

### **Б.А. Дворкин** (Компания «Совзонд»)

В 1974 г. окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова по специальности «картография». Работал в ПКО «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации, Научном геоинформационном центре РАН. В настоящее время — аналитик компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

## **Развитие и современное состояние спутниковых навигационных систем и сервисов. Интеграция технологий ДЗЗ и ГНСС**

Активное внедрение информационных спутниковых технологий как составной части бурно развивающейся информатизации общества кардинально меняет условия жизни и деятельности людей, их культуру, стереотип поведения, образ мыслей. Еще несколько лет тому назад на бытовые или автомобильные навигаторы смотрели как на чудо. Космические снимки высокого разрешения на интернет-сервисах, таких, например, как Google Earth, люди разглядывали и не переставали ими восхищаться. Сейчас же ни один автомобилист (если в автомобиле пока нет навигатора) не выйдет из дома, предварительно не выбрав в навигационном портале оптимальный маршрут с учетом пробок. Навигационное оборудование устанавливается на подвижном составе общественного транспорта, в том числе и для целей контроля. Космические снимки используются для получения оперативной информации в районах стихийных бедствий и для решения различных задач, например муниципального управления. Примеры можно продолжить, и все они подтверждают тот факт, что результаты космической деятельности стали неотъемлемой частью современной жизни. Неудивительно также, что различные космические технологии часто используются совместно. Отсюда, конечно, идея интеграции технологий и создания, единых сквозных технологических цепочек лежит на поверхности. В этом смысле не являются исключением технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса и глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Но обо всем по порядку...

### **ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ**

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) — комплекс технических и программных средств, позволяющих получить свои координаты в любой точке земной поверхности путем обработки спутниковых сигналов. Основными элементами любой ГНСС являются:

- орбитальная группировка спутников;
- наземная система управления;
- приемное оборудование.

Спутники постоянно передают информацию о своем положении на орбите, наземные стационарные станции обеспечивают мониторинг и контроль положения спутников, а также их технического состояния. Приемное оборудование представляет собой различные спутниковые навигаторы, которые используются людьми в своей профессиональной деятельности или быту.

Принцип работы ГНСС основан на измерении расстояния от антенны приемного устройства до спутников, положение которых известно с большой точностью. Расстояние вычисляется по времени задержки распространения сигнала, передаваемого спутником на приемник. Для определения координат приемника достаточно знать положение трех спутников. На деле используются сигналы с четырех (или более) спутников — для устранения погрешности, вызванной разницей между часами спутника и приемника. Зная расстояния до нескольких спутников системы, с помощью обычных

геометрических построений программа, «зашитая» в навигатор, вычисляет его положение в пространстве, таким образом, ГНСС позволяет быстро определить местоположение с высокой точностью в любой точке земной поверхности, в любое время, при любых погодных условиях. Каждый спутник системы, помимо основной информации, передает также вспомогательную, необходимую для непрерывной работы приемного оборудования, в т. ч. полную таблицу положения всей спутниковой группировки, передаваемую последовательно в течение нескольких минут. Это необходимо для ускорения работы приемных устройств. Следует отметить немаловажную характеристику основных ГНСС – для пользователей, обладающих спутниковыми приемниками (навигаторами), получение сигналов бесплатно.

Общим недостатком использования любой навигационной системы является то, что при определенных условиях сигнал может не доходить до приемника или приходиться со значительными искажениями или задержками. Например, практически невозможно определить свое точное местонахождение внутри железобетонного здания, в тоннеле, в густом лесу. Для решения этой проблемы используются дополнительные навигационные сервисы, такие, например, как А-GPS.

Сегодня в космосе работает несколько ГНСС (табл. 1), находящихся на разных этапах своего развития:

- GPS (или NAVSTAR) – управляется Министерством обороны США; в настоящее время единственная полностью развернутая ГНСС, доступная круглосуточно пользователям по всему миру;
- ГЛОНАСС – российская ГНСС, находящаяся в стадии завершения полного развертывания;



Рис. 1.  
Космический аппарат GPS Block II-F

- Galileo – европейская ГНСС, находящаяся на этапе создания спутниковой группировки.

Упомянем также национально-ориентированные региональные ГНСС Китая и Индии, соответственно – Бэйдоу и IRNSS, находящиеся на стадии разработки и развертывания; они отличаются небольшим количеством спутников.

Рассмотрим некоторые особенности каждой ГНСС.

### GPS

Основной американской системы GPS являются спутники (рис. 1), облетающие Землю по 6 круговым орбитальным траекториям (по 4 спутника в каждой) на высоте примерно 20 180 км. Спутники передают сигналы в диапазонах: L1=1575,42 МГц и L2=1227,60 МГц, последние модели также в диапазоне L5=1176,45 МГц.

Таблица 1

**Характеристика основных ГНСС по состоянию на март 2010 г.**

	GPS	ГЛОНАСС	Galileo
Состояние	Полноценно функционирует, покрывает весь земной шар	Частично функционирует; обеспечивает непрерывную навигацию почти на всей территории России	Тестовый режим
Число спутников на орбите (в т. ч. активных)	31 (24)	23 (18)	2(0)



Рис. 2.  
Космический аппарат ГЛОНАСС-М

Полную работоспособность системы обеспечивают 24 спутника, однако для увеличения точности позиционирования и резерва на случай сбоев общее число спутников на орбите в настоящее время составляет 31 аппарат.

Первоначально GPS предназначалась только для военных целей. Первый спутник был выведен на орбиту 14 июля 1974 г., а последний из всех 24 спутников, необходимых для полного покрытия земной поверхности, был выведен на орбиту в 1993 г. Стало возможным использовать GPS для точного наведения ракет на неподвижные, а затем и на подвижные объекты в воздухе и на земле. Для ограничения доступа к точной навигационной информации для гражданских пользователей вводились специальные поправки, однако с 2000 г. они были отменены, после чего точность определения координат с помощью простейшего гражданского GPS-навигатора составляет 5–15 м (высота определяется с точностью до 10 м) и зависит от условий приема сигналов в конкретной точке, количества видимых спутников и ряда других причин. Использование глобальной системы распространения дифференциальных поправок WAAS повышает точность позиционирования GPS для Северной Америки до 1–2 м.

### ГЛОНАСС

Первый спутник российской спутниковой системы навигации ГЛОНАСС был выведен на орбиту еще в советские времена – 12 октября 1982 г. Частично система была введена в эксплуатацию в 1993 г. и состояла из 12 спутников. Основой системы должны

являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трех орбитальных плоскостях с наклоном 64,8° и высотой 19 100 км. Принцип измерения и диапазоны передачи сигналов аналогичны американской системе GPS ГЛОНАСС.

В настоящее время на орбите находятся 23 спутников ГЛОНАСС (рис. 2). Последние три космических аппарата были выведены на орбиту 2 марта 2010 г. Сейчас используются по целевому назначению 18 спутников. Это обеспечивает непрерывную навигацию почти на всей территории России, причем Европейская часть обеспечена сигналом почти на 100%. По плану полностью система ГЛОНАСС будет развернута к концу 2010 г.

В настоящее время точность определения координат системой ГЛОНАСС несколько ниже аналогичных показателей для GPS (не превышает 10 м), при этом следует отметить, что совместное использование обеих навигационных систем существенно повышает точность позиционирования. Для улучшения работы систем GPS, ГЛОНАСС и Galileo на территории Европы и повышения их точности служит Европейская геостационарная служба навигационного покрытия (EGNOS).

### GALILEO

Европейская ГНСС Galileo предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее 1 м. В отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС, Galileo не контролируется военными ведомствами. Ее разработку осуществляет Европейское космическое агентство. В настоящее



Рис. 3.  
Космический аппарат GIOVE-A

время на орбите находятся 2 тестовых спутника GIOVE-A (рис. 3) и GIOVE-B, запущенных соответственно в 2005 и 2008 гг. Планируется, что навигационная система Galileo полностью будет развернута в 2013 г. и будет состоять из 30 спутников.

### СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАТОРЫ

Как уже отмечалось, составной частью любой спутниковой навигационной системы является приемное оборудование. Современный рынок навигационных приемников (навигаторы) отличается таким же многообразием, как и рынок любой другой электронной и телекоммуникационной продукции.

Все навигаторы можно подразделить на профессиональные приемные устройства (например, геодезические – рис. 4) и приемники,

используемые широким кругом пользователей (так называемые персональные навигаторы, или PND – рис. 5). Остановимся подробнее на последних. Для них используются различные названия: GPS-навигаторы, GPS-трекеры, GPS-приемники, спутниковые навигаторы и т. д. В последнее время популярными становятся навигаторы, встроенные в другие устройства (карманные компьютеры, мобильные телефоны, коммуникаторы, часы и т. д.). Среди собственно спутниковых навигаторов особый большой класс составляют автомобильные навигаторы. Широкое распространение получают и навигаторы, предназначенные для пеших, водных и т. д. походов (их часто называют просто GPS-навигаторы, несмотря на то, что они могут принимать и сигналы ГЛОНАСС).

Обязательной принадлежностью практически всех персональных навигаторов является GPS-чипсет (или ресивер), процессор, оперативная память и монитор для отображения информации.

Современные автомобильные навигаторы способны прокладывать маршрут с учетом организации дорожного движения и осуществлять адресный поиск. Особенностью персональных навигаторов для туристов



Рис. 4. Геодезический GPS/ГЛОНАСС приемник Leica GX1220 GG



Рис. 5. GPS-навигатор Magellan Touch.

является, как правило, возможность приема спутникового сигнала в сложных условиях, например густого леса или горной местности. Некоторые модели имеют водонепроницаемый корпус повышенной удароустойчивости.

Основными производителями персональных спутниковых навигаторов являются:

- Garmin (США; навигаторы для воздушного, автомобильного, мото- и водного транспорта, а также для туристов и спортсменов);
- GlobalSat (Тайвань; навигационное оборудование различного назначения, в т. ч. GPS-приемники);
- Ashtech (быв. Magellan) (США; персональные и профессиональные навигационные приемники);
- МiТас (Тайвань; автомобильные и туристические навигаторы, карманные персональные компьютеры и коммуникаторы со встроенным GPS-приемником под брендами Mio, Navman, Magellan);
- ThinkWare (Корея; персональные навигационные устройства под брендом I-Navi);
- TomTom (Нидерланды; автомобильные навигаторы) и др.



Профессиональное навигационное оборудование, в т. ч. для инженерно-геодезических и маркшейдерских работ, производят такие компании, как Trimble, Javad (США), Topcon (Япония), Leica Geosystems (Швейцария) и др.

Как уже отмечалось, в настоящее время выпускается большое количество персональных навигационных устройств, различающихся по своим возможностям и цене. Мы в качестве иллюстрации опишем особенности только одного достаточно «продвинутого» прибора, для того чтобы охарактеризовать возможности всего класса современных GPS-навигаторов. Это одна из последних новинок популярной серии автомобильных навигаторов – TomTom GO 930 (описание взято с сайта GPS-Клуба – <http://gps-club.ru>).

Модель навигатора TomTom GO 930 (рис. 6) сочетает в себе последние тенденции автомобильной навигации – карты нескольких континентов, беспроводную гарнитуру и уникальную технологию Map Share™.

Все устройства TomTom разрабатываются самой компанией и являются полностью «plug&play», и это означает, что их можно просто вынуть из коробки и начать использовать, не читая длинных инструкций. Интуитивно понятный интерфейс и «иконки» на русском языке позволяют водителям легко проложить маршрут. Ясные голосовые инструкции на русском языке помогают автомобилистам добраться до пункта назначения легко и без лишнего стресса. Навигатор поддерживает функцию беспроводного управления и технологию Enhanced Positioning Technology (EPT), созданную для непрерывной навигации даже в туннелях или плотно застроенных областях.

Поставщиком навигационных карт TomTom является



Рис. 6.  
Автомобильный навигатор TomTom GO 930

Tele Atlas, входящий в TomTom Group. В дополнение к тому, что TomTom имеет полностью русифицированные карты, это единственный поставщик решений для навигации, который предлагает карты Европы и США на избранных моделях навигаторов.

Инфраструктура дорог мира меняется на 15% ежегодно. Поэтому TomTom дает своим пользователям возможность бесплатной загрузки последней версии карт в течение 30 дней с момента первого пользования навигатором, а также доступ к уникальной технологии Map Share™. Пользователи навигаторов TomTom могут загрузить новую карту через сервис TomTom HOME. Таким образом, последняя версия карты может быть доступна в любое время. Более того, автомобилисты могут пользоваться технологией Map Share™ – это бесплатное обновление карты вручную прямо на навигаторе, как только становятся известны изменения на дорогах, путем всего лишь нескольких касаний сенсорного экрана. Пользователи могут вносить изменения названий улиц, ограничения скорости на определенных отрезках пути, направления движения, перекрытые проезды, а также изменения в POI (точки интереса).

Уникальная технология TomTom по совместному использованию карт расширяет навигационные функции: теперь пользователь может мгновенно вносить изменения непосредственно в свою карту. Кроме того, пользователь может получать данные об аналогичных изменениях, выполненных всем сообществом TomTom.

Функция такого совместного использования карт позволяет:

- ежедневно и незамедлительно вносить изменения в карты Вашего устройства TomTom;
- получать доступ к самому крупному в мире сообществу пользователей навигационных устройств;
- ежедневно делиться обновлениями с другими пользователями TomTom;
- получать полный контроль над загружаемыми обновлениями;
- в любой местности использовать самые лучшие и точные карты.

### КАРТЫ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАТОРОВ

Современные навигаторы немислимы без наличия в них полноценных крупномасштабных карт, которые показывают объекты не только по маршруту движения, но и на всей территории обзора (рис. 7).

В навигаторы можно загружать как растровые, так и векторные карты. Об одном из видов растровой информации мы поговорим особо, а здесь же заметим, что отсканированные и загруженные в GPS-приемники бумажные карты – не самый лучший способ отображения пространственной информации. Помимо невысокой точности позиционирования, возникает также проблема привязки координат карты к координатам, выдаваемым приемником.

Векторные цифровые карты, особенно в ГИС-форматах, представляют собой фактически базу данных, где хранится информация о координатах объектов в виде, например, «шейп-файлов» и отдельно качественные и количественные характеристики. При таком подходе в памяти навигаторов информация занимает гораздо меньше места и появляется возможность загружать большое количество полезной справочной информации: бензозаправочные станции, гостиницы, кафе и рестораны, стоянки, достопримечательности и т. д.

Как уже говорилось выше, существуют навигационные системы, позволяющие пользователю дополнять карты навигатора своими собственными объектами.

В некоторых персональных навигационных устройствах, особенно предназначенных для туристов, существует возможность наносить объекты самому (т. е. фактически составлять собственные карты и схемы). Для этих целей предусмотрен специальный несложный графический редактор.

Особо следует остановиться на режимных вопросах. Как известно, в России до сих пор существуют ограничения на использование крупномасштабных топографических карт. Это в достаточной степени сдерживает развитие навигационной картографии. Следует, однако, отметить, что в настоящее время Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) поставила задачу к 2011 г. иметь полное покрытие РФ (экономически развитых районов и городов) цифровыми навигационными картами масштабов 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000. На этих картах будут отображаться навигационная информация, представленная графом дорог, цифровая картографическая подложка и тематическая информация (объекты придорожной инфраструктуры и сервиса).

### НАВИГАЦИОННЫЕ СЕРВИСЫ

Развитие и совершенствование спутниковых навигационных систем и приемного оборудования, а также

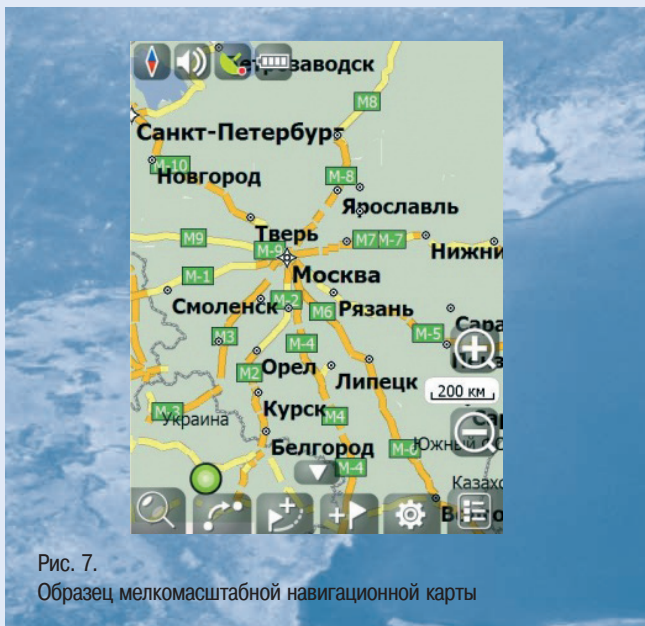


Рис. 7.  
Образец мелкомасштабной навигационной карты

активное внедрение в жизнь WEB-технологий и WEB-сервисов послужили и толчком к появлению различных навигационных сервисов. Многие модели навигаторов способны принимать и учитывать при прокладке маршрута информацию о ситуации на дорогах, по возможности избегая транспортных заторов. Данные о трафике (пробках) предоставляются специализированными службами и сервисами по GPRS-протоколу или из радиозифира по каналам RDS диапазона FM. Подробно работа таких сервисов описана в статье В.В. Зорина, А.С. Коломенского «Практический тест навигационных GPS/ГЛОНАСС-программ с on-line сервисами «пробки» на с. 68 этого выпуска.

### КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ В НАВИГАТОРАХ

Любые навигационные карты достаточно быстро устаревают. Появление космических съемок сверхвысокого пространственного разрешения (в настоящее время космические аппараты WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1 обеспечивают разрешение до 50 см) дают картографии мощный инструмент обновления содержания карт. Однако после обновления карты и до ее выпуска и возможности загрузки в навигационное устройство проходит немало времени. Космические снимки предоставляют возможность сразу получить в

навигаторе самую актуальную информацию.

Особый интерес с точки зрения использования космических снимков представляют собой т. н. LBS-службы. LBS (Location-based service) представляет собой сервис, в основе которого определение местоположения мобильного телефона. С учетом повсеместного развития мобильной связи и расширения услуг, предоставляемых сотовыми операторами, возможности рынка LBS-сервисов трудно переоценить. LBS не обязательно используют GPS-технологии для определения местоположения. Местоположение также может быть определено с использованием базовых станций сотовых сетей GSM и UMTS (подробнее см. в статье Н.Б. Дворкиной, Д.Е. Намиота, Б.А. Дворкина «Мобильные навигационные сервисы и применение технологии OpenCellID для определения местоположения» на с. 80 этого выпуска). Среди LBS-сервисов, предоставляемых российскими операторами, можно назвать «МТС-поиск», «Маячок» от «МегаФона» и др.

Производители мобильных телефонов и навигационных устройств, предоставляя услуги LBS, все больше внимания уделяют космическим снимкам. Приведем в качестве примера компанию Nokia (Финляндия), которая подписала в 2009 г. соглашение с компанией DigitalGlobe, оператором спутников сверхвысокого разрешения WorldView-1, WorldView-2 и QuickBird, об обеспечении

пользователей сервиса Ovi Maps доступом к космическим снимкам (заметим, что Ovi — новый бренд компании Nokia для интернет-сервисов).

Помимо наглядности при навигации по городским территориям (рис. 8), очень полезно иметь подложку в виде космических снимков, путешествуя по малоизученной территории, на которую нет свежих и детальных карт. Сервис Ovi Maps может быть загружен практически во все устройства Nokia.

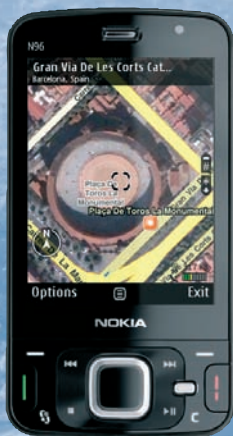


Рис. 8.  
Космический снимок в мобильном телефоне Nokia



Рис. 9.  
Трехмерная навигационная карта

Интеграция космических снимков сверхвысокого разрешения в LBS-сервисы позволяет на порядок повысить их функциональность.

Одна из перспективных возможностей использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса — создание по ним трехмерных моделей. Трехмерные карты отличаются большой наглядностью и позволяют лучше ориентироваться, особенно в условиях городской застройки (рис. 9).

В заключение отметим большую перспективность использования ортотрансформированных снимков сверхвысокого разрешения в спутниковых навигаторах и LBS-сервисах. Компания «Совзвезд» выпускает продукты ОРТОРЕГИОН и ОРТО10, которые базируются на ортотрансформированных снимках с космических аппаратов ALOS (ОРТОРЕГИОН) и WorldView-1, WorldView-2 (ОРТО10). Ортотрансформирование отдельных сцен выполняется по методу коэффициентов рациональных полиномов (RPC) без использования наземных опорных точек, что существенно удешевляет работу. Проведенные исследования показали, что по своим характеристикам продукты ОРТОРЕГИОН и ОРТО10 вполне могут служить основой для обновления навигационных карт соответственно масштабов 1:25 000 и 1:10 000. Ортофотомозаики, представляющие собой фактически фотокарты, дополненные подписями, могут также непосредственно загружаться в навигаторы.

Интеграция космических снимков высокого разрешения в навигационные системы и LBS-сервисы позволяет на порядок повысить их функциональность, удобство и эффективность использования.