (или совместное использование различных методов полевых измерений)

Качество Данных и Методы Сбора Данных

От метода сбора GPS данных напрямую зависит их качество. Важно иметь правильное представление о полевых методах сбора данных. Для достижения максимально указанной точности GPS съемки следует придерживаться предлагаемых предельных значений для величины PDOP и угла возвышения спутников, а также следовать другим рекомендациям по проведению полевых работ.

Различные геодезические приемники способны выполнять множество полевых мероприятий, в том числе:

- статическую съемку
- быстростатическую съемку
- кинематическую съемку
- непрерывную кинематическую съемку
- геодезическую съемку в реальном времени (RTS)

С точки зрения геодезиста, все полевые мероприятия, по существу, одинаковы. В приемник или накопитель данных необходимо ввести информацию, которая указывает на то, находится ли пользователь на пункте стационарно или перемещается. Кроме того, можно обеспечить ввод дополнительной информации, касающихся особенностей этих полевых событий.

Некоторые аспекты любой полевой GPS съемки являются общими для всех полевых мероприятий. Правильное расположение GPS антенны и измерение ее высоты, а также установка интервала сбора данных или интервала между эпохами, — вот только несколько геодезических параметров, на которые необходимо обратить внимание в ходе проведения любых мероприятий по сбору данных, независимо от того, каким образом планируется собирать эти данные.

Установка Параметров Съемки

В *Руководстве по Эксплуатации Приемников Серии 4000* подробно рассматриваются процедуры измерения высоты для всех типов антенн фирмы Trimble, предназначенных для геодезической съемки. Следующий раздел дается в качестве обзора.

Положение Антенны: Взгляд На Небо

Сигналы GPS спутников являются всенаправленными. Для получения наилучших результатов антенна должна иметь свободный, ничем не закрытый обзор неба выше предварительно заданного порогового значения угла возвышения. Спутниковые сигналы не проникают сквозь металлические поверхности, стены зданий, стволы деревьев или другие аналогичные объекты. В то же время сигналы проходят через листву деревьев, стекло, пластик и другие аналогичные преграды, хотя это может вызвать ослабление сигнала. В общем случае необходимо стараться обеспечить свободный обзор небосклона. GPS сигнал может быть подвержен воздействию мощных передатчиков (особенно в микроволновом диапазоне). Следует избегать проводить сбор данных в фокусной зоне микроволнового передатчика или вблизи мощных радиолокационных установок, так как это может повредить GPS антенну.

Измерение Высоты Антенны

Измерения высоты антенны (или инструмента) являются потенциальным источником погрешностей при выполнении любого типа съемки. В Глобальной Системе Позиционирования высота антенны означает то же самое, что и общепринятое понятие высоты инструмента (HI). GPS не застрахована от такого рода погрешности измерения. Геодезические GPS приемники могут работать с антеннами различных типов. Пользователю следует убедиться в том, что ему понятно, как измерять высоту своих GPS антенн. Подробная информация представлена в Приложении А *Руководства по Эксплуатации Приемников Серии 4000*.

Под измерением высоты антенны понимается измерение расстояния от геодезической марки на земной поверхности до фазового центра антенны. Фазовый центр антенны - это точка, где приемник производит измерения спутникового сигнала. GPS аппаратура принимает спутниковые сигналы в фазовом центре антенны, почти так же, как автомобильный радиоприемник использует свою антенну для приема сигналов радиостанций.

Имеется возможность ввода в GPS приемник двух типов высоты антенны: *истинной вертикальной (true vertical)*, либо *нескорректированной (uncorrected)*. При вводе нескорректированной высоты антенны пользователь указывает процессору базисной линии, что высота антенны измерялась в соответствии с методикой, принятой для данного типа антенны. Иногда такое измерение рассматривается как наклонное. В этом случае в процессе вычисления компонент базисных линий программное обеспечение обработки рассчитывает поправку для этой величины.

При вводе истинной вертикальной высоты антенны пользователь сообщает приемнику и программному обеспечению обработки о своем измерении вертикальной высоты от геодезической марки до фазового центра антенны. В этом случае, во время постобработки никакие поправки к данной величине не применяются.

Следует ввести измерение высоты антенны в приемник либо как составную часть информации о станции, при нахождении пользователя на станции, либо как составную часть информации о непрерывной кинематической съемке, в случае если пользователь осуществляет перемещение.

Необходимо быть особо внимательным при измерении высоты антенны, выполняя эту операцию тщательно и точно. Следует провести измерение, а затем повторить его, предпочтительно в двух различных единицах измерений, таких как сантиметры и дюймы. В качестве дополнительной страховки результаты измерения высоты антенны следует зафиксировать в письменном виде.

Проще, как правило, использовать нескорректированную высоту антенны, оставляя введение поправок на программное обеспечение. Однако для успешного выполнения работ в поле чрезвычайно важно, чтобы пользователь и его команда придерживались стандартизированной методики. При измерении высоты антенны

делается больше грубых ошибок, чем в каком-либо другом аспекте GPS, и последовательное проведение мероприятий лучше всего предохраняет от таких грубых промахов.

Маска PDOP

Фактор потери точности (Dilution of Precision - DOP) может оказывать сильное влияние на точность данных. Фактор потери точности определения положения (PDOP) является лучшим общим показателем качества геометрии созвездия спутников и, следовательно, точности данных. Для того, чтобы собрать и получить высококачественные данные, можно задать такое предельное значение PDOP, при превышении которого вычисления положений производиться не будут. Этот предел называется маской PDOP (PDOP mask), и оно должно быть установлено в приемнике *перед* началом регистрации данных. Рекомендуемое (и выставяемое по умолчанию) значение маски PDOP равно 7.

Данное значение PDOP используется при выполнении кинематических съемок, в ходе которых нормой являются очень короткие периоды наблюдений. В случае если значение PDOP равно или превышает 7, приемники фирмы Trimble издадут сигнал тревоги, который предупреждает пользователя о необходимости оставаться неподвижным до тех пор, пока значение PDOP не упадет ниже порогового. При проведении статических и быстростатических съемок, которые требуют более длительных периодов наблюдений по сравнению с кинематической съемкой, пороговое значение PDOP, либо соответствующий ему предупредительный сигнал не используются.

Маска Угла Возвышения

Маска угла возвышения (elevation angle mask) представляет собой угол возвышения, ниже которого спутники не используются. Для работ на земной поверхности, где имеются местные препятствия (например, листва или здания), высокая вероятность точного определения базисных линий существует в том случае, если значение маски возвышения равняется или превышает 15° . В геодезических приемниках фирмы Trimble по умолчанию установлено значение маски возвышения равное 15° для приложений, прошедших постобработку, и равное 13° — для геодезических съемок в реальном времени.

Для морских или авиационных приложений можно, как правило, установить значение маски возвышения более близкое к горизонту (следует убедиться, что учтены углы крена и тангажа), но прежде чем сделать это, пользователю следует рассмотреть влияние атмосферы на результаты определения базисных линий. Поскольку качество GPS сигналов, распространяемых в нижних слоях атмосферы, ухудшается вследствие ее влияния, то, возможно, не стоит менять значение маски возвышения даже для морских приложений (даже при выполнении заданий на море).

Когда спутник находится низко над горизонтом, то возникают две проблемы:

- Спутниковые сигналы должны пройти значительное расстояние через атмосферу. В результате этого наблюдается более низкий уровень сигнала, и происходит задержка приема сигнала GPS приемником (задержка распространения). Так как расстояние до спутника вычисляется на основании времени прохождения, то малейшая задержка во времени прохождения может привести к возникновению существенной ошибки при вычислении расстояния.
- Сигналы отражаются от соседних поверхностей, так что приемник принимает как исходный, так и отраженный сигналы. Этот эффект, называемый *многолучевым распространением (multipath)*, является основным источником ошибок в GPS. Ошибка многолучевого распространения может быть смоделирована в ходе обработки базисной линии, при условии что для этого существует достаточно данных. Более продолжительные периоды наблюдения позволяют процессору обнаружить и устранить эффекты многолучевого распространения в процессе вычисления базисных линий.

Пользователь может уменьшить влияние этих эффектов посредством использования системы установления значения маски возвышения по умолчанию. На тех участках, где имеется вероятность многолучевого распространения, могут применяться более длительные периоды наблюдений (в течение которых спутники будут перемещаться) и более высокие значения высоты антенны.

✓ **ПРИМЕЧАНИЕ** – Следует помнить, что игнорирование спутников, имеющих малые углы возвышения, ограничивает число спутников, которые сопровождаются приемником, и может привести к получению более высоких значений PDOP и сокращению периода наблюдений.

Форматы GPS Данных

Формат данных, в котором в настоящее время геодезические GPS приемники фирмы Trimble записывают полученные ими данные в свою внутреннюю память, является *уплотненным форматом (compact format)*. В этом формате данных формируется метка точного времени (precise time tag), коррелированная с конкретной GPS секундой недели, где отсчет времени в секундах начинается каждую неделю в воскресенье в 00:00:00 UTC. Эти метки времени являются целыми числами.

В более ранних моделях приемников (4000SX and 4000SL) использовался *стандартный формат (standard format)*, который представлял значения временных эпох при проведении съемок в рамках 256-миллисекундного окна, сформированного вокруг GPS секунды. Эти метки времени представляют собой действительные числа, содержащие десятичные доли секунды недели.

При наличии у пользователя ранних моделей приемников серии 4000 важно, чтобы во всех приемниках был установлен один и тот же формат данных (предпочтительно уплотненный формат). Ввод в действие режима ограниченного доступа (SA) Сегментом Управления GPS сделало невозможным смешивание этих двух форматов данных. Искажение параметров времени/часов вследствие ввода в

действие режима S/A мешает сбору достаточного для получения приемлемых результатов количества синхронных меток времени.

Необходимо знать, что приемники серии 4000SSE фирмы Trimble регистрируют данные только в уплотненном формате, делая их несовместимыми с приемниками серии 4000SL и 4000SX. Для того чтобы определить опции формата данных для каждой конкретной модели приемника, следует обратиться к руководству по эксплуатации приемника.

Интервалы Между Эпохами

Интервал между эпохами (называемый также периодичностью наблюдений ИСЗ - SV sync time) представляет собой периодичность, с которой данные вводятся в память приемника. Интервал, который подходит для конкретной съемки зависит от ряда вещей, включая:

- процессор базисной линии
- количества имеющейся в приемнике памяти
- плотности точек, которая требуется для соответствующего покрытия территории проекта

Объем данных, который необходимо собрать пользователю, может меняться при различных способах наблюдения. Например, при наблюдении базисной линии с использованием метода статической GPS съемки, по всей вероятности, нет необходимости в осуществлении сбора данных через каждые 0.5 секунды, поскольку пользователь продолжает оставаться на одном месте. Интервал между эпохами, равный 15 секундам, как правило, является достаточным. Однако, если представить, что после наблюдения этой статической линии, пользователю необходимо приступить к выполнению топографической GPS съемки, то оказалось бы, что 15-ти секундный интервал между эпохами слишком продолжителен, пока пользователь находится в движении. В этом случае для адекватного отображения области съемки на карте, следует установить интервал между эпохами в 1 или 2 секунды, в зависимости от скорости перемещения пользователя или времени его пребывания в каждой точке съемки.

При изменении интервала между эпохами необходимо учитывать два основных фактора:

- Каким образом будет осуществляться наблюдение базисных линий в области проекта?
Будет ли использоваться статический метод, быстростатический метод, кинематический метод, либо эти методы будут применяться в сочетании?
- Намеревается ли пользователь проводить непрерывную регистрацию данных для кинематической съемки?
Если это так, то какова ожидаемая плотность точек? Для фотограмметрических приложений данные могут потребоваться через каждые 0.5 секунд. С другой

стороны, при сборе топографических данных в процессе ходьбы данные могут потребоваться через каждые 5 секунд.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ – Пользователю следует убедиться в наличии достаточного для продолжительности сессии объема внутренней памяти приемника. Необходимый объем памяти зависит от выбранного пользователем интервала между эпохами. Чем выше частота сбора данных, тем больший объем внутренней памяти необходим.

Выбор интервала между эпохами в значительной мере зависит от требований, предъявляемых к проекту и от того, как перемещается пользователь при сборе данных. См. следующий раздел “Какой Объем Данных Является Достаточным? Режимы Наблюдений Базисных GPS Линий”.

Сигналы О Потере Сопровождения Спутников При Выполнении Кинематической Съёмки

В процессе выполнения кинематической съёмки программное обеспечение постобработки может выдавать решения только для тех периодов, в течение которых отслеживаются четыре или более спутников. Так как требуются четыре или более спутников, то в любой момент времени, когда имеется менее четырех спутников, приемники издадут предупредительный сигнал.

Пользователь должен помнить, что необходимо обеспечить сопровождение четырех спутников как опорным, так и подвижными приемниками. Следует убедиться, имеет ли опорный приемник ничем не закрытый обзор неба, чтобы свести к минимуму срывы цикла. Если запуск опорной станции произведен в режиме кинематической съёмки, то, в случае потери непрерывного сопровождения четырех спутников, она будет издавать звуковые сигналы. Во время выполнения кинематической съёмки следует использовать опцию кинематической съёмки для всех приемников, включая опорный.

Неудовлетворительное значение PDOP так же сильно влияет на качество результатов определения базисных линий, полученных из постобработки. Поэтому приемники, имеющие кинематическую опцию, формируют предупреждающий сигнал в тех случаях, когда значение PDOP достаточно высоко, чтобы привлечь к этому внимание.

Инструкции и подробную информацию об использовании и пороговых значениях для этих сигналов представлены в руководстве по эксплуатации приемника.

Встраивание Интерфейса Накопителя Данных

Накопители данных обеспечивают общий интерфейс между GPS приемниками и остальным геодезическим оборудованием для сбора данных, таким как GPS Total Station™ фирмы Trimble. Использование накопителя данных формирует основу для удобной работы многих геодезистов, так как накопитель - это стандартный инструмент, используемый при выполнении геодезической съёмки, в то время как

GPS приемник может им не быть. Накопитель данных TDC1 фирмы Trimble со встроенным микропрограммным обеспечением Survey Controller™ (TDC1/Survey Controller) используется в настоящее время для достижения двух разных целей: проведения работ с последующей обработкой данных и геодезической съемки в реальном времени. При правильной конфигурации аппаратных средств и встроенного микропрограммного обеспечения эти цели могут быть объединены в одной съемке.

Сбор Данных Для Постобработки

Накопитель данных TDC1 со встроенным микропрограммным обеспечением Survey Controller (TDC1/Survey Controller) может использоваться для управления приемником серии 4000, который осуществляет регистрацию данных для их последующей обработки. Это чрезвычайно полезно для поддержки видов работ по кинематической съемке с последующей обработкой данных и работ по непрерывной кинематической съемке.

TDC1/Survey Controller позволяет осуществлять ввод информации об атрибутах во время пребывания пользователя на станции или в процессе движения. Это означает, что в течение периодов непрерывного сбора данных при выполнении кинематической съемки, пользователь имеет возможность менять информацию об атрибутах, включая значения высоты антенны. В общем случае, TDC1/Survey Controller предоставляет пользователю возможность ввести в приемник информацию об атрибутах более широкого диапазона, по сравнению с той информацией, что может быть введена непосредственно с передней панели приемника.

GPS данные и вся информация, вводимая при помощи TDC1/Survey Controller хранятся в приемнике серии 4000. По завершении полевой съемки они выгружаются в GPSurvey и обрабатываются точно также как и любой другой файл GPS данных.

Геодезическая Съемка В Реальном Времени

При выполнении съемки в реальном времени TDC1/Survey Controller может использоваться также в качестве основного прибора по сохранению данных: решения, которые формируются в подвижном приемнике передаются по кабелю на накопитель данных. Встроенное микропрограммное обеспечение Survey Controller обеспечивает стандартный интерфейс с пользователем независимо от того, происходит ли регистрация данных в приемнике (для последующей обработки) или не происходит (только в реальном времени). Единственное отличие заключается в том, что все результаты съемки в реальном времени хранятся фактически в самом накопителе данных TDC1 со встроенным микропрограммным обеспечением Survey Controller (TDC1/Survey Controller). Эти данные могут быть выгружены либо в GPSurvey, либо в TRIMMAP.

Использование TDC1/Survey Controller Комбинированной Операционной Среды

При наличии аппаратных средств для поддержки геодезической съемки в реальном времени, объема памяти (способности регистрировать данные) в рамках приемника серии 4000 и программного обеспечения GPSurvey пользователь может объединить эти виды работ в одной съемке. В таком случае требуется TDC1/Survey Controller.

При таком сценарии появляется возможность маневра в поле, поскольку пользователь может продолжать выполнение съемки, на которую не распространяются ограничения по реальному времени. В данном случае, ход выполнения геодезической съемки в реальном времени зависит от радиосвязи, по которой происходит передача данных от базы на подвижные приемники. В областях, где в ходе выполнения работ в реальном времени возможны временные потери радиосвязи, данные могут регистрироваться в памяти подвижного приемника с целью их последующей обработки. Необходимость в остановке работы отсутствует, если только результаты не должны формироваться прямо в поле.

ПРИМЕЧАНИЕ – Данные должны регистрироваться также и на базовом приемнике, с тем чтобы была возможна их последующая обработка.



Какой Объем Данных Является Достаточным?

Режимы наблюдения Базисных GPS Линий

Для наблюдения базисных линий между пунктами с помощью GPS можно использовать несколько методов. Традиционно, при применении GPS для определения базисных линий использовались статические наблюдения, в ходе которых два приемника располагаются на концах базисной линии и остаются в стационарном положении приблизительно в течение 1 часа. Однако, за последние несколько лет был разработан ряд повышающих производительность методов, которые позволяют наблюдателю находиться на базисной линии более короткое время и определять ее гораздо быстрее, не проигрывая в точности.

Как видно из Таблицы 3-1, каждый метод съемки имеет свои преимущества и требования. В следующих разделах приводится описание каждого метода.

Таблица 3-А. Методы Геодезической Съемки и Предъявляемые Требования

Тип Метода Съемки	Преимущества	Требования
Статика	Наивысшая точность (субсантиметровая): 1/100,000 до 1/5,000,000 Не требуется непрерывное сопровождение 4 ИСЗ.	Пребывание на базисной линии (приблизительно) в течение 1 часа. В приемнике необходимо использовать опцию запуска предварительно запланированной съемки или опцию Быстрого Запуска.
Быстрая Статика	Средняя точность: 1 cm ± 2 ppm —в результате пребывания на базисной линии за один раз в течение 5–20 минут.	Необходимы приемники, способные выполнять быстростатическую съемку. Сопровождение 4-х или более ИСЗ необходимо только во время наблюдения базисной линии; непрерывное сопровождение 4-х ИСЗ не требуется.
Кинематика (непрерывная и в режиме stop-and-go (Остановка-и-Движение) с последующей обработкой данных)	Самый быстрый метод для постобработки. Средняя точность: 1 cm ± 2 ppm —всего лишь 1–2 эпохи данных	Требуется непрерывное сопровождение 4-х ИСЗ; необходима процедура инициализации.
Съемка в реальном времени	Самый быстрый метод в целом; возможность получения результатов в поле 1 cm ± 2 ppm —всего лишь 1–2 эпохи данных	Требуется процедура инициализации; необходимо сопровождение 4-х ИСЗ либо повторная инициализация; для автоматической инициализации требуется 5 ИСЗ; необходимо наличие радиосвязи между базой и подвижным приемником.

Методы Наблюдений

Статика

Стандартные статические наблюдения остаются основным методом выполнения GPS съемки с момента появления концепции использования GPS для создания опорных сетей. Выполнение статической GPS съемки подразумевает установку двух приемников: одного - в опорной точке, другого - на станции, положение которой предстоит определить, а также их одновременную работу на протяжении, приблизительно, 1 часа в ходе одной сессии съемки.

Быстрая Статика

Требования, предъявляемые к оборудованию и времени наблюдения, отличают Быструю Статику от других форм GPS съемки. В процессоре базисной линии Быстростатической съемки программного обеспечения GPSurvey используются точные псевдодалности и результаты фазовых наблюдений с целью более эффективного определения базисной линии, нежели при статической GPS обработке.

Полевые мероприятия, осуществляемые в процессе этой съемки очень схожи с мероприятиями, выполняемыми в процессе статической съемки, описание которой дается выше, за исключением того, что требования, предъявляемые к продолжительности наблюдений, не являются такими жесткими. В Таблице 3-2 приводится перечень требований по продолжительности наблюдений при Быстростатической съемке. Обычно для осуществления Быстростатических съемок нужен один сеанс наблюдений базисной линии продолжительностью, как правило, 5-20 минут. Это намного быстрее, чем 1-часовой период наблюдения, необходимый при выполнении стандартных статических съемок.

Таблица 3-В. Требования По Продолжительности Наблюдений, Предъявляемые При Быстростатической Съемке

Количество спутников	Время наблюдения (минуты)
4	20+
5	10-20
6+	5-10

Период наблюдения базисной линии в процессе Быстростатической съемки зависит от длины базисной линии и геометрии спутников. В приведенных в Таблице 3-2 оценках времени учитывается только количество спутников и предполагается, что базисные линии невелики по длине.

Кинематика

Методы кинематической съемки обеспечивают наивысшую продуктивность. При кинематическом режиме один приемник устанавливается на опорном пункте, а другой приемник (который называется *подвижным приемником*) перемещается по территории, охваченной проектом, и производит наблюдение интересующих пользователя пунктов.

Эта общая классификация затрагивает также широкий спектр специальных методик, которые связаны между собой и в то же время уникальны.

Кинематические съемки могут рассматриваться либо как:

- съемки с последующей обработкой данных, либо как съемки в реальном времени
- одночастотные или двухчастотные
- съемки в режиме stop-and-go (Остановка-и-Движение), либо как непрерывные съемки

Все виды кинематической съемки требуют проведения *инициализации*.

Инициализация представляет собой процесс, посредством которого разрешается неоднозначность целого числа фазовых циклов. Для всех видов кинематических съемок необходимо проведение инициализации, а многие из них требуют повторной инициализации, в случае если в ходе съемки на каком-либо пункте имеет место потеря связи со спутниками.

Одночастотные приемники должны проводить инициализацию с использованием известной базисной линии.

Это справедливо как для съемок в реальном времени, так и для съемок с последующей обработкой данных.

“Известная” базисная линия получается, как правило, в результате выполнения статической или быстростатической съемки, которая предшествует работе в кинематическом режиме, однако это может быть также и базисная линия, отнаблюденная в прошлый раз в кинематическом режиме или полученная по контрольным координатам и должным образом преобразованная в WGS-84. “RTK инициализатор” фирмы Trimble (пластина с фиксированным расстоянием и заданной ориентацией, на которую монтируются антенны опорного и подвижного приемника) просто представляет собой вариацию инициализации известной базисной линии.

Двух-частотные приемники могут использовать преимущества новых алгоритмов, которые делают возможным проведение инициализации либо посредством очень короткого сеанса наблюдения в быстростатическом режиме, либо просто “on-the-fly” (OTF), то есть, в процессе движения. “Автоматическая Инициализация в Статическом Режиме” или “Автоматическая Инициализация в Процессе Движения,” как называются каждый из двух типов инициализаций возможны либо в реальном времени, либо в ходе последующей обработки данных. В каждом из этих случаев инициализация должна проводиться до обработки последовательных векторов.



ПРИМЕЧАНИЕ – Для OTF инициализации, независимо от того, проводится ли она в реальном времени или в ходе постобработки данных, требуется пять стандартных спутников на каждый приемник. После инициализации для обработки базисной линии требуется по меньшей мере четыре стандартных спутника.

Съемка в Реальном Времени

GPS съемка в реальном времени — это просто кинематическая съемка, когда оценка результатов может быть проведена прямо в поле. Съемки в реальном времени могут быть:

- одно-частотными
- двух-частотными с автоматической инициализацией в статическом режиме
- либо двух-частотными с автоматической инициализацией в процессе движения (отдельная опция подвижного приемника, известная как OTF).

Они зависят от линии радиосвязи, по которой идет передача GPS данных с опорного приемника на подвижные приемники. Затем подвижный приемник проводит обработку этих данных *по мере их поступления* и передает результаты для просмотра на TDC1/Survey Controller. Самым непосредственным преимуществом является возможность вести наблюдения на геодезических пунктах с точностью до сантиметра, используя при этом GPS.

Stop-and-Go (Остановка-и-Движение)

Режим “Stop-and-go” (Остановка-и-Движение) представляет собой рабочий режим, который выставляется по умолчанию при кинематической съемке. Согласно этому режиму, подвижный приемник останавливается на пункте, собирает 2–3 эпохи данных (если надо, то и больше), после чего перемещается дальше на следующий пункт. В случае если геодезическая съемка должна пройти постобработку, то данные регистрируются в приемнике серии 4000. Для того чтобы обеспечить легкий интерфейс, может использоваться TDC1/Survey Controller, но никакие данные не будут регистрироваться в самом накопителе данных.

С другой стороны, геодезическую съемку легко можно было бы провести в реальном времени. В этом случае, данные (которые состоят теперь из прошедших обработку решений, координат и кодов объекта), регистрируются непосредственно в TDC1/Survey Controller. Приемник можно или нельзя настроить на регистрацию необработанных GPS данных наблюдений с целью последующей обработки.

Данный тип кинематической съемки используется для сбора информации о базисных линиях в достаточно ограниченной области (в пределах 10 километров). Эти базисные линии могут точно указать положение любого числа топографических признаков, включая опорные пункты, объекты коммунального хозяйства (например, смотровые колодцы, стоки и люки), границы земельной собственности (такие как изгороди или стены из камня).



ПРИМЕЧАНИЕ – Для охватывания в ходе выполнения проекта областей, размер которых превышает 10 километров, рекомендуется, чтобы до сбора данных в кинематическом режиме была проведена съемка опорной сети. Удачно спланированная сеть предоставит более богатый выбор для кинематической съемки, как для местоположений опорной станции так и контрольных пунктов.

Непрерывная Кинематическая Съемка

С развитием непрерывной кинематической съемки пользователи GPS получили средство для картографирования земной поверхности. Непрерывные кинематические съемки обеспечивают возможность нанесения на карту топографических признаков (профилей, поперечных разрезов, горизонталей) и сопровождения движущихся объектов (например, самолетной фотокамеры, предназначенной для фотограмметрического картографирования), используя опцию ввода маркера событий.

Непрерывная кинематическая съемка имеет такие же ограничения, как и съемка по методу stop-and-go (Остановка-и-Движение). Однако, в процессе непрерывной кинематической съемки определяется точное положение не только стационарного приемника, но и движущегося. Топографические съемки с эффективностью можно выполнить посредством непрерывной регистрации данных по области проекта, при условии что особое внимание уделяется высоте антенны.

Режим обработки непрерывной кинематики можно использовать также и для нахождения маркеров событий. Так как в процессе непрерывной кинематической съемки определяется относительное положение приемника для каждой эпохи, то пользователь может применить данный метод для определения положения приемника в заданный момент времени или для определения маркера события. Зная положение приемника для каждой эпохи, пользователь может методом интерполяции получить положение приемника в заданный момент времени.

Как и в случае с режимом stop-and-go (Остановка-и-Движение), данные в режиме непрерывной кинематики могут собираться либо в реальном времени, либо для последующей обработки.

Сочетание Полевых Методов Сбор Данных

С точки зрения геодезиста наиболее продуктивным является комбинирование всех возможных методов сбора данных и использование их “по мере необходимости”.

Следует рассмотреть некоторые возможности использования трех приемников серии 4000SSE вместе с программным обеспечением GPSurvey: первичную опорную сеть легко можно развернуть на площади, которая необходима пользователю. Такая сеть могла бы обрабатываться и уравниваться в GPSurvey и использоваться с целью дальнейшего уплотнения или топографической съемки. Установив один из трех приемников на одном из опорных пунктов, другие два можно было бы использовать в качестве высокоэффективных кинематических

подвижных приемников, которые проводили бы инициализацию на любом из других опорных пунктов. Регистрация данных могла бы осуществляться либо в режиме stop-and-go (Остановка-и-Движение), либо в непрерывном кинематическом режиме.



ПРИМЕЧАНИЕ – Для OTF инициализации не требуется стояния на известном пункте, но, как показывает практика геодезической съемки, пользователю следует, по крайней мере, провести в ходе съемки измерения на пункте с известными координатами. Это особенно важно для проверки погрешностей измерений высоты антенны.

Следует рассмотреть еще один вариант действия, при котором съемки в реальном времени сочетаются с регистрацией данных с целью их последующей обработки. Первоначально съемка могла бы проводиться в реальном времени, но в случае если имеют место области, где не может поддерживаться радиосвязь, последующая обработка данных могла бы оказаться очень эффективной. Пока данные регистрируются как на опорном, так и на подвижном приемнике, до тех пор исключена какая-либо потеря периода эффективного покрытия в ходе съемки. Геодезические съемки в реальном времени используют интервал измерений (по умолчанию) 1 секунда, но при желании возможно проведение регистрации данных с целью их последующей обработки.

В данной главе дан обзор многих различных конфигураций аппаратных средств, встроенного микропрограммного и программного обеспечения, которые можно комбинировать в полевых условиях. Более подробная информация по специальным вопросам и приложениям содержится в ряде других публикаций фирмы Trimble. Пользователю предоставляется самому изучить столько, сколько будет возможным. Более подробный перечень приводится в разделе Литература в конце настоящего руководства.

4 Этапы Проекта

В данной главе представлена краткая сводка по этапам, на которые разделен процесс постобработки проекта GPS съемки.

Пользователю предлагается обратиться к предыдущим главам и другим публикациям фирмы Trimble, с тем чтобы повторить, какие специальные методики применяются при съемке, а также, как используется программное обеспечение GPSurvey. Об использовании оборудования и о специальных мероприятиях, выполняемых при наблюдениях, можно узнать в *Руководстве по Эксплуатации Приемников Серии 4000* и к *Руководствах Пользователю*. Описание программного обеспечения GPSurvey полностью представлено в *Руководствах Пользователя GPSurvey, WAVE, Quick Plan / Plan, GPLoad и GPTrans*.

В предыдущих главах отмечалось, что для эффективного проведения GPS съемки наряду со знанием аппаратных средств, программного обеспечения и полевых мероприятий, имеющих отношение к использованию GPS, требуется четкое понимание основных принципов съемки. Пользователю необходимо правильно оценивать возможности своих аппаратных средств, чтобы иметь представление о том, какие мероприятия можно предпринять в поле. Хорошее знание полевых методик позволяет с наибольшей производительностью провести GPS съемку, обеспечивая при этом высококачественные измерения базисных линий. Правильное использование программного обеспечения существенно помогает при планировании и обработке наблюдений базисных линий, а также облегчает управление и получение окончательных результатов по проекту.

Далее в общих чертах дается описание этапов, необходимых для планирования и осуществления проекта съемки, начиная от принятия решения о выполнении проекта и кончая итоговым уравниванием съемочной сети. Мероприятия носят рекомендательный характер и их можно изменить, чтобы они соответствовали конкретному проекту, однако, эти мероприятия применимы, как правило, для большинства случаев.

Этапы Проекта

Ниже представлены задачи, связанные с планированием и выполнением GPS съемки:

- предварительная подготовка съемки
- составление схемы сети

- рекогносцировка пунктов
- планирование съемки
- наблюдение базисных линий — сбор данных
- обработка полученных данных
- организация данных в рамках проекта
- выполнение фактической обработки базисных линий
- анализ результатов обработки
- уравнивание сети с целью получения итоговых координат

Предварительная Подготовка К Выполнению Съемки

Разработка Проекта

Существует несколько аспектов планирования проекта с использованием методов GPS съемки.

Повторение Порядка Выполнения Перед Началом Работ

Как уже подчеркивалось ранее в настоящем руководстве, необходимо, чтобы пользователь имел полное представление о спектре применения аппаратных средств, функциональные возможности которых определяют, какой тип полевых мероприятий можно использовать в процессе наблюдения базисных линий.

Составление Проекта На Бумаге

Проект необходимо подготовить в письменном виде с описанием цели, объема работ и предполагаемых способах сбора и использования данных. Пользователь может обнаружить, что в процессе сбора данных на нескольких дополнительных пунктах, у него появляется возможность в значительной мере улучшить геометрию сети. Кроме того, в результате сбора большего количества данных, чем требуется в данный момент, можно получить ценную информацию, которую, в случае если, например, обнаружатся грубые ошибки в наблюдениях одной или нескольких базисных линий, можно будет использовать в будущем. Пользователю необходимо определить, применимы ли для его проекта наблюдения, выполненные на дополнительных пунктах.

Рекогносцировка пункта, как правило, представляет собой обязательную часть процесса планирования полевой съемки. Она предоставляет пользователю возможность:

- установить или отменить для полевой бригады пункты съемки

- отметить наличие препятствий, которые могут оказывать влияние на график проведения наблюдений или вызвать необходимость со стороны пользователя поменять пункты съемки
- получить разрешение от владельцев частной собственности на работу в зоне их владений
- определить наиболее оптимальный путь прибытия на каждый пункт съемки (в любую погоду и в любое время дня и ночи)
- составить карты и описать пути передвижения так, чтобы геодезическая бригада могла добраться до места работы и обнаружить пункты, в которых необходимо произвести наблюдения
- вычислить время передвижения между станциями

Для успешного создания сети опорных пунктов требуется разработать сеть, которая имела бы оптимальную структуру. Даже в тех случаях, когда GPS используется для топографии, опорные пункты необходимы для привязки проекта к общей системе координат. В случае если должны применяться методы кинематической съемки, а OTF инициализация невозможна, то дополнительные опорные пункты выступают также в качестве пунктов, на которых проводится повторная инициализация.

При разработке сети следует составить карту станций, включая как фиксированные опорные пункты, так и пункты, подлежащие определению. Поскольку расстояние между пунктами является важным фактором, необходимо составить карту в правильном масштабе. Помимо этого, необходимо составить график наблюдений, в котором были бы отображены как периоды наблюдений для каждой станции, так и время перемещения между станциями.

Создание Проекта В GPSurvey

При создании проекта в GPSurvey данная программа автоматически формирует подкаталоги, необходимые для последующей работы с проектом и осуществляет инициализацию базы данных нового проекта.



ПРИМЕЧАНИЕ – Перед тем как приступить к использованию программного обеспечения GPSurvey, пользователь обязан установить его и выполнить порядок действий по активизации данного программного продукта. Инструкции содержатся в *Руководстве Пользователя GPSurvey*.

В операционной среде программы GPSurvey, в той ее части, что относится к организации проекта, содержатся средства для повседневной организации проектов. Опции меню организации проекта следует использовать для:

- создания нового проекта
- открытия существующих проектов
- изменения параметров проекта

- закрытия проекта
- удаления проекта
- ознакомления со статусом проекта
- архивирования (back up), восстановления (restore) и проверки базы данных

Более подробная информация о модуле организации проекта GPSurvey содержится в *Руководстве Пользователя GPSurvey*.

Проверка Доступности Спутников С Использованием Модуля Quick Plan или Plan

Опции меню модуля Quick Plan / Plan программы GPSurvey обеспечивают доступ в операционную среду, что позволяет спланировать ту часть проекта, которая относится к полевым наблюдениям:

- Создать сессии полевых наблюдений и определить все станции, на которых предполагается выполнить наблюдения.
- Ввести информацию с диаграммы препятствий, которые были составлены пользователем в ходе его визита на каждую станцию съемки.
- Рассчитать периоды наблюдений в поле.

Модуль Plan следует использовать для сохранения в базе данных проекта информации по сессиям и препятствиям. С целью оказания пользователю помощи в планировании полевых наблюдений, модули Quick Plan и Plan могут осуществлять построение нескольких типов графиков и отчетов, которые представляют собой графическое отображение азимутов и возвышений спутников от времени, изменений созвездий и траектории движения спутников, как это видно со станции (skyplot). Последнее включает в себя контуры любых препятствий, которые были отмечены пользователем при описании преград.

Более подробная информация о возможностях модуля Plan программного обеспечения GPSurvey содержится в *Руководстве Пользователя Программным Обеспечением Модуля Quick Plan(Быстрое Планирование) / Plan*.

Обзор Руководств Пользователя

В *Руководстве по Эксплуатации Приемников Серии 4000* и в *Руководствах Пользователя* представлена информация по настройке оборудования, выполнению съемки и выявлению неисправностей.

В Поле

Полевые методики могут варьироваться в зависимости от точности, которая требуется для проекта, особенностей рельефа местности и препятствий, доступности и многих других аспектов. Однако, существуют полевые мероприятия, общие для всех GPS съемок. В целом, последовательность этапов работы в полевых условиях включает в себя следующее:

- Подсоединение приемника, антенны и кабелей.
- Правильное расположение антенны и тщательное измерение высоты антенны.
- Проверка параметров настройки для съемки.
- Выполнение наблюдений базисных линий.

Мероприятиям по измерению высоты антенны следует уделить особое внимание. Точное измерение высоты антенны играет важную роль для получения содержательных результатов. Грубые промахи при измерении высоты антенны представляют собой наиболее распространенный источник ошибок в ходе съемки посредством GPS. Пользователю следует ввести в приемник информацию по станции и высоте антенны, *а также* записать данные измерений высоты антенны в своем полевом дневнике.

Для того чтобы приступить к съемке, необходимо знать, какой метод наблюдения планируется использовать для текущей сессии. Приемники различают статический, кинематический и быстростатический методы, и перед началом сбора данных, пользователь должен выбрать один из определенных режимов съемки.

Подробная информация об измерении высоты антенны, о работе оборудования и рекомендуемых полевых методах содержится в *Руководстве по Эксплуатации Приемниками Серии 4000*.

После Возвращения В Офис

Программное обеспечение GPSurvey предоставляет инструментарий для обработки данных съемки с целью получения базисных линий и координат.

Процедура обработки данных включает, как правило, следующие мероприятия:

1. открытие проекта
2. выгрузка данных из приемников
3. загрузка и проверка собранных в поле данных
4. архивирование выгруженных данных
5. обработка базисных линий
6. просмотр результатов определения базисных линий
7. уравнивание результатов определения базисных линий в сети уравнивания

Открытие Проекта

Перед выгрузкой данных из приемников необходимо открыть проект в GPSurvey. В случае если при планировании проекта было использовано программное обеспечение GPSurvey, то создание этого проекта происходит в ходе выполнения задания по планированию.

Выгрузка Данных

GPS приемник хранит данные измерений, полученные со спутников, и другие данные в *файлах*, которые располагаются во внутренней памяти приемника. До тех пор пока эти файлы не будут переданы (выгружены) пользователем на (в) компьютер, GPSurvey не сможет выполнить обработку данных.

Процесс выгрузки файлов в открытый проект следует проводить с использованием опции модуля GPLoad программного обеспечения GPSurvey, что позволяет выгрузить в приемник все файлы, либо только выделенные файлы. Можно также “выгрузить” файлы, которые уже были переданы с приемника, файлы решений базисных линий, полученные из другого проекта или файлы съемки в реальном времени, полученные с накопителя данных.

Более подробная информация о процессе выгрузки данных содержится в *Руководстве Пользователя GPLoad*.

По завершении процесса выгрузки данных программа GPSurvey автоматически начинает загрузку выгруженных файлов и помещает эти данные в текущую базу данных проекта. В ходе загрузки данных пользователь может устранить любые ошибки, которые имели место при вводе данных в поле. В случае если ошибки были совершены во время полевой сессии, у пользователя есть возможность исправить их в ходе добавления данных в проект.

Архивирование Данных

После выгрузки данных *всегда* следует делать архивную копию файлов данных. В случае больших объемов данных может принести эффективность использование программы сжатия файлов, такой как PKZIP.

Дополнительная информация по использованию опций программы GPSurvey, касающихся архивирования и восстановления содержится в *Руководстве Пользователя GPSurvey*.

Загрузка и Проверка Информации, Введенной В Поле

В программе загрузки данных программного обеспечения GPSurvey содержится ряд параметров, контролирующих процесс загрузки данных в базу данных проекта. Большинство таких параметров связаны с реагированием на ошибки во время процедуры загрузки, то есть каким образом пользователь собирается реагировать на

ошибки, которые имеют место во время выгрузки данных. Кроме того, можно задать критерий формирования названий станций и идентификаторов станции, которые не были введены оператором в поле.

Прежде чем приступить к обработке какой-либо базисной линии, следует убедиться в правильности информации, которая была введена в поле. Неверная информация о станциях, такая как названия станций или значения высоты антенны, приводит к появлению ошибочных результатов обработки базисных линий.

Программу загрузки данных можно использовать для редактирования и просмотра любой введенной в поле информации, такой как значения высоты антенны и информация о станции. Следует найти полевые записи и сравнить действия, произведенные в поле, с тем, что имеется в наборе данных. Необходимо проверить названия станций для всех приемников, а также введенные значения высоты антенны, соответствующие каждому сеансу измерений на станции и непрерывному кинематическому сегменту.

При использовании нескорректированного значения высоты антенны необходимо быть особенно внимательным, при указании типа измерения высоты антенны (нескорректированное или истинное вертикальное). При вводе истинного вертикального измерения высоты антенны необходимо помнить, что в процессе обработки данных программой GPSurvey не производится никаких исправлений.

GPSurvey поддерживает использование накопителя данных TDC1 фирмы Trimble со встроенным микропрограммным обеспечением Survey Controller (TDC1/Survey Controller) с целью применения его при кинематических съемках. При использовании накопителя данных в полевых условиях у пользователя возрастает количество информации для проверки и число источников возможных ошибок. Необходимо проверить описательную информацию, такую как названия станций, а также данные съемки. Это экономит время, в случае если в ходе последующей обработки возникнут затруднения.

Более подробная информация о проверке данных по станциям представлена в *Руководстве Пользователя GPSurvey*.

Обработка Базисных Линий

Для обработки базисных линий, наблюдение которых производилось в поле, следует использовать модуль обработки базисных линий WAVE (Weighted Ambiguity Vector Estimator) пакета GPSurvey. Пользователю не придется заниматься базисными линиями, полученными при помощи комбинирования полевых методик. Модуль WAVE автоматически распознает и различает файлы данных, полученные в статическом, быстростатическом и кинематическом режимах. Для решений в реальном времени постобработка не требуется.

Полная информация по обработке базисных линий содержится в *Руководстве Пользователя WAVE*.

Просмотр Решений По Обработке Базисных Линий

Программное обеспечение GPSurvey предоставляет средство для просмотра в формате карты станций, на которых производились наблюдения, и обработанных базисных линий, имеющих отношение к проекту. Данные в непрерывном кинематическом режиме отображаются как точки с соединительными линиями, а марки событий — как дискретные символы.

Пользователю следует использовать дополнительные опции для того, чтобы выполнить невязки цикла и просмотреть подробную информацию в журнале невязок, либо создать журнал базисных линий со списком SSF файлов, имеющих отношение к выделенным базисным линиям.

Полная информация по командам, отвечающим за просмотр карты сети содержится в *Руководстве Пользователя GPSurvey*.

Уравнивание Сети

Уравнивание сети является важным инструментом при оценке общей целостности наблюдений и съемочной сети. Сам по себе факт, что какая-то базисная линия может быть обработана в GPSurvey, вовсе не означает, что эта базисная линия подходит для съемочной сети пользователя. Недостаточно, чтобы базисная линия была статистически точной, она должна входить в сеть базисных линий, которые наблюдались пользователем.

Кроме того, поскольку в основе GPS лежит математический эллипсоид (WGS-84), пользователь может преобразовать GPS координаты в какие-либо другие исходные системы координат. Уравнивание сети следует использовать для того, чтобы способствовать решению задач по преобразованию исходных систем координат, моделированию геоида и контролю качества. (Данные, полученные в непрерывном кинематическом режиме, можно преобразовать в местную исходную систему координат посредством модуля GPTrans .)

Программа уравнивания сети в рамках пакета GPSurvey, известная как TRIMNET Plus, позволяет комбинировать результаты GPS и наземных наблюдений, а также наблюдений за геоидом при расчетах уравнивания сети.

GPSurvey может вырабатывать несколько типов решений, в зависимости от способности программы осуществлять решение базисных линий. Эти решения относятся к классу “высокое качество,” и модулем TRIMNET Plus будет использоваться самый оптимальный тип решения, который будет найден в каждом случае. Дополнительная информация представлена в *Руководстве Пользователя WAVE*.

Создание Отчетов По Проекту

Опции утилит (сервисных программ), которые имеются в GPSurvey можно использовать для создания, предварительного просмотра и распечатки следующих кратких сводок по проекту:

- *Проект*: общая информация по проекту
- *Станция*: информация о станциях, которые выделены в проекте
- *Базисная линия*: краткие, в одну строчку, сводки по результатам обработки для выделенных базисных линий
- *Решение базисной линии*: краткая информация по обработке для выделенных базисных линий
- *Уточненная базисная линия*: подробная информация по обработке для выделенных базисных линий

В Заключение

На сегодня GPS является наиболее точным и эффективным из имеющихся методов съемки. Фирма Trimble предоставляет пользователю на выбор большое количество различных аппаратных средств и методик проведения полевых мероприятий, обеспечивая при этом оптимальное расходование времени и ресурсов в полевых условиях. При использовании программных продуктов фирмы Trimble данные, полученные в поле, легко организуются и поддаются обработке вместе с итоговыми урвненными координатами, которые были созданы пользователем в заданных им выходных форматах.

Фирма Trimble публикует большое количество справочных руководств, которые прилагаются к серии выпускаемых фирмой аппаратных средств и программных продуктов. Многие из них представлены в данной книге. (В конце настоящего справочного руководства приводится раздел Литература.) Для того чтобы получить максимальную отдачу от GPS, пользователю необходимо убедиться в том, что он обращается к нужному руководству.

Словарь Терминов

В настоящем разделе даны определения технических терминов и сокращений, которые используются в документации фирмы Trimble по GPS съемке.

a priori errors	априорные ошибки: Ошибки измерений, оценка которых производится до уравнивания сети.
absolute positioning	абсолютное позиционирование: См. <i>Autonomous positioning</i> (Автономное позиционирование).
acquisition	обнаружение: Процесс захвата C/A кода и P-кода спутниковых сигналов. После включения питания приемник начинает принимать сигналы от всех доступных спутников, а также сигналы от остальных спутников по мере их появления над горизонтом. После захвата сигнала со спутника приемник продолжает отслеживать этот спутник до тех пор, пока сигнал не прервется.
adjustment	уравнивание: См. <i>Network Adjustment</i> (Уравнивание Сети).
almanac	альманах: Информация о Кеплеровых элементах орбиты спутников NAVSTAR, поправках часов, параметрах задержки сигнала в атмосфере и о состоянии работоспособности спутников, которая передается каждым спутником. GPS приемники используют данную информацию для захвата спутникового сигнала и для постобработки.
ALT	ВЫС: Общепринятое сокращение для слова <i>высота</i> (<i>altitude</i>).
altitude reference	высота в исходной системе координат: Исходные Геодезические Даты (ИГД), в системе которых измеряется высота. В GPS приложениях в качестве таких ИГД используется, как правило, эллипсоид WGS-84.
ambiguity	неоднозначность: Неизвестное целое число циклов восстановленной фазы несущей, содержащееся в непрерывном наборе результатов измерений. Приемник производит подсчет числа радиоволн, приходящих от спутника (по мере их прохождения через антенну), с высокой степенью точности. Однако, у приемника нет никаких данных о количестве целых длин волн до спутника в момент начала отсчета. Это неизвестное число длин волн между спутником и антенной и называется неоднозначностью, которая известна также как неоднозначность целого числа фазовых циклов (<i>integer ambiguity</i>) или целое смещение (<i>integer bias</i>).
Anti-Spoofing	Режим “Против Раскодирования”: Режим, позволяющий Министерству Обороны США передавать зашифрованный “Y-код” вместо P-кода. Y-код предназначен для использования только

	<p>зарегистрированными пользователями (в первую очередь, военными). Режим “Против Раскодирования” используется вместе с Режимом Ограниченного Доступа (Selective Availability) с целью лишения гражданских пользователей всей той точности, что обеспечивает система GPS NAVSTAR. Сокращенно Режим “Против Раскодирования” называется <i>AS</i>; не следует путать с Режимом Ограниченного Доступа (SA).</p>
apogee	апогей: Точка на орбите, геометрическое расстояние от земли до которой является максимальным.
arc-to-chord correction	поправка "от дуги к хорде": Поправка (в дополнение к сближению меридианов) используемая для преобразования угловых измерений в значения координатной сетки на картографических проекциях. Эту поправку называют также <i>разностью t-T</i> и <i>поправкой второго порядка</i> .
AS	См. <i>Anti-Spoofing</i> (Режим “Против Раскодирования”).
ascending node	восходящий узел: точка, в которой орбита объекта пересекает плоскость отсчета (например, плоскость экватора) в направлении с юга на север.
attribute	атрибут: Характеристика объектов в Географической Информационной Системе (ГИС) или в Координатно-Геометрическом пакете (COordinate GeOmetry - COGO). Любой объект имеет атрибут <i>географические координаты</i> . Прочие атрибуты зависят от типа объекта, например, дорога имеет название или номер, кроме того, она характеризуется типом дорожного покрытия, шириной, числом полос и т.д. Каждый атрибут имеет диапазон возможных значений, который называется доменом (областью определения). Значение, выбранное для описания конкретного объекта, называется значением атрибута.
attribute value	значение атрибута: Конкретное значение атрибута объекта, которое выбирается из домена атрибута. Например, если <i>тип дорожного покрытия</i> является атрибутом, то <i>гравий</i> - это значение атрибута.
autonomous positioning	автономное позиционирование: Режим работы, при котором GPS приемник вычисляет свои координаты в реальном масштабе времени только на основе данных, полученных со спутников, без использования данных с базовой станции. Автономное позиционирование является наименее точной процедурой определения местоположения, которая может быть выполнена GPS приемником. Координаты, полученные в этом режиме, имеют точность в плане ± 100 метров СКО при включенном Режиме Ограниченного Доступа и $\pm 10-20$ метров, если этот режим отключен. Иногда также используются термины <i>абсолютное позиционирование (absolute positioning)</i> и <i>определение местоположения пункта (point positioning)</i> .
azimuth	азимут: Угол между исходным направлением и направлением на другой пункт, как это видится наблюдателю в месте его стояния. Применительно к GPS наблюдениям, данный термин называется <i>азимутом нормального сечения (normal section azimuth)</i> .
AZM	См. <i>Azimuth</i> (Азимут).

bandwidth	ширина полосы пропускания: Мера информационной емкости сигнала, выраженная как ширина спектра этого сигнала в герцах.
base station	базовая станция: (1) Приемник вместе со своей антенной, штативом и проч., который в ходе съемки или другой GPS процедуры производит спутниковые наблюдения на фиксированном пункте с известными координатами. (2) Пункт, на котором работает такой приемник. В некоторых случаях также называется <i>опорной станцией (reference station)</i> .
baseline	базисная линия: Трехмерный вектор между двумя станциями, для которых одновременно производился сбор GPS данных и их обработка по фазе несущей. Наиболее точный GPS результат. GPS векторы обычно выражаются приращениями координат dx , dy , dz в геоцентрической неподвижной системе координат.
baseline processor	процессор базисной линии: Компьютерная программа, которая вычисляет решения базисной линии на основе спутниковых измерений. Она может работать на персональном компьютере, как процессор постобработки, либо в приемнике, как процессор обработки в реальном масштабе времени.
beat frequency	частота биений: Любая из двух дополнительных частот, получаемых при смешивании сигналов на двух частотах. Частоты биений равны сумме или разности этих двух исходных частот.
BlueBook	“Голубая Книга”: Неформальное название справочника по требованиям, предъявляемым Национальной Геодетической Службой США (NGS) к формату и содержанию результатов съемки, представляемых с целью их возможного использования в национальной сети. В действительности Голубая Книга называется <i>CR8BB User's Guide (Руководство Пользователя CR8BB)</i> , автором которого является Leslie Carroll. Полное название дается в списке литературы.
broadcast ephemeris	бортовые эфемериды: Набор данных, описывающих прогнозируемые координаты GPS спутника в ближайшем будущем. Каждый GPS спутник периодически передает свои собственные бортовые эфемериды, которые загружаются на спутник Сегментом Управления (Control Segment). См. также <i>эфемериды (ephemeris)</i> , <i>точные эфемериды (precise ephemeris)</i> .
bulletin board service (BBS)	электронная доска объявлений: Электронная доска объявлений представляет собой компьютерную систему, доступ к которой из других компьютеров осуществляется через телефонную сеть. Пользователи могут видеть на своих компьютерах информацию, передаваемую по BBS, а также отправлять и получать информацию по BBS. Фирма Trimble использует BBS для распространения новых версий программного обеспечения, примечаний к новым версиям программного обеспечения, примечаний по его применению, а также другой информации. Таким образом, пользователей можно легко и быстро уведомить об изменениях и о новой информации.
C/A code	См. <i>Coarse/Acquisition code (Грубый/Обнаруживаемый код)</i> .

carrier	несущая: Радиоволна, которая может быть использована для передачи информации посредством модуляции известного опорного значения по крайней мере одной характеристики (такой как частота, амплитуда, фаза).
carrier beat phase	фаза биений несущей: Разность между сигналом несущей, сформированным внутренним генератором приемника, и сигналом несущей, поступающим со спутника.
carrier frequency	частота несущей: Частота немодулированного волнового сигнала несущей, выработанного радиопередатчиком. Частота несущей L1 системы GPS составляет 1575.42 МГц.
celestial equator	небесный экватор: Большая окружность, которая представляет собой проекцию вращения географического экватора Земли на небесную сферу. Его полюсами являются Северный и Южный Небесные Полюсы.
celestial meridian	небесный меридиан: Это окружность, проведенная в вертикальной плоскости через Северный и Южный полюсы мира, астрономический зенит и надир.
celestial pole	небесный полюс: Любая из двух точек, в которой ось вращения Земли пересекает небесную сферу.
central meridian	осевой (средний) меридиан: Меридиан, задающий центральную линию долготы на картографической проекции. Он является константой зоны (zone constant), которая используется в картографических проекциях.
CEP	КВО (Круговая Вероятная Ошибка): Статистическая мера точности определения плановых координат. Круг с радиусом, равным КВО, вмещает ровно 50% значений. Таким образом, половина значений оказываются внутри круга с радиусом КВО, а половина — за его пределами.
chi-square test	проверка на критерий согласия χ^2: Статистическая проверка среднеквадратической ошибки единицы веса. Обсуждается далее в комментариях, которые содержатся в <i>TRIMNET Plus Survey Network Software User's Guide (Руководстве пользователя программного обеспечения обработки сети TRIMNET Plus)</i> .
chip	чип: Время, необходимое для передачи нуля или единицы в двоичном импульсном коде.
chip rate	скорость передачи чипа: Число чипов, передаваемых в секунду в двоичном импульсном коде. Скорость передачи чипа C/A кода равна 1.023 МГц.
clock offset	поправка часов: Постоянная разность в показаниях двух часов. В GPS, как правило, берется разность в показаниях часов ИСЗ и приемника пользователя.
CMEAS	Сокращение термина <i>Continuous Measurement (Непрерывное Измерение)</i> . Данное понятие представляет собой количество эпох в непрерывном блоке данных, полученных в ходе сеанса наблюдения.

Coarse/Acquisition code	Грубый/Обнаруживаемый код: Псевдослучайный шумовой код (PRN), которым модулируется спутниковый GPS сигнал на частоте L1, с периодом повторения, равным 1 миллисекунде. Данный код обеспечивает хорошие характеристики захвата сигнала со спутника и позволяет приемнику провести вычисление расстояния до спутника. Употребляется, как правило, в сокращенном виде “C/A код.” См. также <i>P-код</i> .
code phase difference	фазовая разность кодов: Фазовая разность между принятым C/A или P-кодом и аналогичным кодом, вырабатываемым внутри приемника. Используется для определения дальности до спутника.
conditioning	обусловленность: Математическое выражение, описывающее избыточность в сети или на участке сети.
constellation	созвездие: (1) Определенный набор спутников, используемый при вычислении местоположений. (2) Все спутники, с которыми GPS приемник может работать в данный момент. Оптимальным созвездием для определения местоположения является созвездие с наименьшим значением PDOP.
continuous kinematic surveying	непрерывная кинематическая съемка: Тип кинематической съемки, при котором наблюдения осуществляются подвижным приемником в процессе перемещения. Метод непрерывной кинематической съемки применяется при аэросъемке, топографической съемке, а также в системах слежения за транспортом.
Control Segment	Сегмент Управления: Та часть GPS системы, которая осуществляет слежение за спутниками (Космическим Сегментом) и загружает в них информацию. В Сегмент Управления системы NAVSTAR входят станции слежения, станции загрузки и главная опорная станция. См. также <i>Space Segment (Космический Сегмент)</i> , <i>User Segment (Сегмент Пользователей)</i> .
control station	опорная станция: Стационарный пункт, координаты которого известны и занесены в каталог, либо определены в ходе съемки для использования в качестве опорных при последующих съемках.
conventional international origin (CIO)	международное условное начало (МУН): Среднее положение оси вращения Земли за период с 1900 по 1905 годы.
conventional surveying observations	традиционные геодезические наблюдения: Неформальный термин, которым называются наблюдения, выполненные при помощи традиционных приборов, таких как теодолиты, электронные дальнометры и мерные цепи. Основное отличие между традиционными и GPS наблюдениями заключается в том, что традиционные наблюдения выполняются относительно геоида, в то время как GPS наблюдения номинально не зависят от геоида и в настоящее время выполняются относительно эллипсоида WGS-84.
convergence angle	угол конвергенции См. <i>mapping angle (сближение меридианов)</i> .
coordinate system	система координат: Любая трехмерная исходная система отсчета, которую можно использовать для задания положения объектов в пространстве.

corrected antenna height	скорректированная высота антенны: Расстояние по вертикали от фазового центра антенны до земной поверхности.
correction	коррекция: См. <i>Pseudorange correction</i> (<i>Коррекция псевдодальности</i>).
correlation	корреляция: Термин, определяющий, в какой степени взаимосвязаны два или более наблюдений, либо полученные величины, имеющие, по крайней мере, один общий источник ошибок.
correlation coefficient	коэффициент корреляции: Альтернативное определение ковариации. Отношение ковариации двух величин к квадратному корню из произведения их дисперсий.
covariance	ковариация: Статистическая мера корреляции между ошибками двух наблюдений или полученных величин. Кроме того, данный термин относится к элементу, не лежащему на диагонали (т.е. не к дисперсии) в ковариационной матрице.
cycle	цикл: (1) Одна полная длина волны радиосигнала; 360° фазового сдвига. (2) Синоним для термина <i>epoch</i> (<i>эпоха</i>), протяженность каждого периода времени, в течение которого GPS приемник производит одну последовательность спутниковых измерений. Более предпочтительным в употреблении является термин <i>epoch</i> (<i>эпоха</i>).
cycle slip	срыв цикла: Потеря приемником синхронизации с сигналами со спутника. Срыв цикла вызывает необходимость повторного определения целых составляющих неопределенности в процессе обработки базисной линии.
datum	исходные геодезические даты (ИГД): Модель фигуры земли, состоящая из эллипсоида и точки начала отсчета. Специальным образом ориентированный референц эллипсоид. Система GPS базируется на исходных геодезических датах WGS-84.
datum defect	дефект системы координат: Неизвестное расхождение между двумя наборами координат, которое можно учесть только с помощью использования ИГД преобразований как составной части уравнивания сети.
de-correlate	декоррелировать: Устранить ковариационные зависимости между наблюдениями. Это может быть выполнено с помощью тщательно продуманных ортогональных преобразований, или посредством применения силовых методов, таких, как проведение раздельного уравнивания в плане и по высоте.
deflection of the vertical	уклонение отвеса Угол между нормалью к эллипсоиду и вертикалью, задаваемой отвесной линией. Поскольку данный угол имеет величину и направление, его обычно раскладывают на две составляющие: одну — в плоскости меридиана, а другую, перпендикулярную ей, — в плоскости первого вертикала.
degrees of freedom	количество степеней свободы: Мера избыточности измерений; во время GPS съемки это обычно относится к избыточности в сети.
delta pseudorange correction	поправка приращения псевдодальности: Разница между величиной поправки псевдодальности (<i>pseudorange</i>

correction - PRC), взятой из текущего выпуска эфемеридных данных (issue of the data ephemeris - IODE) и из предыдущего выпуска. Сокращенно dPRC. Величина dPRC позволяет подвижным приемникам, не получившим новые эфемериды, продолжать использование поправок при использовании дифференциального режима работы (DGPS).

delta range rate correction поправка приращения скорости изменения дальности:

Разница между поправкой скорости изменения дальности (range rate correction - RRC), взятой из текущего выпуска эфемеридных данных (issue of the data ephemeris - IODE) и из предыдущего выпуска. Сокращенно dRRC. Величина dRRC позволяет подвижным приемникам, не получившим новые эфемериды, продолжать использование поправок при использовании дифференциального режима работы (DGPS).

delta x, delta y, delta z приращения координат x,y,z: Разности координат между двумя точками, выраженные в геоцентрической Декартовой системе координат.

DGPS

См. *differential GPS (дифференциальный режим GPS)*.

difference processing

обработка с использованием разностей: Процесс устранения погрешностей, присутствующих в фазовых GPS измерениях, посредством вычисления разностей между этими измерениями.

Первая разность (single-difference) представляет собой разность фазовых измерений, полученных одновременно двумя приемниками в результате приема сигнала от одного и того же спутника. Данный метод позволяет исключить погрешности, присутствующие в обоих наблюдениях, например, погрешности часов спутника.

Вторая разность (double-difference) представляет собой разность между значением первой разности для рассматриваемого спутника и значением первой разности для выбранного опорного спутника. Исключает как погрешности часов спутника, так и погрешности часов приемника.

Третья разность представляет собой разность между значением второй разности на одну эпоху и аналогичным значением второй разности на предыдущую эпоху. Исключает неоднозначность целого числа фазовых циклов.

Процессоры базисных линий фирмы Trimble исключают ошибки, присутствующие в спутниковых измерениях, посредством формирования различных разностей.

differential (relative) positioning дифференциальное (относительное) позиционирование

См. *differential GPS (дифференциальный режим GPS)*.

differential GPS

дифференциальный режим GPS: Методика определения местоположения, при которой задействуются два приемника, один подвижный приемник, местонахождение которого неизвестно, и базовая станция, расположенная на стационарном пункте с известными координатами. Сокращенно DGPS. Базовая станция вычисляет поправки, в основе которых лежат разности между известными координатами пункта и координатами, вычисленными по результатам

dilution of precision

измерений на C/A коде сигнала GPS. Эти поправки применяются к координатам, полученным подвижным приемником; поправки могут применяться в реальном масштабе времени или во время постобработки.

фактор снижения точности (DOP): Величина, описывающая влияние неблагоприятной геометрии расположения спутников на погрешность определения координат пункта.

DOP определяется выражением

$$DOP = \sqrt{\text{TRACE}(A^T A)}$$

где A - матрица коэффициентов уравнений поправок (design matrix) для мгновенного определения местоположения (зависит от геометрии расположения спутников относительно приемника). Фактор DOP зависит от параметров координатного решения.

В GPS приложениях обычно используются следующие факторы DOP:

- GDOP Geometric - Геометрический фактор снижения точности (в решении присутствуют три координаты плюс смещение часов)
- PDOP Position - Фактор снижения точности пространственного местоопределения (три координаты)
- HDOP Horizontal - Фактор снижения точности местоопределений в плане (две плановые координаты)
- VDOP Vertical - Фактор снижения точности высотных определений (только высота)
- TDOP Time - Фактор снижения точности определения времени (только смещение часов)
- RDOP Relative - Фактор снижения точности относительных определений (приведенных к интервалу в 60 секунд)

См. также *PDOP*, *RDOP*.

Doppler aiding

доплеровская помощь: Использование доплеровских измерений на фазе несущей для сглаживания кодо-фазовых координатных измерений.

Doppler shift

доплеровский сдвиг: Изменение частоты полученного сигнала вследствие изменения расстояния между передатчиком и приемником.

double-difference

вторая разность: См. *difference processing* (обработка разностей).

dual-frequency

двухчастотный (приемник): Использование сигналов GPS спутников на обеих несущих частотах L1 и L2. Применяется при описании GPS приемников, антенн и процедур съемки. Двухчастотные измерения, главным образом, предназначены для учета задержки распространения сигнала в ионосфере.

dynamic positioning

динамическое позиционирование: Метод определения разнесенных по времени наборов координат движущегося приемника, где каждый такой набор координат определяется из единичного измерения и вычисляется обычно в реальном масштабе времени.

earth-centered earth-fixed Cartesian coordinates	геоцентрические декартовы координаты:
	Декартова система координат используется при определении координат по спутникам. Аббревиатура <i>ECEF</i> (английская) и <i>ГДСК</i> (русская). Началом отсчета этой системы является центр масс Земли. Ось X проходит через 0°С широты, 0°В долготы, с положительными значениями в данном направлении. Ось Y перпендикулярна оси X и положительные значения лежат в направлении 0°С широты, 90°В долготы. Ось Z совпадает со средней осью вращения Земли, и положительные значения на этой оси лежат в направлении к северу. Исходные геодезические даты WGS-84 отнесены к геоцентрической неподвижной Декартовой системе координат (ГДСК).
easting	ордината (y): Координата пункта в координатах сетки карты, значение положительное к востоку и отрицательное к западу от исходного меридиана.
ECEF	См. <i>earth-centered earth-fixed Cartesian coordinates (геоцентрические декартовы координаты)</i> .
ecliptic	эклиптика: Орбитальная плоскость системы Земля-Солнце. Северным направлением является направление углового момента системы.
Elevation	Высота, Возвышение: (1) Расстояние по вертикали относительно поверхности геоида. См. также <i>orthometric height (ортометрическая высота)</i> . (2) Вертикальный угол между плоскостью горизонта и местоположением спутника в момент наблюдений. Иногда называется <i>elevation angle (угол возвышения)</i> , чтобы отличить по смыслу от первого значения английского слова <i>elevation</i> .
elevation mask	маска возвышения: Минимальное значение угла возвышения (в градусах), при котором приемник будет сопровождать спутник. Как правило, задается равным 10° или более во избежание воздействий атмосферы и интерференции, вызываемой эффектом многолучевого распространения сигнала.
ellipsoid	эллипсоид: В геодезии - трехмерная математическая фигура, получаемая при вращении эллипса вокруг его малой оси. (Малая ось Земли - это полярная ось; большой полуосью Земли является радиус в плоскости экватора.) Размеры эллипсоида могут быть заданы посредством указания любых двух параметров из трех: его большой полуоси, малой полуоси и сжатия. См. также <i>flattening (сжатие)</i> и <i>reference ellipsoid (референц эллипсоид)</i> .
ellipsoid distance	расстояние на эллипсоиде: Протяженность проекции нормального сечения между двумя пунктами на поверхности эллипсоида. Не совпадает с геодезической линией.
ellipsoid height	высота над эллипсоидом: Расстояние, измеряемое вдоль нормали к эллипсоиду между пунктом и поверхностью эллипсоида. Это не то же самое, что высота над физическим началом счета высот (<i>vertical datum</i>), таким как средний уровень моря. Также используется термин <i>height above ellipsoid (высота над эллипсоидом)</i> , сокращенно <i>NAE (ВНЭ)</i> .

ephemeris	эфемериды: Набор данных, описывающих местоположение космического объекта в функции времени. Каждый GPS спутник периодически передает <i>бортовые эфемериды (broadcast ephemeris)</i> , содержащие информацию о предвычисленных на ближайшее будущее координатах спутника, которая загружается на спутники Сегментом Управления. Программы постобработки могут также использовать <i>точные эфемериды (precise ephemeris)</i> , в которых содержится описание точных координат спутника в прошлом.
epoch	эпоха: Интервал между измерениями, используемый GPS приемником; также называется <i>цикл (cycle)</i> .
error	ошибка (погрешность): Разность между измеренным значением какой-либо величины и ее “истинным” значением. Ошибки измерений при съемке подразделяются, как правило, на три категории: грубые просчеты (blunders), систематические погрешности (systematic errors) и случайные ошибки (random errors). Метод наименьших квадратов позволяет обнаружить и исключить грубые просчеты и систематические погрешности, а уравнивание по этому методу используется для учета и распределения случайных ошибок измерений.
error ellipse	эллипс ошибок: Теоретическое построение, получаемое из элементов ковариационной матрицы вычислений координат, описывающее область неопределенности для рассчитанных параметров.
event mark	метка события: Запись о свершении события, такого как закрытие створки фотограмметрической камеры. GPS приемник может сохранить метку события, содержащую информацию о времени этого события и алфавитно-цифровой комментарий, введенный с клавиатуры для описания данного события. Регистрацию события можно осуществить командой с клавиатуры или посредством ввода электрического сигнала на один из портов приемника.
external data logging	внешняя регистрация данных: Процесс регистрации непосредственно на диск компьютера данных наблюдений, полученных GPS приемником. Данные по мере их формирования передаются из приемника в компьютер через соответствующие последовательные порты.
false easting, northing	условные ордината, абсцисса: Произвольно выбранные координаты, присваиваемые точке начала счета картографической проекции с целью избежать появления отрицательных значений координат.
FastStatic surveying	быстростатическая съемка: Процедура геодезической съемки, разработанная фирмой Trimble, позволяющая получать точные результаты, удовлетворяющие требованиям опорных геодезических сетей. Быстростатическая съемка может быть не такой точной, как статическая съемка, но зато на ее проведение требуется значительно меньше времени.
FGCS	Federal Geodetic Control Subcommittee - Федеральный Подкомитет Геодезических Опорных Сетей (США).

fixed coordinates	опорные координаты: Координаты пункта, значения которых не подлежат уравниванию.
flattening	<p>сжатие: Математическое выражение отношения длин большой и малой полуосей эллипсоида. Оно задается уравнением</p> $f = \frac{(a - b)}{a}$ <p>где f - сжатие; a - длина большой полуоси; b - длина малой полуоси.</p>
flattening inverse	обратное сжатие: Как правило, легче понять и запомнить значение этой величины, чем величину сжатия. Сжатие в системе WGS составляет ≈ 298.25722 .
frequency band	полоса частот: Диапазон частот в конкретной области электромагнитного спектра.
frequency distribution	распределение частот: Размер и разброс набора наблюдений вокруг принятой величины. Показывается графически на гистограммах.
fullwave	полная длина волны: Термин, применяемый для различия между измерениями, выполненными кодовыми приемниками и “бескодовыми” приемниками, использующими технологию квадратурования сигнала. Приемник, отслеживающий Р-код на частоте L2, может осуществлять измерения, используя полную длину волны сигнала L2 (24 см). Фазовые данные, полученные по технологии квадратурования сигнала L2, имеют длину волны 12 см.
fundamental frequency	опорная частота: Наибольший общий делитель двух частот. Опорная частота сигналов GPS спутника равна $F = 10.23$ МГц. Частота L1 равна $154F = 1575.42$ МГц. Частота L2 равна $120F = 1227.60$ МГц.
GDOP	Geometric dilution of precision - Геометрический фактор снижения точности определения местоположения. Это соотношение между ошибками определения координат и поправки часов пользователя и ошибками измерения расстояния до спутника. Данный фактор задается уравнением $GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2$. См. также <i>DOP</i> и <i>PDOP</i> .
geocenter	геоцентр: Центр масс Земли.
geodesic	геодезическая линия: Линия между двумя пунктами, лежащими на поверхности эллипсоида, которая соответствует самому кратчайшему расстоянию между двумя пунктами вдоль поверхности эллипсоида. В отличие от нормального сечения, геодезическая линия имеет извилистую форму (т.е., азимут этой линии не является величиной постоянной). Тем не менее, за исключением очень длинных линий, расхождение между линией, образованной нормальным сечением, и геодезической линией незначительно.
geodetic	геодезический: Имеющий отношение к области геодезии. Термином <i>геодезический</i> описываются измерения, которые относятся к заданному

эллипсоиду и учитывают кривизну Земли при расчетах направления и расстояния.

geodetic datum

исходные геодезические даты: Математическая модель, созданная для наилучшего приближения к поверхности всего геоида или его части, задаваемая соотношением между эллипсоидом и пунктом на земной поверхности, являющимся точкой начала отсчета (origin) геодезических дат.

Всемирные геодезические даты обычно задаются размером и формой эллипсоида, а также расположением центра эллипсоида относительно центра Земли. Это соотношение может быть задано с помощью шести величин. Обычно (но не обязательно) это геодезические широта, долгота и высота точки начала отсчета, две компоненты уклонения отвеса в этой точке и геодезический азимут из точки начала отсчета на какой-либо другой пункт.

Были разработаны различные исходные геодезические даты, наилучшим образом подходящие для конкретных регионов. Например, в основе карт Европы лежат Европейские геодезические даты 1950 года (ED-50). Карты США построены на основе Северо-Американских дат 1927 или 1983 года (NAD-27, NAD-83). Все GPS координаты базируются на исходных геодезических данных WGS-84.

geographic coordinates

географические координаты: Координаты, используемые обычно для обозначения положения какого-либо пункта на поверхности Земли: широта, долгота и высота над эллипсоидом.

geoid

геоид: Поверхность, образованная точками с постоянным значением силы тяжести, наиболее близко совпадающая со средним уровнем моря на поверхности Земли. В отличие от эллипсоида, поверхность геоида имеет волнообразную форму, в зависимости от направления действия тех же самых гравитационных сил, что воздействуют на поведение пузырька уровня в теодолитах и нивелирах.

geoid height

высота геоида: Расстояние между геоидом и эллипсоидом в заданной точке. Это расстояние называется также *отстоянием геоида (geoid separation)* или *ондуляцией геоида (geoidal undulation)*.

GIS

ГИС (Географическая Информационная Система): Сокращение от *Geographic Information System*. Компьютеризованная система, используемая для ввода, организации, анализа и графического представления географических данных, хранящихся в цифровом виде.

GIS data acquisition

сбор данных для ГИС: Способ использования GPS, при котором приемник собирает информацию о координатах для базы данных географической информационной системы (ГИС). Методика сбора данных для ГИС аналогична методике координатных определений за исключением того, что приемник в дополнение к информации о местоположении регистрирует информацию об атрибутах пунктов, представляющих интерес (такую как опознавательные номера или названия улиц).

GMT

Greenwich Mean Time - Гринвичское Среднее Время (ГСВ).

GPS	Global Positioning System - Глобальная Система Позиционирования; Система навигации/позиционирования, состоящая из спутников NAVSTAR, наземных станций слежения и GPS приемников.
GPSIC	Global Positioning System Information Center - Информационный Центр Глобальной Системы Позиционирования, управление которым осуществляется Службой Береговой Охраны США в г.Александрия, штат Вирджиния. Информационный Центр распространяет по телефону и через электронную доску объявлений (BBS) сведения о постоянных изменениях в состоянии Глобальной Системы Позиционирования.
GPS ICD-200	GPS Interface Control Document - Документ Управления GPS Интерфейсом. Представляет собой документ правительства США, в котором содержится полное техническое описание интерфейса между GPS спутниками и сегментом пользователей. GPS приемники должны соответствовать этой спецификации.
GPS Time	системное время GPS: Эталонное время, используемое в системе GPS. Время GPS на момент создания системы GPS совпадало с временем UTC (Всемирное Координированное Время), но изменения в периоде вращения Земли привели к различию в значениях этих двух систем отсчета времени. На период июля 1994 GPS время отставало от UTC на 10 секунд.
great circle arc	дуга большого круга: Дуга, образованная на поверхности Земли в результате пересечения ее плоскостью, которая проходит через центр сферы и две точки, расположенные на поверхности Земли, и задающая кратчайшее расстояние между двумя точками на поверхности Земли.
Greenwich Mean Time (GMT)	Гринвичское Среднее Время (ГСВ): См. <i>universal time (всемирное время)</i> . Применительно к GPS Гринвичское Среднее Время (ГСВ) и Всемирное Координированное Время (UTC) часто используются как синонимы.
grid	координатная сетка: Двухмерная горизонтальная прямоугольная система координат, такая как картографическая проекция.
grid distance	расстояние в координатах сетки: Расстояние между двумя точками, выраженное в координатах картографической проекции.
grid transformation	преобразование координатной сетки: Преобразование, осуществляемое между географическими координатами и координатами картографической проекции.
ground distance	расстояние на местности: Расстояние, которое было бы измерено с помощью традиционных геодезических инструментов между двумя опорными пунктами на высоте, равной среднему значению высот пунктов.
GPS week	GPS неделя: Период времени, равный одной неделе, начинающийся и заканчивающийся в 00ч. 00мин. в воскресенье; время GPS.
GRS-80	Geodetic Reference System 1980 - Исходная Геодезическая Система 1980 года. Сжатый у полюсов эллипсоид или эллипсоид вращения, лежащий в

основе Северо-Американских исходных геодезических дат 1983 года (NAD-83). Этот эллипсоид имеет такие же большую и малую полуоси, что и WGS-84, который является исходным эллипсоидом для GPS, и слегка отличается только по величине сжатия (f).

- HI** **высота инструмента (ВИ):** Высота GPS антенны над интересующим пунктом. ВИ является синонимом “высоты антенны.” Изначально эта аббревиатура относилась к “высоте инструмента.” См. также *Corrected antenna height* (Скорректированная высота антенны) и *Uncorrected antenna height* (Нескорректированная высота антенны).
- HAЕ** См. *ellipsoid height* (высота над эллипсоидом).
- halfwave** **половина длины волны:** Измерения, выполненные с помощью квадратурования сигнала L2. Результатом процесса квадрирования является возможность использования только половины исходной длины волны сигнала L2.
- HDOP** Horizontal dilution of precision - Геометрический фактор снижения точности определения положения в плане. Мера величины погрешностей DOP по широте и долготе. См. также *DOP* и *PDOP*.
- histogram** **гистограмма:** Графическое представление объема и распределения статистических наблюдений. При уравнивании сети пакетом *TRIMNET Plus* полученные невязки отображаются в виде гистограмм.
- inclination** **наклон (наклонение):** Угол между орбитальной плоскостью тела и некоторой плоскостью отсчета, например, экваториальной плоскостью.
- independent** **независимые:** Термин, используемый для описания подсетей, наблюдений, а также опорных пунктов, не связанных какими-либо геометрическими соотношениями или общими источниками ошибок. Это понятие противоположно по смыслу понятию *коррелированные*.
- integer ambiguity** **неоднозначность целого числа фазовых циклов:** См. *ambiguity* (неоднозначность).
- integrated Doppler** **интегрированный Допплер:** Измерение доплеровского сдвига частоты или фазы за некоторый период времени.
- ionospheric delay** **ионосферная задержка:** При распространении радиоволны через ионосферу происходит изменение скорости ее распространения. Величина фазовой задержки зависит от содержания электронов (electron content) и оказывает влияние на значение фазы несущих частот сигналов. Групповая задержка также зависит от дисперсии в ионосфере и оказывает влияние на модуляцию сигналов (коды). Фазовая и групповая задержки имеют одинаковую величину, но противоположны по знаку.
- issue of data ephemeris** **выпуск эфемеридных данных:** Значение, идентифицирующее версию эфемерид. Сокращенно *IODE*.
- iteration** **итерация:** Один этап в повторяющемся (итеративном) процессе. В геодезической съемке - полный набор вычислений при уравнивании по методу наименьших квадратов, включая составление уравнений наблюдений, нормальных уравнений, уравнивание координат и

вычисление поправок (residuals). Итерации повторяются до тех пор, пока не будет достигнута стабильность, или, другими словами, до тех пор, пока значения поправок в уравненные координаты не приблизятся к нулю.

JPO

Joint Program Office for GPS - Объединенное Управление GPS Программами, расположенное в Космическом Подразделении Военно-Воздушных Сил США в г. Эль-Сегундо (El Segundo), штат Калифорния. В штат JPO входят Руководитель программ от ВС США и Заместители Руководителя программ, представляющие Сухопутные Войска, Военно-Морской Флот, Морскую Пехоту, Береговую Охрану, Военно-Картографическую Службу и НАТО.

Julian date

дата по Юлианскому календарю (Юлианский день): День года; число между 1 и 365 (в високосный год между 1 и 366), определяющее день, где 001 соответствует 1 января.

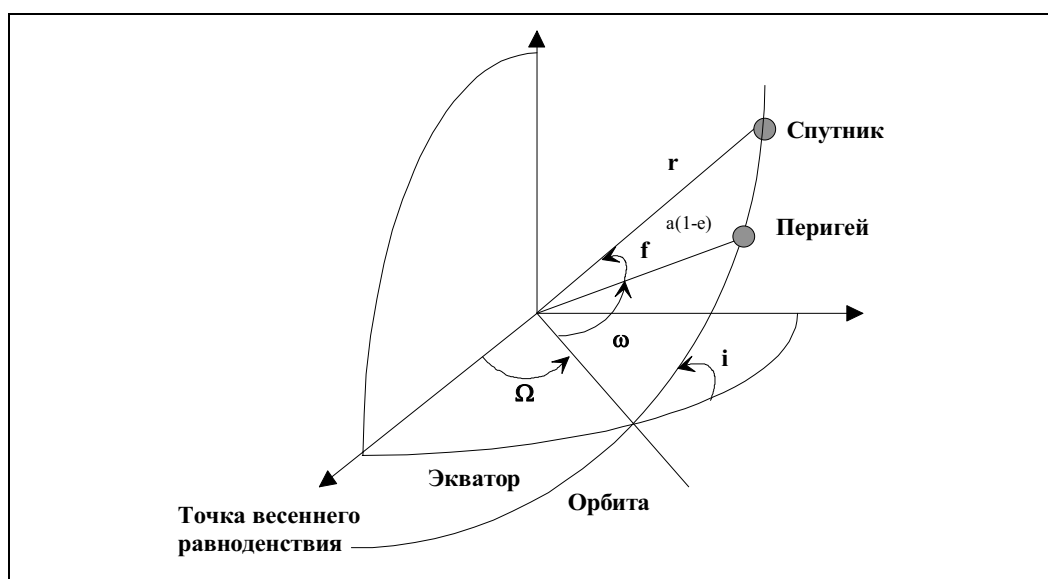
Kalman filter

фильтр Кальмана: Численный метод, используемый для отслеживания изменяющегося во времени сигнала при наличии шума. Если сигнал можно охарактеризовать некоторым числом параметров, медленно изменяющихся во времени, то фильтрация Кальмана может использоваться для определения оптимального способа обработки поступающих результатов измерений (raw measurements), чтобы наилучшим образом оценить эти параметры как функцию времени.

Keplerian orbital elements Кеплеровы элементы орбиты:

Набор параметров, описывающих орбиту астрономического тела (см. рисунок ниже). В число этих параметров входят:

- a Большая полуось
- i Наклон
- Ω Долгота восходящего узла
- e Эксцентриситет
- f Сжатие
- ω Аргумент перигея

**kinematic surveying**

кинематическая съемка: Тип GPS съемки с использованием фазовых измерений, для проведения которой требуются только короткие интервалы наблюдений, что делает этот тип эффективным средством для осуществления топографических съемок. Однако, данный метод чувствителен к высокому значению фактора PDOP, интерференции вследствие многолучевого распространения сигналов и к потерям сопровождения спутников. См. также *Continuous kinematic surveying* (Непрерывная кинематическая съемка) и *Stop-and-go kinematic surveying* (Кинематическая съемка в режиме Остановка-и-Движение).

L Band

L-диапазон: Диапазон радиочастот, лежащий в интервале от 390 МГц до 1550 МГц (номинальное значение диапазона).

L1

Основной сигнал L-диапазона, излучаемый GPS спутниками с целью передачи данных. Сигнал передается на частоте 1575.42 МГц и модулируется C/A кодом, P-кодом, а также навигационным сообщением (Navigation Message).

L2

Дополнительный сигнал L-диапазона, излучаемый GPS спутниками с целью передачи данных. Сигнал передается на частоте 1227.6 МГц и модулируется P-кодом и навигационным сообщением (Navigation Message).

lane

полоса: Область (или объем), заключенная между соседними линиями (или поверхностями) нулевой фазы несущей сигнала или разности двух несущих сигнала. На поверхности Земли линия нулевой фазы является геометрическим местом всех точек, для которых результат выполненного мгновенного фазового измерения должен иметь целое значение. В трехмерном пространстве, это геометрическое место точек становится поверхностью.

Laplace equation

уравнение Лапласа: Классический метод вычисления уклонений отвеса по результатам астрономических наблюдений.

latitude	широта: Северная/южная компонента местоположения пункта на поверхности Земли. Широта измеряется в угловых единицах к северу или к югу относительно экватора. По традиции, северное направление принимается за положительное, а южное - за отрицательное
latitude of origin	широта точки начала отсчета: Константа зоны (zone constant) картографической проекции, на которой базируется отсчет координат в северном направлении.
level of significance	уровень значимости: Выражение вероятности; как правило, вероятности того, что утверждение является верным на основе статистических доказательств. Принято считать, что (стандартная) ошибка 1 сигма имеет уровень значимости, равный 68%. В случае одномерных ошибок, 95%-ный уровень значимости соответствует 1.96 сигма, а 99%-ный уровень значимости - 2.576 сигма.
LGH	Сокращение для <i>local geodetic horizon</i> - <i>местный геодезический горизонт (МГГ)</i> .
local geodetic horizon	местный геодезический горизонт: Для любой точки, это плоскость на высоте данной точки над эллипсоидом, которая параллельна касательной плоскости к эллипсоиду в этой же точке. В системе местного геодезического горизонта (в топоцентрической горизонтной системе координат) координаты имеют <i>Северную (North)</i> , <i>Восточную (East)</i> и <i>Вертикальную (Up)</i> компоненты. Система МГГ используется для углового разворота разностей геоцентрических Декартовых координат, выполняемого до моделирования вектора на эллипсоиде. Значения азимутов, вычисляемых по компонентам МГГ, в процессе моделирования векторов на поверхности эллипсоида должны быть скорректированы на угол сближения нормалей.
lock	синхронизация: Состояние, при котором GPS приемник принимает и распознает сигналы со спутника. В случае, если сигналы прерываются, то имеет место <i>потеря синхронизации (loss of lock)</i> , что является распространенной причиной сбоя в процессе выполнения кинематической съемки или съемки в реальном масштабе времени.
longitude	долгота: Восточная/западная компонента местоположения на поверхности Земли. Долгота измеряется в угловых единицах между плоскостью, проходящей через ось вращения Земли и нулевой меридиан, и плоскостью, проходящей через ось вращения Земли и интересующий пункт.
major axis	большая ось: Более длинная из двух осей эллипса. Эллипсоид формируется путем вращения эллипса вокруг его малой оси, в результате чего его большая ось образует окружность. Одним из определяющих параметров, часто используемых при задании эллипсоида, является большая полуось или $\frac{\text{major axis}}{2}$, которая обозначается как "a."
map projection	картографическая проекция: Точное математическое выражение, используемое для преобразования искривленной поверхности эллипсоида на прямоугольную координатную сетку.

mapping angle	сближение меридианов: Угол между северным направлением координатной сетки картографической проекции и меридианом, проходящим через заданную точку.
mask	маска: См. <i>Elevation mask</i> (Маска возвышения) и <i>PDOP mask</i> (маска PDOP).
mean sea level	средний уровень моря: Модель земной поверхности, отражающая уровень моря, осредненный за некий период времени на заданных пунктах, или высота поверхности этой модели в точке с определенной широтой и долготой. Сокращенно <i>MSL</i> (англ.) или <i>СУМ</i> (русск.).
MHz	МГц: МегаГерц. Стандартное сокращение для <i>megahertz</i> .
microstrip antenna	микрорешетчатая антенна: Двухмерный, плоский, точно вырезанный кусок металлической фольги, наклеенный на подложку. Многие GPS антенны фирмы Trimble используют микрорешетчатые антенны в качестве активного элемента.
minor axis	малая ось: Более короткая из двух осей эллипса. Одним из определяющих параметров, часто используемых при задании эллипсоида, является малая полуось или $\frac{\text{minor axis}}{2}$, которая обозначается как “b.”
modeling	моделирование: Математическое и геометрическое представление наблюдения и связанных с ним ошибок измерений в некоторой заданной системе координат, такой как эллипсоид.
monitor station	станция слежения: Одна из расположенных по всему миру станций, которые ведут наблюдение за часами спутников и параметрами их орбит; часть сегмента управления GPS. Данные, собранные станцией слежения, поступают на главную станцию, где происходит вычисление параметров коррекции и контроль за ними. Эти данные передаются со станции загрузки на каждый спутник не реже одного раза в день.
MSL	См. <i>mean sea level</i> (средний уровень моря).
multibaseline solution	решение по нескольким базисным линиям: Одновременное вычисление двух или более GPS векторов на основе данных наблюдений, полученных в ходе одной и той же сессии. Работающая в среде DOS компьютерная программа TRIMMBP может осуществлять решения по нескольким базисным линиям одновременно.
multichannel receiver	многоканальный приемник: GPS приемник, имеющий несколько независимых каналов. Такой приемник обеспечивает самое высокое отношение сигнал-шум (SNR), так как каждый канал непрерывно отслеживает один спутник.
multipath error	ошибка многолучевого распространения: Ошибка в полученных GPS приемником координатах пункта, вызванная интерференцией, возникающей в результате многолучевого распространения сигнала.
multipath interference	интерференция из-за многолучевого распространения: Интерференция, возникающая при одновременном обнаружении приемником сигналов, полученных непосредственно с передатчика

спутника, и сигналов, отраженных от других объектов, например, от грунта. Интерференция из-за многолучевого распространения является типичной причиной появления “вторичного изображения” на телевизионном экране.

multiplexing channel

мультиплексный канал: Канал приемника, который переключается между несколькими спутниковыми сигналами (поступающими от определенного спутника и имеющими определенную частоту) с частотой, которая синхронизирована с битовой скоростью передачи спутникового сообщения (50 бит в секунду). Таким образом, прохождение одной полной последовательности спутникового сообщения завершается через промежуток времени, кратный 20 миллисекундам.

NAD-83

Сокращенно от “Северо-Американская система исходных геодезических дат 1983 года” (North American Datum, 1983). Система координат, часто используемая в качестве исходной для представления точных плановых координат в Северной Америке и близлежащих областях. Параметры референц эллипсоида NAD-83, известного как GRS-80, почти такие же (но не в точности), как и параметры WGS-84.

NAD-27

Северо-Американская система исходных геодезических дат 1927 года (North American Datum of 1927). Плановые исходные геодезические даты, использующие эллипсоид Кларка 1866 года. Параметры эллипсоида Кларка 1866 года сильно отличаются от параметров эллипсоида WGS-84.

narrowlane

узкополосное [измерение]: Линейная комбинация фазовых наблюдений на несущих L1 и L2 (L1+L2), которая используется для исключения эффектов влияния ионосферы из результатов наблюдений базисной линии. Эффективная длина волны данной комбинации составляет 10.7 см.

NAVDATA

Навигационное Сообщение, передаваемое каждым GPS спутником на обеих частотах L1 и L2. Это сообщение содержит информацию о системном времени, параметрах коррекции часов, параметрах модели ионосферной задержки, а также об эфемеридах спутника и его работоспособности (health). Эта информация может использоваться GPS приемником для обработки GPS сигналов, а, следовательно, для определения местоположения пользователя и скорости его движения.

NAVSTAR

Название, присвоенное GPS спутникам. NAVSTAR - это сокращение, составленное из первых слогов и букв следующего выражения: NAVigation Satellite Timing And Ranging (Система определения дальности и времени с помощью навигационных спутников). Спутники системы NAVSTAR оснащены очень точными атомными часами и передают когерентные синхронизованные сигналы.

network adjustment

уравнивание сети: Процесс, посредством которого устраняются незамыкания в съемочной сети. При уравнивании сети предпочтение отдается методу наименьших квадратов. При использовании этого метода решение достигается за счет использования системы линейных уравнений с целью достижения замыкания геодезической сети за счет

- минимизации суммы взвешенных квадратов поправок (residuals) к наблюдениям.
- Программа TRIMNET Plus фирмы Trimble выполняет уравнивание сети с использованием метода, который называется *метод косвенных наблюдений (method of indirect observations)*.
- NGS** National Geodetic Survey - Национальная Геодезическая Служба США. Управление по геодезической съемке при правительстве США.
- NMEA-0183** Стандарт, установленный Национальной Ассоциацией Морской Электроники (National Marine Electronics Association - NMEA), который определяет электрические характеристики сигналов и протокол передачи данных морских навигационных приборов. Многие GPS приемники фирмы Trimble могут выдавать сообщения стандарта NMEA-0183.
- normal distribution curve** **кривая нормального распределения:** Графическая иллюстрация теоретического распределения случайных значений в окрестностях ожидаемого значения величины в соответствии с теорией вероятности. Используется вместе с гистограммами.
- normal section** **нормальное сечение:** Линия, получаемая при пересечении плоскости с поверхностью эллипсоида. Плоскость задается в любой точке ($p1$) на поверхности эллипсоида с помощью линии, перпендикулярной касательной плоскости к эллипсоиду в этой точке, и любой другой точкой ($p2$) на поверхности эллипсоида; перпендикулярная линия называется также нормалью. Нормальное сечение проходит через две точки, лежащие на поверхности эллипсоида. Полное нормальное сечение имеет форму эллипса.
- normal section azimuth** **азимут нормального сечения:** Угол между плоскостью, образованной меридианом в точке $p1$ (см. выше *нормальное сечение*) и плоскостью, которая формирует нормальное сечение. Данный угол измеряется в касательной плоскости.
- northing** **абсцисса (x):** Координата пункта в системе координат сетки карты к северу (положительное значение) или к югу (отрицательное значение) от исходной параллели.
- observation** **наблюдение:** Набор измерений, выполненных на пункте или в процессе выполнения кинематической съемки при перемещении между пунктами. GPS приемники выполняют наблюдения путем отслеживания и анализа сигналов со спутников.
- observing session** **сессия наблюдений:** Период времени, в течение которого сбор данных осуществляется одновременно двумя или более GPS приемниками.
- occupation** **сеанс наблюдений:** Период времени в статической съемке, в течение которого приемник находится на пункте и выполняет наблюдения.
- orthometric height** **ортометрическая высота:** Перпендикуляр, расстояние по вертикали между пунктом и поверхностью геоида.
- outlier** **выброс:** Наблюдение, которое в результате статистического анализа характеризуется слишком большой невязкой по сравнению с его

	расчетной ошибкой. Происхождение термина объясняется графическим расположением наблюдения на гистограмме.
overdetermined	переопределенная (сеть): Термин описывает сеть, для которой было произведено больше наблюдений, чем требуется для вычисления координат пунктов сети. См. также <i>redundancy</i> (<i>избыточность</i>).
overdetermined solution	переопределенное решение: Решение (координатное решение), рассчитанное на основе данных, полученных от большего количества спутников, чем требуется по минимуму для данного типа решения. GPS приемник может использовать дополнительную информацию, чтобы более точно рассчитать местоположение, чем это можно было бы сделать в другом случае.
P-code	<p>P-код: <i>Точный код (Precise code)</i> или <i>защищенный код (protected code)</i>, передаваемый спутниками системы NAVSTAR и используемый GPS приемниками для вычисления задержки распространения сигнала со спутника a, следовательно, псевдодальности до него.</p> <p>P-код представляет собой очень длинную (около 10^{14} бит) последовательность псевдослучайных двухпозиционных фазовых модуляций GPS несущей. При скорости передачи элементов сигнала, равной 10.23 МГц, эта последовательность повторяется примерно через 38 недель. Каждым спутником используется уникальный для этого спутника недельный сегмент данного кода.</p> <p>См. также <i>Coarse/Acquisition code</i> (<i>Грубый/Обнаруживаемый код</i>), <i>Anti-Spoofing</i> (<i>Помехозащищенность</i>) и <i>Y-код</i>.</p>
parity error	ошибка четности (ошибка контрольной суммы): Ошибка, выявляемая при помощи цифрового прибора, когда в ходе передачи или обработки происходит искажение данных. Многие приборы добавляют резервный <i>бит четности (parity bit)</i> к каждому байту или слову данных, открывая тем самым возможность для выявления большинства случаев искажения данных путем повторного вычисления значения бита четности и сравнения его с полученным или сохраненным значением.
PDOP	<p>Position Dilution of Precision - Фактор снижения точности определения пространственного местоположения. Безразмерный показатель качества, выражающий соотношение между ошибкой положения пользователя и ошибкой положения спутников. С геометрической точки зрения значение PDOP обратно пропорционально объему пирамиды, образованной прямыми, идущими от приемника к четырем наблюдаемым спутникам. Значения, которые считаются "хорошими" для позиционирования, невелики и равны, скажем, 3. Значения, превышающие 7, считаются плохими. Таким образом, небольшие значения PDOP соответствуют широко разнесенным спутникам, т.е. спутникам, расположенным на значительном расстоянии друг от друга. Значение PDOP связано со значениями HDOP и VDOP следующим соотношением</p> $PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2.$
PDOP mask	маска PDOP: Параметр приемника, задающий максимальное значение PDOP для осуществления местоопределений. Когда геометрия

- расположения спутников приводит к значению PDOP более указанной величины, приемник прекращает вычисление координат.
- phase lock** **синхронизация по фазе:** Метод, согласно которому фаза сигнала генератора должна точно соответствовать фазе опорного сигнала, для чего фазы двух сигналов сначала сравниваются, а затем полученный в результате сравнения сигнал фазовой разности используется для настройки частоты опорного генератора с целью устранения расхождения фаз. См. *cycle slip* (*срыв цикла*).
- phase observable** См. *reconstructed carrier phase* (*восстановленная фаза несущей*).
- point positioning** См. *autonomous positioning* (*автономное позиционирование*).
- positioning mode** **режим позиционирования:** Режим, определяющий тип автономных местоопределений, осуществляемых GPS приемником. Имеются следующие режимы позиционирования: *автоматический планово-высотный/плановый (auto 3D/2D)*, *планово-высотный (3D)*, *плановый (2D)* и *высотный (1D)*. Режим позиционирования и количество доступных спутников определяют тип местоположения, определяемого приемником. Режим позиционирования приемника не определяет, сохранять ли приемнику полученные местоположения.
- postprocess** **постобработка:** Предназначена для обработки на компьютере спутниковых данных после завершения их сбора в поле. Программы постобработки вычисляют базисные линии, координаты и другие результаты. Фирма Trimble предлагает несколько программ для постобработки данных, собранных с применением различных процедур в разнообразных GPS приложениях. GPSurvey является программой постобработки для геодезического использования.
- precise ephemeris** **точные эфемериды:** Набор данных, описывающих точное положение GPS спутника на некотором интервале времени в прошлом. Точные эфемериды на конкретный период времени могут быть получены из нескольких независимых источников, включая GPSIC. См. также *broadcast ephemeris* (*бортовые эфемериды*), *ephemeris* (*эфемериды*).
- precise positioning service** **режим точного позиционирования:** Наивысший уровень точности динамического позиционирования для военных потребителей, который обеспечивается с помощью системы GPS. Этот режим базируется на использовании двухчастотного P-кода и обладает высокими характеристиками помехозащищенности (*anti-jam and anti-spoof*). Данный режим подвержен шифрованию, в такие моменты он доступен для использования только военными ведомствами США и другими зарегистрированными пользователями. Сокращенно *PPS*. См. также *standard positioning service* (*режим стандартного позиционирования*).
- prime vertical** **первый вертикал:** Окружность, расположенная в вертикальной плоскости, перпендикулярная небесному меридиану.
- PRN** (1) Pseudorandom noise - Псевдо-случайный шум. Последовательность, состоящая из единиц и нулей, которая имеет случайное распределение как шум, но которая может быть точно воспроизведена. Важным свойством PRN последовательностей является то, что они имеют низкое

значение автокорреляции для всех видов задержек или запаздываний, за исключением тех случаев, когда они точно совпадают. Каждый GPS спутник передает собственную PRN последовательность на обоих кодах C/A и P. GPS приемники используют PRN последовательности для распознавания и синхронизации со спутниками, а также для вычисления псевдодальности до них.

(2) Pseudo-random number - Псевдо-случайный номер.

projection

проекция: Преобразование набора координат с искривленной поверхности на плоскость; либо набор математических правил для осуществления таких преобразований. Проекции используются для создания плоских карт, отображающих всю земную поверхность или ее часть.

propagated errors

распределенные ошибки: Вычисленные ошибки, полученные на основании оцененных ошибок наблюдений. Распределенные ошибки координат могут, в свою очередь, распределяться на относительные ошибки в азимуте, расстоянии и разности высот между пунктами.

propagation delay

задержка распространения: Дополнительное время, требуемое спутниковому сигналу для того, чтобы достичь приемника, являющееся следствием распространения сигнала через атмосферу. Так как расстояние до спутника определяется на основании времени прохождения сигналом этого расстояния, то в результате этой небольшой задержки может возникнуть значительная ошибка расчетной величины расстояния. Задержка распространения сигналов наиболее значительна при малых углах возвышения спутников и в высоких широтах. См. также *pseudorange* (псевдодальность).

pseudorange

псевдодальность: Расстояние от спутника до фазового центра антенны GPS приемника, вычисляемое как произведение действительного времени распространения сигнала на скорость света. Время распространения сигнала определяется на основании временного сдвига, необходимого для выравнивания (корреляции) копии GPS кода, сформированной приемником, с принятым GPS кодом. Разность между псевдодальностью и фактической дальностью вызвана наличием смещения между показаниями часов спутника и приемника, задержек распространения и других ошибок.

pseudorange correction

коррекция псевдодальности: В сообщении формата RTCM-104 - раздел информации, описывающий ошибку в псевдодальности, вычисленную по результатам приема спутникового сигнала на базовой станции с известными координатами. Неформально называется *коррекцией* (*correction*). При реализации дифференциального режима GPS (DGPS) коррекции могут вводиться в спутниковые данные, собранные подвижным приемником, с целью вычисления значительно более точных местоположений этого приемника. Коррекции могут передаваться по радио для использования в реальном масштабе времени, либо сохранены в памяти приемника для последующего использования. Сокращенно *PRC*.

- range** **дальность:** Фактическое расстояние от спутника до приемника. См. также *pseudorange* (*псевдодальность*).
- range rate** **скорость изменения дальности:** Скорость изменения расстояния между спутником и GPS приемником. Она определяется на основании измерения Допплеровского сдвига частоты несущего сигнала спутника.
- RDOP** Relative Dilution of Precision - Геометрический фактор снижения точности относительных определений. Определяется как:
- $$RDOP = \sqrt{\sigma_{dx}^2 + \sigma_{dy}^2 + \sigma_{dz}^2}$$
- Измеряется обычно в метры/цикл. Перемножая RDOP и величину неопределенности измерения второй фазовой разности получают сферическую ошибку относительного положения. Фактор RDOP используется в качестве индикатора достаточности наблюдений, выполненных приемником при измерениях в реальном масштабе времени в статическом режиме.
- Real-Time Kinematic** **кинематическая съемка в реальном масштабе времени:** Сокращенно *RTK*. См. *Real-Time Surveying* (*съемка в реальном масштабе времени*).
- Real-Time Surveying** **съемка в реальном масштабе времени:** Процедура съемки, позволяющая получать точные координаты в реальном масштабе времени. Сокращенно *RTS*. Это тип кинематической съемки, при котором используется линия радиосвязи с одним или несколькими подвижными приемниками с целью обеспечения возможности вычисления этими приемниками базисных линий съемки в реальном масштабе времени. Портативный накопитель данных, обеспечивающий возможность ручного ввода пользователем необходимой информации, производит математические преобразования из системы WGS-84 в местную систему координат. Подобно кинематической съемке, данный метод чувствителен к высоким значениям фактора PDOP и потере синхронизации со спутником.
- receiver** **приемник:** Применительно к GPS под словом *приемник* обычно понимается GPS приемник. Указания на другие типы приемников используются в случае возможного непонимания, например, “радиоприемник.”
- reconstructed carrier phase** **восстановленная фаза несущей:** Разность между фазой входного несущего GPS сигнала, имеющего доплеровский сдвиг, и фазой сигнала с номинально постоянной опорной частотой, формируемого приемником. В случае статического позиционирования, восстановленная фаза несущей измеряется в моменты времени (эпохи), определяемые часами приемника.
- Восстановленная фаза несущей изменяется в соответствие с непрерывно накапливаемым доплеровским сдвигом входного сигнала, смещенным на интегральную величину различия по частоте между опорными генераторами спутника и приемника. Можно установить связь между восстановленной фазой несущей и расстоянием между спутником и приемником, если определена начальная дальность (или фазовая

	<p>многозначность). Результатом изменения расстояния между спутником и приемником на одну длину волны GPS несущего сигнала (19 см для L1) будет изменение на один цикл восстановленной фазы несущей.</p>
redundancy	избыточность: Величина “переопределения” вычисленного значения, т.е. число наблюдений, превышающее минимум, необходимый для вычисления данного параметра. В статистике избыточность обычно выражается в степенях свободы (degrees of freedom).
redundant observation	избыточное наблюдение: Наблюдение, которое было произведено, по крайней мере, в двух различных случаях, или наблюдение, которое вносит вклад в "переопределение" конкретной переменной.
reference ellipsoid	референц эллипсоид: Эллипсоид, на котором базируются конкретные исходные геодезические даты (datum). Для системы GPS референц-эллипсоидом является эллипсоид WGS-84, большая полуось которого - экваториальный радиус Земли, а малая полуось - средняя ось вращения Земли (полярная ось).
reference factor	опорный коэффициент: См. <i>standard error of unit weight</i> (стандартная ошибка единицы веса).
reference position	исходные координаты: Известные координаты пункта, на котором установлена GPS антенна приемника. Исходные координаты могут введены вручную или получены на основании координат, вычисленных приемником.
reference variance	относительная дисперсия: Квадрат опорного коэффициента.
relative positioning	относительное позиционирование: Процесс определения разности в координатах двух пунктов с более высокой точностью, чем точность, с которой могут быть определены координаты отдельного пункта. Антенны GPS приемников устанавливаются над каждым пунктом и используются для одновременного наблюдения одного и того же созвездия спутников. Данный метод позволяет в процессе вычисления координат устранить все ошибки, общие для обоих наблюдателей, такие как ошибки часов спутника и задержки распространения. Разностные комбинации фазы несущей в этом методе <i>не используются</i> , однако к координатам, полученным для второго пункта, применяются дифференциальные коррекции, вычисленные на первом пункте (базе).
residual	поправка (невязка): Коррекция или поправка из уравнивания в наблюдение с целью получения решения по методу наименьших квадратов. Кроме того, это любая разность между измеренным значением величины и ее расчетным значением.
RINEX	Receiver INdependent EXchange format. Стандартный формат обмена GPS данными между GPS приемниками или программными пакетами различных фирм-производителей. Формат содержит определения для трех фундаментальных GPS наблюдений: времени, фазы и дальности. Полное описание RINEX формата приведено в [Commission VIII International Coordination of Space Techniques for Geodesy and Geodynamics "GPS BULLETIN", May-June, 1989].

rotated meridian	повернутый меридиан: Постоянная зоны (zone constant) косой картографической проекции Меркатора.
rotation	разворот: В случае выполнения преобразований координат - это угол, на который поворачивается координатная ось относительно точки начала отсчета системы координат.
rover	подвижный приемник: Приемник, осуществляющий сбор спутниковых данных на пунктах съемочной сети, координаты которого подлежат определению. Термин <i>подвижный приемник</i> обычно относится ко всему комплексу оборудования - антенне, раздвижной штанге или другому креплению антенны, кабелям, другому оборудованию и непосредственно приемнику. В некоторых процедурах также используются термины <i>survey receiver (приемник съемки)</i> или <i>differential station (дифференциальная станция)</i> .
RTCM	The Radio Technical Commission for Maritime Services - Морская Радиотехническая Комиссия, организация, ответственная за разработку обновление формата RTCM SC-104.
RTCM SC-104	Стандартный формат представления дифференциальных GPS коррекций; используется для передачи коррекций с базовой станции на подвижный приемник. Неформально называется <i>RTCM-104</i> .
RTK	Аббревиатура термина Real-Time Kinematic (кинематическая съемка в реальном масштабе времени). См. <i>Real-Time Surveying (съемка в реальном масштабе времени)</i> .
RTS	См. <i>Real-Time Surveying (съемка в реальном масштабе времени)</i> .
SA	См. <i>Selective Availability (режим ограниченного доступа)</i> .
satellite data	спутниковые данные: Данные, передаваемые GPS спутником. Этот термин также используется для обозначения данных, собранных в файл GPS приемником; сюда относятся данные, вычисленные или выработанные приемником наряду с данными, полученными со спутников.
satellite datum	спутниковая исходная система координат: WGS-84 (текущая) и WGS-72 (абсолютная). Это базис для эфемерид, основанный на значениях координат наземных GPS станций слежения.
satellite geometry	спутниковая геометрия: Взаимное расположение доступных GPS спутников относительно GPS приемника на конкретный момент времени. Набор координат спутников, приводящих к высокому (или низкому) значению фактора PDOP, часто называется "слабой (или хорошей) спутниковой геометрией."
SATNAV	Термин, относящийся к использованию спутниковой навигационной системы TRANSIT. Одним из основных отличий системы TRANSIT от системы GPS является то, что спутники TRANSIT расположены на низких полярных орбитах с периодом обращения, равным 90 минутам.
scale factor	масштабный коэффициент: В картографических проекциях - множитель, используемый для преобразования расстояний на

эллипсоиде в расстояния на карте (в координатах сетки проекции) и наоборот.

Selective Availability	Режим ограниченного доступа: Программа Министерства Обороны США, направленная на ограничение точности автономного позиционирования, выполняемого непривелигированными (гражданскими) пользователями. Режим ограниченного доступа заключается во внесении контролируемых значений погрешностей в C/A код сигналов GPS спутников. В моменты действия Режима ограниченного доступа ошибка определения плановых координат отдельного пункта может составить 100 м СКО в плане. Режим ограниченного доступа сокращенно называется <i>SA</i> ; не надо путать с режимом помехозащищенности (<i>Anti-Spoofing - AS</i>). См. также <i>Anti-Spoofing (Помехозащищенность)</i> .
semimajor axis	большая полуось: половина большой оси эллипса.
SEP	Spherical Error Probable - Вероятная сферическая ошибка (BCO), статистическая мера сходимости (точности), определяемая как 50-процентное значение статистической ошибки планово-высотного местоположения. Таким образом, половина результатов попадает в пространственный диапазон, заданный значением SEP.
session	сессия: Период времени, в течение которого несколько GPS приемников производят сбор спутниковых данных.
sidereal day	звездный день: Промежуток времени между двумя последовательными верхними прохождениями точки весеннего равноденствия через местный меридиан.
sigma	сигма: Математический символ, применяемый для обозначения стандартной ошибки: σ .
simultaneous measurements	одновременные измерения: Измерения, относящиеся к эпохам (моментам времени), которые либо полностью совпадают, либо так близко расположены во времени, что рассогласование может быть учтено скорее путем включения поправочного члена в уравнения наблюдений (параметрические уравнения), чем путем проведения оценки неизвестного параметра.
single-baseline solution	решение одиночной базисной линии: Вычисление одного GPS вектора и соответствующих ошибок.
single-frequency	одночастотные (приемники, измерения): Использование фазовых сигналов GPS спутников только на несущей частоте L1. Данный термин используется для описания приемников, антенн, процедур съемки и т.д. См. также <i>Dual-frequency (двухчастотные)</i> .
slope distance	наклонное расстояние: Трехмерное векторное расстояние от одного пункта до другого. Кратчайшее расстояние (хорда) между двумя пунктами.
SNR	Signal-to-noise ratio - Отношение сигнал-шум. Также называемое <i>уровнем сигнала (signal level)</i> . Произвольная единица измерения,

- используемая для определения интенсивности спутникового сигнала (signal strength).
- solar day** **солнечный день:** Промежуток времени между двумя последовательными верхними прохождениями Солнца через местный меридиан.
- Space Segment** **Космический Сегмент:** Составная часть системы NAVSTAR GPS, работающая в космосе, т.е. спутники. См. также *Control Segment (Сегмент Управления)*, *User Segment (Сегмент Пользователей)*.
- spheroid** См. *ellipsoid (эллипсоид)*.
- spread spectrum** **расширенный спектр:** Тип передачи радиосигналов, при котором происходит распределение энергии сигнала в пределах полосы частотного спектра, которая значительно шире минимальной полосы, необходимой для передачи информации, при этом данный частотный диапазон может делиться с другими радиосигналами. GPS спутники для получения расширенного спектра используют модуляцию сигнала L-диапазона псевдо-случайным шумовым кодом (PRN-кодом). Это дает возможность GPS приемникам принимать сигналы от всех спутников и однозначно идентифицировать их, а также обеспечить устойчивость к воздействию шумов и эффекта многолучевого распространения.
- squaring-type channel** **канал квадратичного типа:** Канал GPS приемника, в котором происходит умножение принятого сигнала на самого себя с целью получения второй гармоники несущей, которая не содержит кодовой модуляции. Используется в так называемых бескодовых приемниках (codeless receivers).
- standard error** **стандартная ошибка:** Статистическая оценка ошибки, согласно которой 68% бесконечного числа наблюдений теоретически будут иметь абсолютные ошибки, меньшие или равные этой величине.
- standard error of unit weight** **стандартная ошибка единицы веса:** Мера величины поправок к наблюдениям в уравненной сети по сравнению с оцененными до уравнивания (a priori) ошибками наблюдений.
- standard parallels** См. *zone constants (константы зоны)*.
- standard positioning service** **режим стандартного позиционирования:** Уровень точности местоопределений, который обеспечивается системой GPS для гражданских потребителей при использовании одночастотного C/A кода. Точность режима стандартного позиционирования лимитируется Режимом ограниченного доступа (Selective Availability). Данный термин имеет сокращение *SPS*. См. также *precise positioning service (режим точного позиционирования)*.
- State Plane Coordinates** **Государственные плановые координаты:** Специальным образом заданные параметры поперечной проекции Меркатора и конформной проекции Ламберта, принятые в законодательном порядке для использования на территории США. Имеется один набор зон этих проекций для системы NAD-27, и другой для NAD-83.

static positioning	статическое позиционирование: Термин относится к методу определения местоположений, во время которого приемник остается неподвижным или почти неподвижным.
static surveying	статическая съемка: Процедура съемки, в результате которой достигается высокая точность определения базисных линий между станциями, однако при этом требуются продолжительные периоды измерений, обычно около часа на каждом пункте. Статическая съемка, благодаря высокой точности, особенно хорошо подходит для развития опорных геодезических сетей.
station	станция: (1) Приемник, используемый для выполнения процедур GPS съемки, в комплексе с антенной, штативом или вешкой и т. д. Обычно используется в сочетаниях типа <i>базовая станция (base station)</i> . (2) Пункт, на котором установлен приемник. (3) Место, координаты которого должны быть сохранены в памяти приемника и использованы для указания местонахождения приемника в процессе выполнения статической съемки или съемки в реальном масштабе времени.
stochastic model	стохастическая модель: Статистическое описание и модель ошибок конкретной случайной переменной. Данная модель может предоставить информацию об относительной точности наблюдений посредством дисперсионно-ковариационной матрицы.
stop-and-go kinematic surveying	кинематическая съемка в режиме “остановка-и-движение”: Разнообразные методики проведения кинематической съемки, при которых подвижный приемник производит на каждом пункте съемки кратковременные наблюдения, которые обычно имеют продолжительность от нескольких секунд до, приблизительно, двух минут.
SV	Space vehicle - Космический аппарат (КА); в данном случае, GPS спутник (ИСЗ).
sync time	интервал измерений: Частота, с которой приемник производит определение координат либо регистрацию данных. Является синонимом термина <i>epoch rate</i> .
tau criterion	тау-критерий: Статистический метод обнаружения выбросов (outliers), встречающихся при наблюдениях.
TDC1	См. <i>Trimble Data Collector (Накопитель Данных фирмы Trimble)</i> .
TDOP	Time dilution of precision - Фактор снижения точности определения времени, мера величины ошибок определения координат пункта при данной геометрии спутников из-за смещения часов приемника пользователя относительно системного времени GPS. См. также <i>DOP(фактор снижения точности)</i> .
timebase	генератор шкалы времени: Встроенный в GPS приемник генератор шкалы времени, на основе которой производятся измерения. GPS приемники фирмы Trimble обычно в качестве генераторов шкалы времени используют кварцевые генераторы.

TOW	Time of week - Время недели, отсчитываемое в секундах от полуночи воскресенья (00:00) в системе UTC.
tracking	слежение: Процесс приема и распознавания сигнала со спутника. Например, приемник может иметь характеристику “отслеживает шесть спутников.” Приемник не обязательно использует сигналы от всех спутников, которые он отслеживает; например, сигналы от спутника, расположенного ниже значения маски угла возвышения, могут отслеживаться но не использоваться.
transformation	преобразование: Разворот, сдвиг и изменение масштаба набора координат для его перевода из одной системы координат в другую.
translocation	транслокация (передача координат): Метод определения координат одного пункта относительно другого пункта с известными координатами. Сначала определяется разность между известными и измеренными координатами опорного пункта; затем эта разность добавляется в измеренные координаты пункта съемки. Данный метод лежит в основе <i>относительного позиционирования (relative positioning)</i> и <i>дифференциального режима GPS (differential GPS)</i> .
Trimble Data Collector	Накопитель Данных фирмы Trimble: Портативный прибор, созданный для управления подвижным GPS приемником; также используется для управления данными. Он необходим для проведения съемки в реальном масштабе времени и рекомендуется для проведения кинематической съемки. Сокращенно <i>TDC1</i> или <i>TDC1/Survey Controller</i> как указание на использование встроенного микропрограммного обеспечения Survey Controller.
trop	Tropospheric correction - Тропосферная поправка; поправка, вводимая в результаты спутниковых измерений для учета тропосферной задержки.
true anomaly	истинная аномалия: Угловое расстояние, измеренное из центра Земли (фокуса) в орбитальной плоскости от перигея до текущего положения спутника (орбитального тела).
UHF	УВЧ: Сокращение для <i>ultra high frequency (ультравысокая частота)</i> .
uncorrected antenna height	нескорректированная высота антенны: Высота антенны относительно земной поверхности, измеренная в соответствии с конкретной процедурой в зависимости от типа антенны. В большинстве случаев измерения производятся по диагонали от марки до соответствующей точки на отражателе антенны. GPS приемник или программа постобработки должна вычислить истинную (скорректированную) высоту антенны на основании измеренного нескорректированного значения ее высоты.
universal time	всемирное время: Местное среднее солнечное время на Гринвичском меридиане. Некоторыми широкоиспользуемыми версиями Всемирного Времени являются: UT0 Всемирное время, полученное непосредственно из наблюдений за звездами и фиксированного числового соотношения между Всемирным и Звездным временем, равного 3 минутам 56.555 секундам.

UT1	время UT0 с учетом поправки за движение полюса.
UT2	время UT1 с учетом поправки за сезонные неравномерности вращения Земли.
UTC	Universal Time Coordinated - Всемирное Координированное Время; равномерная система атомного времени, удерживаемая очень близкой к UT2 с помощью смещений (offsets). Поддерживается Военно-Морской Обсерваторией США.

Системное время GPS было эквивалентно времени UTC на момент создания системы GPS, однако впоследствии несколько уклонилось из-за вариаций в скорости вращения Земли, которые воздействуют на время UTC но не воздействуют на системное время GPS. В июле 1994 системное время GPS отставало от UTC на 10 секунд.

URA	Сокращение от <i>user range accuracy</i> (<i>точность измерения расстояния от спутника до пользователя</i>); а величина ошибки измерения дальности до конкретного спутника, которая может быть вызвана проблемами с данным спутником и действием Режим ограниченного доступа (Selective Availability). Значение URA, равное 32 метрам, указывает, что Режим ограниченного доступа активен. Величина URA задается Сегментом Управления и содержится в навигационном сообщении со спутника.
US Survey Foot	Геодезический фут США: Официальная единица линейных измерений для системы NAD-27, равная $1200/3937$ метра. Также имеет место соотношение: 39.38 дюймов = 1 метр (точно).
User Segment	Сегмент Пользователей: Обобщенное название для всех GPS приемников, использующих сигналы со спутников системы GPS. Все работающие в мире GPS приемники образуют Сегмент Пользователей. См. также <i>Control Segment</i> (<i>Сегмент Управления</i>), <i>Space Segment</i> (<i>Космический Сегмент</i>).
UTC	Universal Time Coordinated - Всемирное Координированное Время. См. <i>universal time</i> (<i>всемирное время</i>).
UTM	Universal Transverse Mercator Map Projection - Универсальная поперечная картографическая проекция Меркатора. Частный случай Поперечной проекции Меркатора. Сокращенно называемая координатной сеткой UTM (UTM Grid), она состоит из 60 заключенных между параллелями зон, каждая шириной 6 градусов по долготе.
variance	дисперсия: Квадрат стандартной ошибки.
variance-covariance matrix	ковариационная матрица: Набор чисел, выражающий дисперсии и ковариации для группы наблюдений.
VDOP	Vertical dilution of precision - Фактор снижения точности высотных определений, мера величины ошибок определения высотной компоненты координат пункта при данной геометрии спутников. См. также <i>DOP</i> (<i>Фактор снижения точности</i>).

vector	вектор: В GPS - пространственная линия между двумя пунктами, выраженная в приращениях координат dx , dy и dz геоцентрической неподвижной Декартовой системы координат.
vernal equinox	точка весеннего равнодействия: Точка пересечения небесного экватора с эклипстикой. Положительным направлением на точку весеннего равноденствия считается направление от Земли к Солнцу в момент, когда Солнце пересекает экватор с юга на север.
weight	вес: Величина, обратная дисперсии наблюдения.
weighting strategy	весовая стратегия: Набор величин, используемых для добавления в ковариационные матрицы при уравнивании сети.
WGS-84	World Geodetic System 1984 - Всемирная Геодезическая Система (1984). Текущие стандартные исходные геодезические даты для глобального позиционирования и геодезической съемки. ИГД WGS-84 основаны на эллипсоиде WGS-84. Большая полуось этого эллипсоида равна 6378.137 км, а обратное сжатие $f^{-1}=298.257223563$.
WGS-72	World Geodetic System (1972) - Всемирная Геодезическая Система (1972); математически заданный референц-эллипсоид, используемый для системы GPS до 1987 года, с большой полуосью 6378.135 км и сжатием 1/298.26. Заменен на WGS-84.
widelane	широкополосное (измерение): Линейная комбинация результатов фазовых наблюдений на несущих $L1$ и $L2$ ($L1 - L2$), которая представляет интерес из-за своей низкой эффективной длины волны (86.2 см). Широкополосное измерение полезно при разрешении неоднозначности на длинных базисных линиях.
x, y, z	К сожалению, неконкретное выражение для координат, имеющее различное значение для геоцентрических декартовых и прямоугольных систем координат. В прямоугольных системах координат через x определяется ось восток-запад, через y - ось север-юг, а через z - высотная ось. Определения для осей x , y и z в геоцентрической неподвижной Декартовой системе координат приведены в разделе <i>earth-centered earth-fixed coordinates (координаты в геоцентрической неподвижной системе координат)</i> .
Y-code	Y-код: Результат шифрования информации, содержащейся в P-коде, который передают GPS спутники в периоды действия режима помехозащитности (Anti-Spoofing). Y-code используется для предоставления зашифрованной информации только зарегистрированным (главным образом, военным) пользователям.
zenith	зенит: Точка на небе, расположенная точно над головой наблюдателя.
zone constants	константы зоны: Набор параметров, используемых для задания картографической проекции. Этими константами являются осевой меридиан (central meridian), стандартная параллель (standard parallel) и широта точки начала координат (latitude of origin).

Литература

Книги и статьи

Bomford, G., *Geodesy*. London: Oxford University Press, 1975.

Классический текст и справочная информация по теории и принципам геодезии. Последующие публикации рассматривают растущую роль спутниковой геодезии; данная книга вышла до запуска первого GPS спутника.

Davis, Raymond F., Foote, Francis S., Anderson, James M., Mikhail, Edward M., *Surveying Theory and Practice*. New York: McGraw-Hill, 1981.

Одна из наиболее широко используемых книг по геодезической съемке. Представляет собой источник исчерпывающей информации для понимания задач и методов проведения традиционных геодезических съемок.

Carroll, Leslie, *CR8BB User's Guide, Guidelines for Digitizing GPS Project and Station Occupation Information*. Gravity, Astronomy and Space Geodesy Branch, National Geodetic Survey, July 1988.

Federal Geodetic Control Committee, *Geometric Geodetic Accuracy Standards and Specifications for Using GPS Relative Positioning Techniques*, National Geodetic Survey, NOAA, Rockville, MD, 1988, 1989.

Приводится описание планирования, выполнения и классификации геодезических съемок, выполняемых с помощью GPS методов относительных местоопределений при использовании наблюдений на фазе несущей.

Leick, Alfred, *GPS Satellite Surveying*, Wiley and Sons, ISBN: 0-471-81990-5, 1990.

Первая публикация, посвященная исключительно рассмотрению вопросов использования системы GPS для геодезической съемки. В данной книге описаны составные элементы системы GPS и GPS наблюдения, а также подходы к проведению GPS съемок. В книге также обсуждаются методики проведения уравнильных вычислений.

Mikhail, Edward M., and Gracie, Gordon, *Analysis and Adjustment of Survey Measurements*. New York: Reinhold, 1981.

Книга описывает подходы к уравниванию сети. В начале книги рассмотрены вопросы, касающиеся измерений, их ошибок, вероятности (probability) и надежности (reliability), а затем приводится обсуждение различных методов уравнивания, включая уравнивание по методу наименьших квадратов. В книге также представлена информация по теории вероятности и статистике в свете их применения к результатам геодезических измерений.

Nelson, Kay Yarborough, *The Little Windows Book*. Peachpit Press, Inc., ISBN: 0-938151-81-9, 1992.

Полезная информация, касающаяся работы в среде Microsoft Windows и использования Windows приложений.

Seeber, Gьnter, *Satellite Geodesy, Foundations, Methods, and Applications*, Berlin; New York: Walter deGruyter, ISBN: 3-11-012753-9, 1993.

Книга предназначена для студентов старших курсов и специалистов в области высшей геодезии, фотограмметрии, картографии и прикладной геодезии.

U.S. National Geodetic Survey (NGS), *Geodetic Glossary*. NGS Publications Information Center, 1986.

Приводится объяснение приблизительно 5000 терминов, широко используемых в геофизике, науке о космосе, математике, астрономии, фотограмметрии, геодезической съемке, информатике и управлении земными ресурсами. Книгу можно заказать по телефону в США 301-443-8631.

Wells, David (ed.), *Guide to GPS Positioning*. Canadian GPS Associates, ISBN: 0-920-114-73-3, 1987.

Данная работа знакомит пользователя с основами и приложениями GPS в свете проведения стандартных полевых работ. Эта публикация охватывает широкий спектр проблем: от концептуальных до проблем технического характера.

Книгу можно заказать в Канадском Институте Геодезии и Картографии (Canadian Institute of Surveying and Mapping) по адресу Box 5378, Postal Station F, Ottawa, Ontario, Canada K2C 3J1, или по телефону 613-224-9851.

Публикации фирмы Trimble

4000SSE User Guide, Trimble P/N 23863-00 (Revision A, March 1994).

Информация по приемнику модели 4000SSE.

4000SE/SSE RS-232 Interface Data Collector Format Specifications Manual, Trimble P/N 22794-00 (Revision B, January 1994).

Приводится описание протокола совместимости накопителей данных приемников серии 4000, используемого для подключения портативных накопителей данных фирмы Trimble и для обновления встроенного микропрограммного обеспечения (firmware) приемников. Руководство полезно, прежде всего, для программистов.

DeltaNav QC System Operation Manual, Trimble P/N 21204-00 (Revision A, 1992).

Приводятся инструкции по использованию DeltaNav QC System, программного продукта для работы на персональном компьютере, предназначенного для осуществления в реальном масштабе времени контроля качества (real-time quality assurance and quality control - QA/QC) работы навигационных систем, использующих приемник серии 4000..

Differential GPS Explained, Trimble P/N 23036 (1993).

Является парой к книге *GPS, A Guide to the Next Utility* (приведена ниже) и содержит описание дифференциального режима использования GPS.

GIS Surveyor System Operation Manual, Trimble P/N 25247-00 (Revision B, August 1994).

Подробное описание процесса сбора данных для ГИС. Данное руководство номинально посвящено приемнику GIS System Surveyor, однако может использоваться со всеми приемниками серии 4000, позволяющими проводить данный вид работ. Covers concepts, project planning, use of the Asset Surveyor, and associated computer software, as well as operation of the receiver itself.

GPLoad - Руководство пользователя, Trimble P/N 25750-00 (Ревизия А, Ноябрь 1994).

Руководство по использованию программного обеспечения GPLoad, компьютерной программы для передачи данных между компьютером и приемником серии 4000 или накопителем данных. Следует отметить, что GPLoad можно приобрести и использовать и как составной элемент GPSurvey, и как самостоятельный модуль; данное руководство описывает оба варианта его использования.

GPS, A Guide to the Next Utility, Trimble P/N 18239 (1992).

Краткое популярное введение в систему GPS. Объясняется, что позволяет делать система GPS, как она работает, ее возможности и ограничения.

GPSurvey- Руководство пользователя, Trimble P/N 25749-00 (Ревизия А, Ноябрь 1994).

Данное руководство описывает программное обеспечение GPSurvey, набор приложений Microsoft Windows и служебных программ для постобработки результатов съемки.

GPTrans - Руководство пользователя, Trimble P/N 25752-00 (November 1994).

Руководство по применению программного обеспечения GPTrans, модуля GPSurvey, предназначенного для преобразований координат.

Mapping Systems General Reference, Trimble P/N 24177-00 (Revision A, April 1994).

Справочное руководство по программе PFINDER, а также по приемнику GPS Pathfinder.

NavBeacon XL Operators Manual, Trimble P/N 21458-00 (Revision A, July 1992).

Описание работы приемника NavBeacon XL.

NAVSTAR GPS Space Segment: Navigation User Interfaces, drawing number ICD-GPS-200 (3 July 1991).

Официальная документация по форматам данных, используемых в спутниковых сигналах системы NAVSTAR GPS. Данный документ опубликован в двух вариантах: версия для общего пользования, в которую не вошла секретная информация о Р-коде, и версия для ограниченного пользования, содержащая эту информацию.

Версия для общего пользования распространяется Службой Береговой Охраны США (United States Coast Guard). Можно послать письменный запрос по адресу Commanding Officer, USCG ONSCEN, 7323 Telegraph Road, Alexandria, VA 22310, или сделать заказ по телефону в США: 703-313-5900.

PFINDER Software Reference, Trimble P/N 20618-00 (Revision C, September 1992).

PFINDER Software User's Guide, Trimble P/N 18473-00 (Revision C, September 1992).

Данные два руководства содержат описание программного обеспечения PFINDER, используемого для создания словарей данных (data dictionaries) и постобработки данных, собранных для использования в ГИС. PFINDER также можно использовать для обработки других данных, собранных в дифференциальном режиме GPS (DGPS). Более подробную информацию о программном обеспечении PFINDER можно найти в руководстве *Mapping Systems General Reference*.

Post-Nav II Differential GPS Post-Mission Navigation Software User Manual, Trimble P/N 21316 (Revision A, July 1992).

Приводится описание Post-Nav II, программы постобработки данных фирмы Trimble для использования при высокоточных местоопределениях.

Quick Plan / Plan - Руководство Пользователя, Trimble P/N 25753-00 (Ревизия А, Ноябрь 1994).

Руководство по использованию Quick Plan и Plan, двух программ, позволяющих производить планирование полевых наблюдений в проектах съемки. Программа Plan является составным элементом программного обеспечения GPSurvey и позволяет сохранять информацию по планированию в базе данных проекта GPSurvey. Quick Plan является самостоятельной программой; она может работать либо как модуль GPSurvey, либо как отдельное приложение. Quick Plan не производит сохранения описания сессий; эта программа позволяет лишь создать их и использовать в процессе одного сеанса работы с программой.

Recommendations of Special Committee 104, Differential NAVSTAR/GPS Service, Draft of November 20, 1985.

Приведено описание протокола RTCM сообщения Версии 1.0. Данную публикацию можно заказать по адресу: Radio Technical Commission for Maritime Services, Post Office Box 19087, Washington, DC 20036; либо по телефону в США 202-639-4006.

RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service, RTCM Paper 134-89 / SC 104-68, Trimble P/N 19454 (January 1, 1990).

Приведено описание протокола RTCM сообщения Версии 2.0. Данную публикацию можно заказать по адресу, указанному выше в пояснении для Версии 1.0, а также в фирме Trimble.

Приемники Серии 4000 - Руководство по применению, Trimble P/N 23861-00 (Ревизия А, Март 1994).

Инструкции по использованию приемников Серии 4000 при выполнении различных процедур съемки, которые можно осуществить с помощью этих приемников. Предполагается, что пользователь имеет представление о работе конкретного типа приемников, которое можно получить в соответствующем *Руководстве пользователя*.

Приемники Серии 4000 - Справочное руководство, Trimble P/N 23862-00 (Ревизия А, Март 1994).

Справочное руководство для пользователей современных моделей приемников Серии 4000, плюс многих более ранних моделей.

Серия Кратких справочных руководств по приемникам Серии 4000.

Компактные руководства, подготовленные для предоставления наиболее часто требуемой информации в удобном, легко читаемом формате. Они достаточно

компактны, чтобы поместиться в небольшой карман. Те из них, которые описывают полевые процедуры, отпечатаны на прочной водостойкой бумаге.

Site Surveyor System Release Notes, Trimble P/N 23015-00 (Revision A, June 1993).

Дается описание процедур для выполнения процедур GPS съемки в реальном масштабе времени с использованием приемников Серии 4000 и накопителя данных TDC1 со встроенным микропрограммным обеспечением Survey Controller.

Survey Controller Operation Manual, Trimble P/N 24555-00 (Revision A, June 1994).

Руководство по применению Survey Controller и Seismic Controller, двух разновидностей портативных накопителей данных для приемников Серии 4000. Эти приборы позволяют управлять работой приемника при его переноске в рюкзаке и имеют буквенно-цифровую клавиатуру для легкого ввода данных. Они являются традиционной составной частью оборудования при проведении многих типов полевых работ и необходимы для проведения некоторых из них.

Версия 2.00 данного руководства содержит полезную информацию о съемке в реальном масштабе времени (Real-Time Surveying - RTS), для проведения которой Survey Controller или Seismic Controller являются необходимым оборудованием.

TDC1 Asset Surveyor Software User's Guide, Trimble P/N 24457-00 (Revision A, March 1994), and *Asset Surveyor Quick Reference Card*, Trimble P/N 24458-00 (March 1994).

Документация по программному обеспечению Asset Surveyor для портативного накопителя данных TDC1, используемого при сборе данных для ГИС.

Руководство по BBS Trimble, Trimble P/N 26184-00 (Ревизия А, Ноябрь 1994).

Описание двух систем электронной доски объявлений (Bulletin Board Service - BBS), предназначенных для использования клиентами фирмы Trimble, одна управляется Отделением Геодезии и Картографии (Surveying and Mapping Division), а вторая - Центром Технической Помощи фирмы Trimble (Trimble Assistance Center - TAC). Объясняется, в каких случаях следует использовать каждую из этих систем BBS, как осуществить подключение к этим системам и как с ними работать.

TRIMMAP Survey Software General Reference Guide, Trimble P/N 22060 (Version 5.50, March 1994).

Руководство пользователя программного обеспечения TRIMMAP, DOS-приложения для подготовки карт на основе имеющихся результатов координатных определений.

TRIMNET Plus Survey Network Software User's Guide, Trimble P/N 19043 (Revision A2, November 1994).

Руководство по программному обеспечению TRIMNET Plus, программе уравнивания сетей, предоставляющей средства для предварительной обработки данных, объединению и совместной обработки результатов измерений, выполненных с использованием GPS и традиционных методов геодезических наблюдений, и для использования моделей геоида при обработке геодезических сетей.

TRIMTALK 900 Operation Manual, Trimble P/N 21220-00 (Revision B, August 1993).

Руководство пользователя TRIMTALK 900, радиостанции ближнего радиуса действия, используемой для установления линии связи между приемниками при проведении GPS съемки в реальном масштабе времени.

URS for DOS Software User's Guide, Trimble P/N 22593-00 (Version 1.00, March 1993).

Руководство пользователя URS для DOS, программы, используемой для регистрации результатов измерений минуя внутреннюю память приемника непосредственно на компьютер при реализации дифференциального режима GPS и при сборе данных для ГИС.

Using Radio Communication Systems with GPS Surveying Receivers, Trimble literature ID #1-611-0082 (Revision A, February 1993).

Данный краткий документ рассматривает некоторые меры, которые необходимо предпринять, чтобы избежать влияния интерференции при использовании радиосвязи между GPS приемниками.

WAVE - Руководство пользователя, Trimble P/N 25751-00 (Ревизия А, Ноябрь 1994).

Руководство пользователя WAVE, программы обработки базисных линий программного обеспечения GPSurvey. WAVE является сокращением выражения *Weighted Ambiguity Vector Estimator*.

Другие публикации

GPS World: News and Applications of the Global Positioning System.

Журнал, публикуемый ежемесячно компанией Advanstar Communications. Информацию об оформлении подписки можно получить по телефонам в США: в пределах территории США - 800-949-6525. За пределами территории США - 503-343-1200, дополн. 114.

P.O.B. - Point of Beginning.

Журнал, публикуемый раз в два месяца компанией P.O.B. Publishing Company, 5820 Lilley Road #5, Canton, MI 48187. Он распространяется бесплатно в пределах США специалистам по геодезии и картографии.

Professional Surveyor.

Журнал, публикуемый шесть раз в год компанией American Surveyors Publishing Company, Inc., Suite 501, 2300 Ninth Street South, Arlington, VA 22204-2320. Информацию об оформлении подписки можно получить по телефону в США: 707-892-0733. Факс: 703-920-3652.

Предметный Указатель

—С—

C/A Код, 2-4; 2-12

—D—

DGPS, 2-12

—G—

GPS съемка
сведение воедино, 1-9

—O—

On-the-fly (OTF) инициализация, 3-19

—P—

PDOP, 2-31
P-Код, 2-4; 2-12; 2-25

—R—

RTK инициализатор, 3-19

—S—

Software
GPSurvey
WAVE, 4-12
Survey Controller, 3-12; 4-11. *См.* TDC1/Survey
Controller

—T—

TDC1/Survey Controller, 3-12; 3-13; 3-14; 3-20; 3-21; 4-
11
TRIMNET Plus, уравнивание сети, 4-13

—W—

WAVE, 4-12
WGS-84, 1-3; 4-13

—Y—

Y-Код, 2-5

—А—

Алгоритмы, основанные на методе Наименьших
Квадратов, 2-18
Антенна
положение, 3-3
преграда для сигналов, 3-3
Аппаратные средства, 1-10
Аппаратура
необходимая и методика полевых работ, 2-34

—Б—

Базисные линии, 1-3
относительные, 2-13
режимы наблюдения, 3-15
Быстрая Статика
методы геодезической съемки, 3-17
обработка, 2-25
Быстростатическая съемка
период наблюдения, 3-18

—В—

Время, часы спутников и приемников, 2-16
Высота антенны, 3-3; 3-4; 4-11
истинная вертикальная и нескорректированная, 3-4
истинное вертикальное и нескорректированное, 4-11

—Г—

Геодезическая GPS съемка
введение в, 1-1
Геодезическая съемка
Быстростатический метод, 3-17
методы наблюдений, 3-17
полевые мероприятия, 3-16
требования, 3-15; 3-16
Геодезическая съемка в реальном времени, 3-13
"Тонкий" режим, 2-21
маска возвышения для, 3-7
посредством использования накопителя данных, 3-12
требования, 3-16
Глобальная Система Позиционирования (GPS), 1-2; 2-1
Космический Сегмент, 2-2
методы наблюдений, 1-3
определение базисных линий, 1-6
Сегмент Пользователей, 2-2
Сегмент Управления, 2-2; 3-9

сигналы, 2-2
 созвездия, 2-30
 что это такое, 1-2

—Д—

Данные
 архивирование, 4-10
 выгрузка из приемника, 4-9
 загрузка в проект GPSSurvey, 4-10
 какой объем требуется, 3-15
 передача файлов, 4-9
 сбор, 3-2
 стандартный формат, 3-8
 уплотненный формат, 3-8
 Двойные Разности (Между Спутниками и Приемниками), 2-19
 Дифференциальное Позиционирование, 2-12

—З—

Значение PDOP, 3-5

—И—

Измерение времени, точное, 2-14
 Измерения, комбинация, 2-18
 Инициализация, автоматическая, 3-19
 Интервал между эпохами, 3-3; 3-9
 Информация о станции/полевая информация, 4-10

—К—

Кинематическая съемка
 инициализация, 3-19
 методы, 3-18
 сигналы о потере сопровождения спутников, 3-11
 типы, 3-18

—М—

Маска возвышения, 3-6
 по умолчанию, 3-6
 Местоположение
 абсолютное, 2-11
 каким образом приемники вычисляют, 2-11
 Метка времени, 3-8
 Методика полевых работ
 и типы приемников, 2-33
 Методы Наблюдений, 1-3
 Методы Сбора Данных, 1-6
 Министерство Обороны (МО), 2-23

—Н—

Накопитель Данных, 3-12. *См. также* TDC1/Survey Controller
 Непрерывная кинематическая съемка, 1-8; 3-22
 Непрерывная Фаза Несущей, 2-8; 2-17

—О—

Обработка базисных линий посредством WAVE, 4-12
 Обработка данных, включенные мероприятия, 4-8
 Ограниченный Доступ (SA), 2-23; 3-9
 Одиночные Разности (Между Приемниками), 2-18
 Определение местоположения, 2-10
 Отчеты, создать проект, 4-14
 Ошибка многолучевого распространения, 2-29; 3-7
 Ошибки
 многолучевое распространение, 3-8

—П—

Плавающее Решение, 2-20
 Погрешности
 высота антенны, 3-4
 Полевые мероприятия, 1-10
 Помехозащищенность (AS), 2-23; 2-25
 Приемники, типы, 2-32
 Программное обеспечение, 1-11
 GPSSurvey, 1-11; 1-13
 GPLoad, 4-9
 GPTrans, 4-13
 Quick Plan / Plan, 4-6
 Карта Сети, 4-12
 TRIMMAP, 1-14
 TRIMNET Plus, 4-13
 Проект
 отчеты, 4-14
 план, 4-3
 присвоение данных, 4-9
 создание в GPSSurvey, 4-5
 составление, 4-3
 этапы при выполнении, 4-1
 Процедуры Сбора Данных, 3-1
 Псевдодальности, 2-7; 2-12

—Р—

Радиосвязь, 3-14; 3-16
 Разработка сети, 4-4
 Реальное время
 дифференциальное позиционирование, 2-12
 Результаты Обработки Базисных Линий, Опция
 GPSSurvey Карта Сети, 4-12
 Решение, Свободное От Влияния Ионосферы, 2-22
 Решения
 базисная линия, 2-20
 полученные при помощи GPSSurvey, 4-13
 Решения Базисных Линий, 2-20

—С—

Сигналы
 информация в, 2-15
 частота спутника, 2-4
 Спутники, 2-23
 GPS созвездия, 2-30
 выбор разрешенных и запрещенных, 2-27
 доступность, 4-6

Предметный указатель

- измерения, 2-7
 - Навигационное Сообщение, 2-6
 - работоспособность, 2-25
 - сигналы, 2-4
 - требуемое количество, 2-30
 - уровень и качество сигнала (SNR), 2-28
 - часы, 2-16
 - эфемериды, 2-6
 - Срыв Цикла, 2-9; 2-18
 - Статическая Съёмка, 1-7; 3-17
 - Съёмка
 - Stop-and-go (Остановка-и-Движение, 3-21
 - мероприятия перед планированием, 4-3
 - непрерывная кинематическая, 3-22
 - полевые мероприятия, 4-7
 - реальное время (RTS), 3-20
 - требования к периоду наблюдения базисных линий, 1-7
 - требования, 3-3
 - Съёмка в реальном времени, 3-20
 - Съёмка в режиме Stop-and-go (Остановка-и-Движение), 1-8; 3-21
 - Съёмочная сеть, 1-3
- Т—
- Точное измерение времени, 2-14
 - Точность
 - GPS, 1-2
 - PDOP и, 3-5
 - факторы, оказывающие влияние, 2-22
 - Точность GPS, 1-2
 - факторы, оказывающие влияние, 2-22
 - Точность Измерения Расстояния От Спутника До Пользователя (URA), 2-28
 - Тройные Разности (Между Спутниками, Приемниками и По Времени), 2-19
- У—
- Уравнивание Сети, 4-13
- Ф—
- Фаза Несущей (Бисений), 2-7
 - Фаза Несущей в L-диапазоне, 2-5
 - Фактор Потери Точности (DOP), 2-30
 - Фиксированное Решение, 2-20
 - Фиксированное Решение На Основе Узкополосного Измерения, 2-21
 - Фиксированное Решение На Основе Широкополосного Измерения, 2-21
- Э—
- Эфемериды, 2-6

Отзывы о данном Руководстве

GPLoad - Руководство Пользователя Ноябрь 1994
P/N 25750-00

Версия А

Мы будем рады получить от вас отзывы и предложения по улучшению наших публикаций. Авторы особо полезных сообщений в знак признательности получают подарок.

Данный бланк следует направить в региональное отделение фирмы Trimble, адрес которого указан на обратной стороне бланка.

Обведите, пожалуйста, в кружок Ваш вариант ответа по каждой позиции, приведенной ниже:

1 = Полностью согласен 2 = Согласен 3 = Трудно сказать 4 = Не согласен 5 = Категорически не согласен

- 1 2 3 4 5 Руководство хорошо составлено.
1 2 3 4 5 Я могу найти нужную мне информацию.
1 2 3 4 5 Информация, представленная в руководстве, является точной.
1 2 3 4 5 Я без труда понимаю инструкции.
1 2 3 4 5 Руководство содержит достаточное количество примеров.
1 2 3 4 5 Примеры уместны и наглядны.
1 2 3 4 5 Компоновка и формат привлекательны и наглядны.
1 2 3 4 5 Иллюстрации ясны и наглядны.

Какой частью руководства Вы пользуетесь чаще всего? _____

Что в руководстве Вам нравится больше всего? _____

Что более всего нуждается в совершенствовании? _____

(Заполнять не обязательно)

Ваше имя _____

Фирма _____

Адрес _____

Телефон _____ Факс _____

Trimble Navigation Europe Ltd.
Trimble House
Meridian Office Park
Osborn Way, Hook
Hampshire, RG27 9HX England