

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИС-

Наступні статті надруковані згідно з рішенням секції „Геоінформаційні системи” (керівники секції – доктор фізико-математичних наук, професор А.К. Гнап та Заслужений винахідник України, кандидат технічних наук, професор А.В. Корольов) міжнародної науково-практичної конференції „Соціально-економічні та екологічні проблеми використання і охорони земель в умовах реформування земельних відносин”, яка проводилась у місті Харкові (жовтень 2003 року) Харківським національним аграрним університетом імені В.В. Докучаєва спільно з Міністерством аграрної політики України та Державним комітетом України по земельних ресурсах.

УДК 52:550.3:504,75:574

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

д.ф.-м.н., проф. А.К. Гнап, к.т.н. Н.И. Коваленко, к.ф.-м.н. Н.Я. Рохманов,
М.И. Клименко, А.М. Инягин, А.В. Власов
(Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева)

При использовании Глобальной Системы Позicionирования (GPS) имеются помехи, искажающие передаваемые электромагнитные сигналы в канале распространения. К числу таковых относятся: атмосферные, обусловленные изменением физических свойств атмосферы и ионосферы; межсистемные, создаваемые посторонними радиосредствами; промышленные, связанные с эксплуатацией электроустановок.

Наряду с радиоволнами, несущими полезную информацию, на преобразователь волна-сообщение реальной радиотехнической системы (РТС) всегда воздействуют и помехи различной природы. Существуют виды помех, искажающих передаваемые электромагнитные колебания уже в канале распространения. Кроме того, помехи возникают и на самой приемной стороне, так как процессу преобразования волны в сооб-

щении всегда сопутствуют шумы антенно-фидерного тракта и внутри-приемные шумы [1].

Диалектика прогресса радиоэлектроники такова, что, сколь бы внушительными выглядели успехи в нейтрализации помех путем непосредственного воздействия на их источники (разработка новых образцов малощумящей приемоусилительной техники, совершенствование мероприятий по регламентации радиосвязи и электромагнитной совместимости и пр.), требования к качеству передачи и извлечения информации в РТС растут опережающими темпами [2]. К тому же источники ряда помех, например атмосферных, вообще неподвластны ни создателям РТС, ни регламентирующим органам. Поэтому первоочередной заботой разработчиков и эксплуатационщиков любой РТС является достижение необходимой помехоустойчивости, т.е. достаточного иммунитета в отношении тех или иных помех [3]. Важнейшие вопросы помехоустойчивости [4] при использовании системы глобального позиционирования раскрыты ниже.

Геодезическая съемка с помощью приемника GPS начала широко применяться при проведении инвентаризации сельскохозяйственных угодий реформированных коллективных сельскохозяйственных предприятий Украины, подлежащих распаеванию. Применение GPS-приемников позволило значительно сократить время проведения полевых геодезических работ и частично ускорить проведение камеральных работ. Помимо этого сократилось количество работников, требуемых для проведения полевых работ.

На основании полученного опыта при инвентаризации сельскохозяйственных угодий, применение GPS-съемки используется при инвентаризации лесных массивов. Но также интенсивно применять GPS-приемники не позволяет то, что при использовании системы деревья закрывают часть горизонта, следовательно, количество спутников, от которых принимается сигнал, уменьшается, точность координирования ухудшается, что в некоторых случаях не позволяет проводить съемку. И если на окраине леса возможность для съемки существует, то при координировании лесных кварталов применение приемников GPS практически ограничено и зачастую невозможно.

В случае невозможности применения при съемке приемников GPS, используют комбинированную съемку – дополнительно используют оптико-механические и оптико-электронные геодезические приборы. С помощью приемников GPS координируют съемочное обоснование, а с помощью оптико-механических и оптико-электронных геодезических приборов снимают ситуацию. Такая ситуация позволяет значительно сократить время на проведение привязки планового основания к государственной геодезической сети, так как зачастую пункты триангуляции

и полигонометрии в районе полевых работ уничтожены полностью, а ближайшие привязочные пункты находятся на значительном расстоянии.

GPS-координирование применяется также при инвентаризации водных объектов, но только в комбинированном варианте. Это обуславливается потребностью в съемке гидротехнических сооружений на водном объекте в крупном масштабе и потребностью высотной съемки для определения нижнего подпорного уровня воды и величины уклона берегов. Скорость крупномасштабной съемки GPS-методом ниже, чем при проведении обычной съемки. Погрешность приемников GPS при определении высоты над уровнем моря (координаты Z) примерно в 10 раз больше, чем определение плоскостных координат (X и Y).

Высотная съемка, с использованием приемников GPS, применима для определения общего характера рельефа при проведении полевых работ и составлении картограмм крутизны склонов на пахотных землях. Это возможно осуществить закрепленным на сельскохозяйственной машине приемником GPS, который накапливает измерения и пространственные данные. На основании полученной информации составляется картограмма крутизны склонов.

При этом следует использовать преимущества приемников GPS во время выполнения таких работ:

- координирование планового обоснования;
- координирование криволинейных контуров;
- координирование линейных объектов;
- работы при плохих климатических условиях и при плохом освещении;
- малом количестве пикетов на единицу площади (мелкомасштабная съемка).

Несмотря на ряд преимуществ, GPS-съемка уступает обычной в случаях:

- большом количестве пикетов на единицу площади (крупномасштабная съемка);
- высотной съемки;
- работы на участках с закрытым горизонтом (отсутствие достаточного количества спутников, от которых идет прием сигнала);
- работы на участках с большими радиопомехами;
- ограничение объемом памяти приемника времени работы в поле.

GPS-технологии прошли путь от коротких заметок в газетах, заявив о своем существовании, до реального применения в повседневной жизни: навигация воздушного транспорта, морская навигация, позиционирование мобильных боевых единиц. В настоящее время GPS все чаще

применяется в обычных автомобилях, других наземных транспортных средствах.

При развитии технологий GPS расширяется сфера ее применения. Так увеличение точности определения координат местоположения точки позволяет в ряде случаев с успехом заменить привычные оптико-механические и оптико-электронные геодезические приборы.

Технология GPS позволяет решать геодезические задачи различных уровней от инвентаризации частных земельных участков до создания государственной геодезической сети. Производительность труда при этом значительно возрастает. Для этого применяются GPS-приемники, которые работают в дифференциальном режиме и являются фазовыми, а также кодовыми.

Едва ли найдется более быстрый способ определения координат множества точек на земной поверхности для создания Геоинформационных систем, чем с помощью GPS-приемника. Устанавливая приемник на транспортном средстве, можно за короткий срок определить место расположения той или иной дороги. Полученная информация может быть оперативно введена в геоинформационную систему и отмечена на цифровой карте. Поэтому GPS-технологии широко используется во всем мире для целей накопления данных в ГИС.

Простота и оперативность в получении данных – это позитивная сторона при использовании GPS-технологий. Но есть недостатки – не всегда система глобального позиционирования функционирует на необходимом уровне или вообще работает.

Наличие данных и их качество зависит от количества спутников, сигналы которых в настоящее время принимает приемник. Качество данных будет допустимым, если количество спутников будет не менее 6. При уменьшении количества принимаемых спутниковых сигналов менее 4, позиционирование осложняется (рис. 1).

На точность определения позиции определяюще влияет спутниковая геометрия. При сближении двух спутников друг к другу увеличивается область определения вероятного местоположения точки.

Уровень сигнала, передаваемый спутником, называемый также отношением сигнал-шум, является мерой информативности сигнала по отношению к присутствующему в нем шуму. Уменьшение этой пропорции приводит к потере информации в шуме. Качество сигнала улучшается по мере увеличения уровня сигнала. Качество данных будет плохим, если сигнал одного из спутников оказывается меньше 6.

Низкий уровень сигнала позволяет применять систему позиционирования при навигации, но при геодезических работах – недопустимо.

Сигналы GPS-спутников всегда слабы. Фоновый шум в большинстве случаев “громче” GPS-сигнала. Поэтому вычисление следует рассматривать как приближительные.

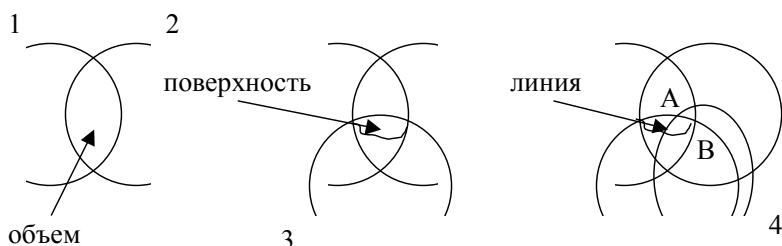


Рис. 1. Сферические поверхности (1, 2, 3, 4), куда приходят одновременно сигналы от четырех спутников. Линия АВ определяет координаты измеряемого объекта. Для точного определения координат объекта необходим пятый спутник

Наиболее распространенные причины, которые приводят к ослаблению спутниковых сигналов:

- сигнал от спутника, расположенного в определенной области неба, может приниматься менее качественно; данный эффект зависит от диаграммы направленности антенны;
- чем ниже спутник расположен над горизонтом, тем более слабый сигнал достигает антенны, ибо сигнал от низкого спутника проходит по более длинному пути в тропосфере и ионосфере;
- сигнал отражается от поверхностей и достигает центра антенны не по прямой линии, а по ломаной (эффект многолучевости), может приходиться несколько сигналов;
- сигнал достигает антенны после прохождения через препятствия, растения или кроны деревьев.

На точность определения координат оказывают влияние ошибки, возникающие при проведении измерений. Природа этих ошибок различна:

- неточное определение времени, ибо при всей точности временных эталонов искусственных спутников земли (атомные часы) есть некоторая погрешность шкалы времени аппаратуры спутника; возникает систематическая ошибка определения плановых координат более 0,5 метра;
- ошибка вычисления орбит появляется вследствие неточностей прогноза и расчета эфемерид спутников, выполняемых в аппаратуре

приемника; эта погрешность имеет систематический характер и ведет к ошибке измерения плановых координат около 0,6 метра;

- инструментальная ошибка приемника обусловлена наличием шумов в его электронном тракте; отношение сигнал-шум приемника определяет погрешность вычисления псевдодальности; координатная ошибка 1 – 2 метра;

- многолучевость распространения сигнала проявляется во вторичных отражениях сигнала спутника от крупных поверхностей, расположенных вблизи приемника; возникает явление интерференции, и измеренное расстояние оказывается больше действительного; ошибка может составить около 2 метров;

- ионосферные задержки сигнала возникают при прохождении через ионизированный атмосферный слой на высотах 50 – 500 км, который содержит свободные электроны; они вызывают задержку распространения сигнала спутника, которая прямо пропорциональна концентрации электронов и обратно пропорциональна квадрату частоты радиосигнала; величина остаточной ионосферной задержки может вызывать погрешность определения псевдодальности около 10 метров;

- тропосферные задержки сигнала наблюдаются в самом нижнем от поверхности Земли слое атмосферы (высота 8 – 15 км); они обуславливают задержку сигнала от спутника и могут вызывать ошибку измерения псевдодальностей до 1 метра.

Величины, обусловлены двумя выше приведенными пунктами, могут варьироваться в зависимости от активности Солнца в предыдущие сутки и от величины ионизационных потоков, которые идут в сторону Земли. При вычислении суммарной ошибки необходимо учитывать взаимное расположение GPS-приемника и геометрическое расположение спутников рабочего созвездия. Для этого вводится специальный коэффициент геометрического ухудшения точности, на который необходимо умножать все перечисленные выше ошибки. Типичное значение коэффициента колеблется от 2 до 4. При значении коэффициента 4 система работает со значительными погрешностями.

Из производственной и исследовательской практики можно сделать следующие выводы и практические рекомендации по повышению точности использования системы GPS:

- спутниковый сигнал может быть принят из любого направления, поэтому для получения эффективного результата антенну необходимо устанавливать на участке с максимально открытым районом неба, вплоть до горизонта. Вблизи высоких строений и плотных крон деревьев сигнал обычно блокируется;

– нельзя вести измерения на участках, через которые проходит сфокусированное микроволновое излучение и местах расположенных вблизи мощных радиолокационных станций, так как микроволновое излучение искажает GPS-сигнал;

– необходимо избегать участков вблизи металлических конструкций и поверхностей, в связи с возможностью экранизации сигнала. Так при установке приемника на транспортном средстве антенну следует устанавливать снаружи кабины;

– антенну базовой станции необходимо размещать в местах с наиболее открытым горизонтом, потому что мобильный приемник может захватывать спутники, невидимые с базовой станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Радиотехнические системы: Учебник для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов; Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.*
2. *Судовая радиоэлектроника и радионавигационные приборы. Учебник для высших инженерных морских училищ / А.М. Байрачевский, А.В. Жерланов, А.А. Ильин. – М.: Транспорт, 1988. – 271 с.*
3. *Бадалов А.Л., Михайлов А.С. Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС. Справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – 272 с.*
4. *Коваленко М.Й., Клименко М.І., Власов О.В., Гнап А.К. Вплив природних умов на ідентифікацію сигналів GPS // Проблеми інформатики і моделювання. – Х.: ХПИ. – 2002. – 35 с.*

Поступила 15.09.2003

ГНАП Арлен Карлович, доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой физики и агрометеорологии Харьковского национального аграрного университета. Окончил ХГУ в 1965 году. Область научных интересов – радиофизика и электроника.

КОВАЛЕНКО Николай Иосифович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры высшей математики и физики Харьковского национального аграрного университета. Окончил ХГУ в 1971 году. Область научных интересов – радиофизика и электроника.

РОХМАНОВ Николай Яковлевич, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр., старший научный сотрудник Харьковского Национального Университета им. В.Н. Каразина. Область научных интересов – влияние электромагнитных излучений и экология.

КЛИМЕНКО Максим Иванович, студент ХНАУ. Область научных интересов – GPS.
ИНЯГИН Алексей Михайлович, ассистент ХНАУ. Область научных интересов – вопросы обработки экологической информации.

ВЛАСОВ Александр Владимирович, преподаватель ХНАУ. Область научных интересов – вопросы обработки экологической информации.
