

ПРИМЕНЕНИЕ GPS И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

The brief review of the basic methods of reception of the cartographical information for geoinformation systems is given. The structure and main principles of work of global positioning system (GPS) is considered. Data about modern digital and analytical photogrammetric stations are submitted.

Интенсивное развитие вычислительной техники и глобальных информационных сетей коренным образом изменило методы работы с картографической информацией. В технически развитых странах широко внедряются географические информационные системы (ГИС), эффективное использование которых требует получения дешевой, постоянно обновляемой информации об объектах Земли.

В настоящее время используются различные технологии получения картографических данных для ГИС. Частично они основаны на оцифровке имеющихся карт разного масштаба (однако постоянно изменяющаяся ситуация на местности требует периодической актуализации данных), частично на методах, использующих непосредственные измерения на местности. При этом также применяются разные подходы. На участках, где проводится интенсивная застройка и выполняется геодезическая съемка местности, используются данные, полученные в ходе съемки, на сельхозугодиях и лесных участках широко применяется съемка с использованием GPS (Global Positioning System – система глобального позиционирования).

Инициаторами разработки и реализации системы GPS были военные. Спутниковая сеть для определения координат в любой точке земного шара была названа Navstar (Navigation system with timing and ranging – навигационная система определения времени и дальности). Аббревиатура GPS появилась позднее, когда система стала использоваться также и в гражданских целях. Первоначально использовать систему GPS предполагалось только в навигационных целях, но исследования, проведенные учеными Массачусетского технологического института в 1976–1978 годах, показали, что измерения можно выполнять с миллиметровой точностью, и с этого времени началось использование системы для проведения геодезических измерений. С 1983 года система была открыта для использования в гражданских целях, а с 1991 года сняты ограничения на продажу GPS-оборудования в страны бывшего СССР.

Переломным моментом в истории применения GPS стало решение об отмене с 1 мая 2000 года режима селективного доступа (SA – selective availability) – искусственно вносимой в спутниковые сигналы погрешности для неточной работы гражданских GPS-приемников. После исключения вносимых ошибок с помощью недорогих приемников стало возможным определять координаты с точностью в несколько метров (ранее погрешность составляла десятки метров), что привело к широкому использованию GPS во многих сферах деятельности человека.

Структурно система глобального позиционирования состоит из трех сегментов: космического сегмента – системы искусственных спутников земли (ИСЗ); сегмента управления – сети наземных станций слежения и управления; аппаратуры потребителей – GPS-приемников.

Космический сегмент состоит из 24 спутников, вращающихся на 6 орбитах (рис. 1). Плоскости орбит наклонены под углом около 55° к плоскости экватора и сдвинуты между собой на 60° по долготе. Радиусы орбит – около 20 200 км, а период обращения – половина звездных суток (примерно 11 ч 58 мин). На борту каждого спутника находятся: приемопередающая аппаратура, 4 атомных стандарта частоты (два цезиевых и два рубидиевых – резерв), солнечные батареи, двигатели корректировки орбит, компьютер.

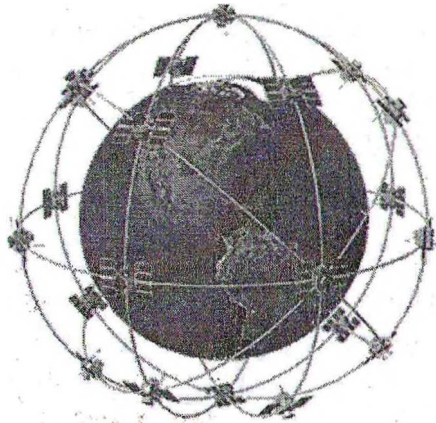


Рис. 1. Космический сегмент GPS

Передающая аппаратура спутника излучает синусоидальные сигналы на двух несущих частотах: $L1=1575,42$ МГц и $L2=1227,6$ МГц. Сигналы модулируются псевдослучайными цифровыми последовательностями. Причем частота $L1$ модулируется двумя видами кодов: C/A-кодом (код свободного доступа частотой 1,023 МГц) и P-кодом (код санкционированного доступа частотой 10,23 МГц), а частота $L2$ – только P-кодом. Кроме того, обе несущие частоты дополнительно кодируются навигационным сообщением, в котором содержатся данные об орбитах ИСЗ, информация о параметрах атмосферы, поправки системного времени.

Код свободного доступа C/A (Coarse Acquisition) имеет частоту следования импульсов 1,023 МГц и период повторения 0,001 с, поэтому его декодирование в приемнике осуществляется достаточно просто. Однако точность автономных измерений расстояний с его помощью невысока.

Защищенный код P (Protected) характеризуется частотой следования импульсов 10,23 МГц и периодом повторения 7 сут. Кроме того, раз в неделю происходит смена этого кода на всех спутниках, и измерения по P-коду могут выполнять только пользователи, получившие разрешение Министерства обороны США. Американское оборонное ведомство предприняло меры дополнительной защиты P-кода: в любой момент без предупреждения может быть включен режим AS (Anti Spoofing). При этом выполняется дополнительное кодирование P-кода, и он превращается в Y-код. Расшифровка Y-кода возможна только аппаратно, с использованием специальной микросхемы (криптографического ключа), которая устанавливается в GPS-приемнике. Кроме того, для снижения точности определения координат несанкционированными пользователями предусмотрен режим выборочного доступа SA (Selective Availability). Поскольку P-код передается на двух частотах ($L1$ и $L2$), а C/A-код – на одной ($L1$), в GPS-приемниках, работающих по P-коду, частично компенсируется ошибка задержки сигнала в ионосфере, которая зависит от частоты сигнала. Точность автономного определения расстояния по P-коду примерно на порядок выше, чем по C/A-коду.

Параметры орбит спутников периодически контролируются сетью наземных станций слежения, с помощью которых (не реже 1–2 раз в сутки) вычисляются баллистические характеристики, регистрируются отклонения спутников от расчетных траекторий движения, определяется время бортовых часов спутников, осуществляется мониторинг исправности навигационной аппаратуры. При этом для обнаружения отказов оборудования спутников с помощью наземных станций обычно требуется несколько часов. Сегмент управления содержит главную станцию управления (авиабаза Фалькон в штате Колорадо), пять станций слежения, расположенных в тропических широтах на американских военных базах на Гавайских островах, островах Вознесения, Диего-Гарсия, Кваджелейн и Колорадо-Спрингс. Кроме того, имеется сеть государственных и частных станций слежения за ИСЗ, которые выполняют наблюдения для уточнения параметров атмосферы и траекторий движения спутников. Собираемая информация обрабатывается в суперкомпьютерах и периодически передается на спутники для корректировки орбит и обновления навигационного сообщения. Основной задачей наземных станций слежения являются корректировка орбит спутников и уточнение их координат. От этого зависит в целом работа и точность системы.

Аппаратурой потребителей являются всевозможные GPS-приемники. Принимаемый сигнал декодируется, т. е. из него выделяются кодовые последовательности C/A либо C/A и P, а также служебная информация. Полученный код сравнивается с аналогичным кодом, который генерирует сам GPS-приемник, что позволяет определить задержку распространения сигнала от спутника и таким образом вычислить псевдодальность. После захвата сигнала спутника аппаратура приемника переводится в режим слежения, т. е. в приемнике поддерживается синхронность между принимаемым и опорным сигналами. Процедура синхронизации может выполняться: по C/A-коду (одночастотный кодовый приемник), по P-коду (двухчастотный кодовый приемник), по C/A-коду и фазе несущего сигнала (одночастотный фазовый приемник), по P-коду и фазе несущего сигнала (двухчастотный фазовый приемник). Используемый в GPS-приемнике способ синхронизации сигналов является одной из его важнейших характеристик.

Принцип работы системы GPS заключается в следующем. Если известно расстояние A до одного спутника, то координаты приемника определить нельзя, так как он может находиться в любой точке сферы радиусом A , описанной вокруг спутника (рис. 2). Пусть известна удаленность B приемника от второго спутника. В этом случае определение координат также не представляется возможным – объект находится на окружности, которая является пересечением двух сфер. Расстояние C до третьего спутника сокращает неопределенность в координатах до двух точек (обозначены двумя жирными точками на рис. 2). Этого уже достаточно для однозначного определения координат – дело в том, что из двух возможных точек расположения приемника лишь одна находится на поверхности Земли (или в непосредственной близости от нее), а вторая, ложная, оказывается либо глубоко внутри Земли, либо очень высоко над ее поверхностью. Таким образом, для трехмерной навигации теоретически достаточно знать расстояния от приемника до 3 спутников.

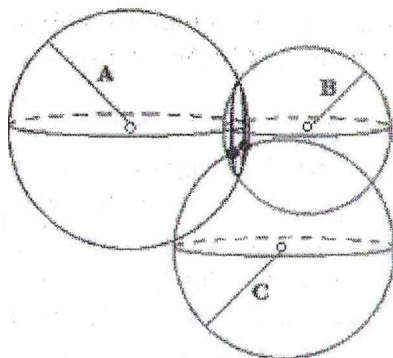


Рис. 2. Определение координат точки пространства

Однако это действительно для случая, когда расстояния от точки наблюдения до спутников известны с абсолютной точностью. На практике всегда есть погрешность измерений – например, из-за неточной синхронизации часов приемника и спутника, зависимости скорости света от состояния атмосферы и др. Поэтому для определения трехмерных координат GPS-приемника используются не 3, а, как минимум, 4 спутника. Получив сигнал от 4 (или более) спутников, GPS-приемник ищет точку пересечения соответствующих сфер. Если такой точки нет, процессор GPS-приемника начинает методом последовательных приближений корректировать свои часы до тех пор, пока не добьется пересечения всех сфер в одной точке.

Несмотря на многие преимущества, у GPS-систем есть и недостатки. Например, GPS-приемник может быть отключен в любой момент, кроме того, использование GPS-технологии подразумевает наличие электронных карт, которые в некоторых странах еще не разработаны.

Одним из доступных для гражданских пользователей GPS-приемников является Garmin GPS II+ (рис. 3). Его стоимость составляет 250–300 USD, вес 255 г, размеры 59×127×41 мм (дисплей 56×38 мм). Приемник работает от 4 батареек AA (ресурс – 24 ч непрерывной работы) или от внешнего источника, имеет 12 каналов, возможность ввода 500 путевых точек (20 маршрутов по 30 точек), встроенную карту Европы, возможность подключения выносной антенны.



Рис. 3. GPS-приемник Garmin GPS II+

Широко применяются при вводе в ГИС методы интерпретации данных дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗ). Для этого используются аналитические и цифровые фотограмметрические станции, с помощью которых ввод осуществляется непосредственно в компьютер. Устройство аналитических фотограмметрических станций различных производителей в принципе одинаково и различается лишь в конст-

руктивных деталях. Основными частями станции являются стереоскопический измерительный модуль, вычислительный комплекс, программное обеспечение и периферийное оборудование.

Стереометрический измерительный комплекс состоит из устройства позиционирования снимков, системы измерения координат, системы управления и дигитайзера. Основной характеристикой комплекса является точность измерений, которая зависит от разрешающей способности дигитайзера и составляет 2–5 мкм.

Цифровые фотограмметрические станции представляют собой вычислительный комплекс, монитор, имеющий высокое разрешение и специальные очки, позволяющие получить на экране стереоскопический эффект. Снимки предварительно оцифровываются с помощью сканера. Для получения высокой точности измерений необходимо выполнить сканирование снимков с высоким разрешением, что приводит к большим объемам информации. Ориентирование снимков и все необходимые трансформации, преобразование координат снимков в координаты местности выполняются путем вычислений.

В настоящее время применяются аналитические фотограмметрические станции PLANICOMP P3 (фирмы ZEISS), точность измерений $\leq 2 \mu\text{m}$, SD 2000 (LEICA), точность измерений $\leq 4 \mu\text{m}$, SD 3000 (LEICA), точность измерений $\leq 2 \mu\text{m}$, цифровые фотограмметрические станции PHODIS (ZEISS), DPW 770 (LEICA/HEALAVA), INTERMAP 6487 (INTERGRAPH) и другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картоцентр – Геоиздат, 2001. – 228 с.
2. Hildebrandt H. Fernerkundung und Luftbildmessung. – Heidelberg: Wichmann, 1996. – 676 s.

УДК 630*31

О. А. Атрощенко, профессор; А. С. Федоренчик, доцент; А. И. Хотянович, аспирант

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

In this paper the factors, that stipulate the expediency of application of the geoinformational systems and based on them technologies in the forestry and on timber enterprises of the Republic of Belarus. The principles and the possibilities of GIS-technologies are revealed nowadays, which will allow to solve at the highest level the basic timber operational tasks that are enumerated in this article.

В настоящий момент в сфере информационных технологий большое внимание уделяется разработке прикладных компьютерных систем для работы с картографической и схемной информацией.

Прикладные системы данного типа имеют весьма широкую область применения: объекты муниципальных служб, коммуникативные сети, медицина и здравоохранение, обучающие системы и т. п. Лидирующее место в данной области занимают геоинформационные системы и созданные на их базе технологии.

В практическом смысле ГИС – это интеграция компьютерного оборудования и программного обеспечения, которые вместе используются для сбора, хранения, анализа и отображения пространственно распределенной информации.