

GRAFNAV/GRAFNET. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.Н. Воронов («ГНСС плюс»)

В 2002 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». С 2005 г. работал в ЗАО «ПРИН», с 2013 г. — в Группе компаний «Геодезия и Строительство». С 2019 г. работает в ООО «ГНСС плюс», в настоящее время — директор по развитию.

А.И. Козырев («ГНСС плюс»)

В 1982 г. окончил Московский геологоразведочный институт им. Серго Орджоникидзе по специальности «горный инженер-геофизик». После окончания института по 1991 г. работал в Кавалеровской геофизической экспедиции Приморгеологии (Владивосток), с 1998 г. по 2002 г. — в Приморском аэрогеодезическом предприятии (Владивосток), с 2004 г. — в ЗАО «ПРИН». С 2017 г. работает в ООО «ГНСС плюс», в настоящее время — ведущий инженер.

В последние несколько лет использование высокоточного навигационного оборудования на подвижных объектах находит все большее применение. ГНСС-приемники и OEM-платы, комплексированные (ГНСС + ИНС) системы устанавливаются на воздушных, морских и наземных транспортных средствах с целью выполнения различных задач в гражданских и военных отраслях.

Аэросъемка и мониторинг объектов с помощью БПЛА, точное земледелие, морская и речная навигация, высокоточные гидрографические изыскания с координатной привязкой, управление беспилотными автомобилями и иными транспортными средствами — вот лишь неполный перечень областей применения навигационного оборудования.

Пространственные данные о траектории движения транспортного средства, а именно, о

трехмерном положении объекта в отдельно взятый момент времени, могут быть получены в режиме реального времени или в процессе постобработки накопленных измерений в специализированном программном обеспечении.

Признанным мировым лидером обработки кинематических ГНСС-измерений по праву является программный пакет GrafNav/GrafNet программных продуктов Waypoint компании NovAtel. Первая версия программного пакета появилась в 1990-х гг. и уже тогда обладала обширным инструментарием обработки данных. Актуальной в настоящее время версией GrafNav/GrafNet является 8.90.

Программный пакет состоит из двух программ — GrafNav и GrafNet.

Программа GrafNet предназначена для обработки и уравнивания данных статических измерений с целью получения

высокоточных координат опорных базовых станций съемочной сети (рис. 1), как частный случай — одиночной базовой станции.

Программа GrafNav предназначена для обработки кинематических ГНСС-измерений, т. е. для высокоточного вычисления траектории движущегося объекта, например, при аэросъемке с БПЛА (рис. 2).

Использование в программном пакете GrafNav/GrafNet данных всех действующих в настоящее время глобальных навигационных спутниковых систем, уточняющей информации сторонних сервисов, а также большое количество настраиваемых параметров обработки позволяет получать результаты с максимальной точностью и надежностью. Обширный набор средств анализа и контроля качества как «сырых» данных, так и результатов обработки дают возможность отре-

дактировать загруженные в проект данные и подобрать параметры обработки таким образом, чтобы получить наилучшее решение, надежность которого не вызвала бы никаких сомнений.

GrafNav/GrafNet понимает и принимает в обработку «сырые» данные ГНСС-измерений в оригинальных форматах практически всех основных производителей спутникового навигационного оборудования, а также данные в универсальных форматах RINEX 2.0/2.1/2.2/3.0/3.01/3.02/3.03 и RTCM 3.0/3.1/3.2.

Входящая в программное обеспечение Waypoint утилита Download Service Data позволяет скачивать «сырые» данные с тысяч общедоступных постоянно действующих базовых станций, а также файлы точных эфемерид и часов спутников ГНСС с различных общедоступных серверов, что позволяет провести обработку методом PPP. Таким образом, для многих областей применения, не требующих строгой привязки к пунктам геодезической сети в районе работ, можно получить высокоточные координаты как статических точек, так и траекторий, не используя дифференциальный режим измерений, и, как следствие, отпадает необходимость использования базовой станции (станций).

Основными особенностями и возможностями программного пакета GrafNav/GrafNet версии 8.90 являются следующие:

- полноценная обработка данных ГНСС по двум частотам GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo и QZSS;

- мультибазовая дифференциальная обработка траекторий от 3-х базовых станций с возможностью загрузки в проект данных с 32-х базовых станций;

- настраиваемая обработка L1 + L2 (включает E5b, B2I) или

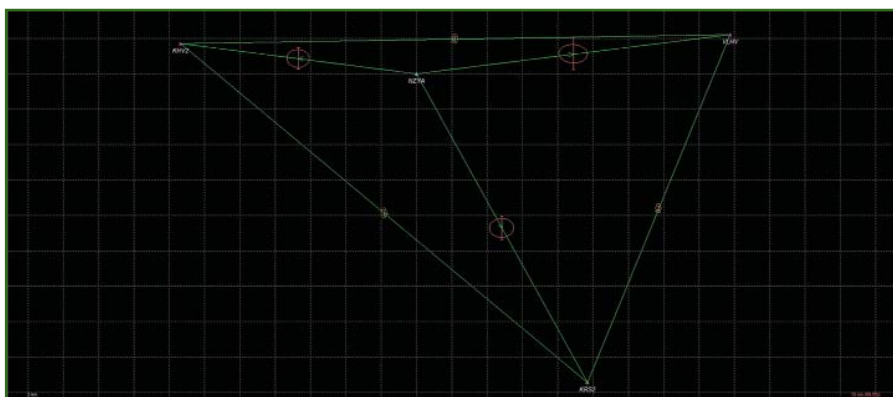


Рис. 1

Сеть опорных базовых станций в программе GrafNet

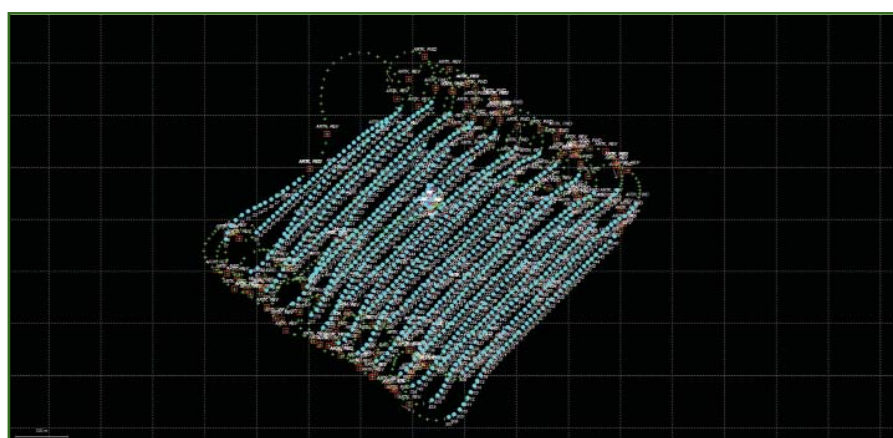


Рис. 2

Траектория БПЛА при аэро съемке с метками событий в программе GrafNav

L1 + L5 (включает E5b, B2a) для различных приложений;

- наличие модуля PPP для высокоточной постобработки ГНСС-измерений одним приемником в автономном режиме (без использования базовых станций);

- обработка в прямом и обратном по времени направлениях с автоматическим формированием комбинированного решения;

- обработка подвижной базовой линии для определения относительного позициони-

Форматы файлов «сырых» измерений ГНСС-оборудования, поддерживаемые программой GrafNav/GrafNet:

- Conexant Juniper/NAVICOR;
- CSI SLX/DGPS Max;
- Hemisphere DGPS Max;
- Javad/Topcon GRIL/OEM;
- Leica MX/SR/System 500/System 1200/MC1000;
- Magellan CAR/MOB/ProMark;
- Magellan (Ashtech/Thales) RT/B-File/DSNP;
- NAVCOM OEM;
- NovAtel OEM2–OEM7/CMC;
- Septentrio SBF;
- Sirf BINARY;
- Trimble DAT/RT/TSIP/TIPY;
- U-BloxAntaris.

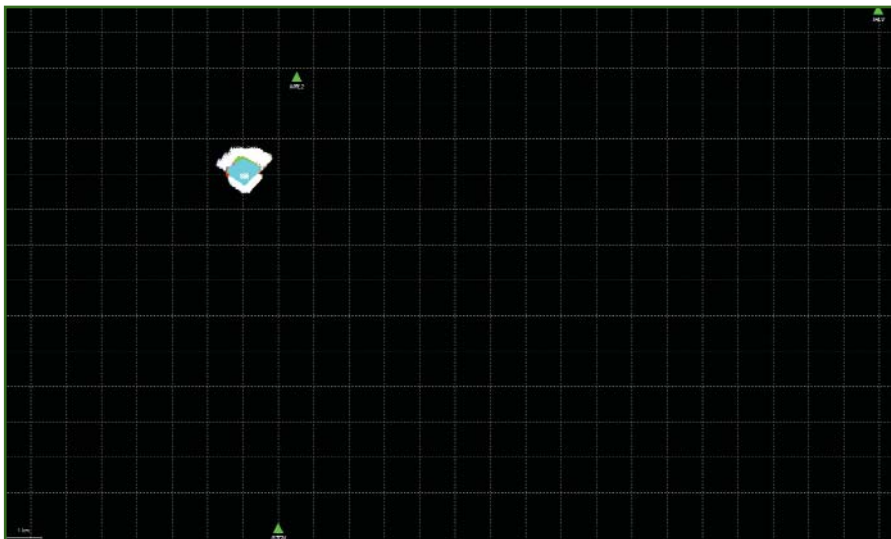


Рис. 3
Мультибазовая обработка траектории БПЛА при аэросъемке

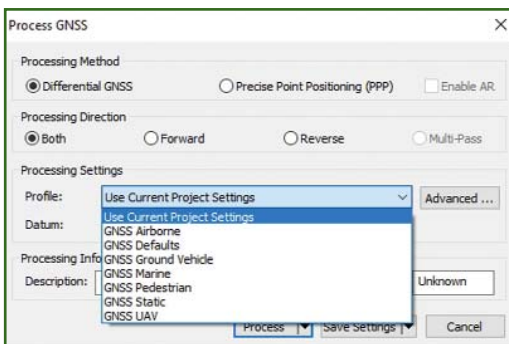


Рис. 4
Выбор стандартной настройки (профиля) обработки в программе GrafNav

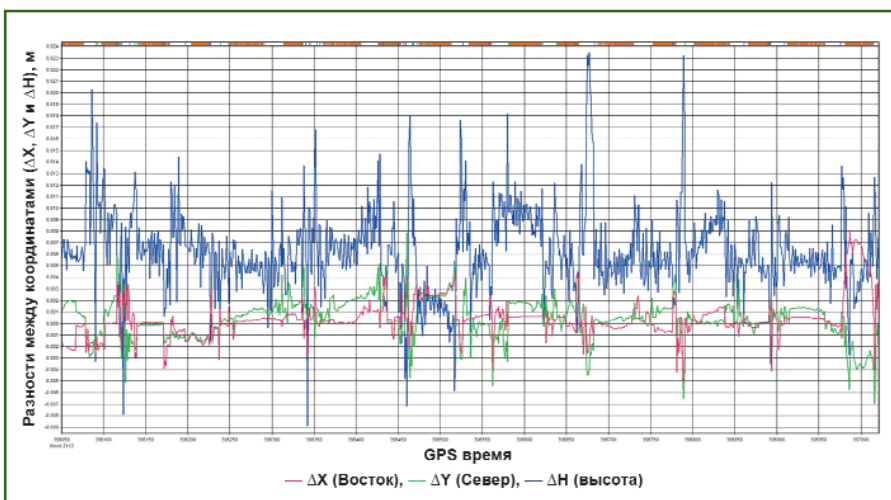


Рис. 5
Разности между координатами (ΔX , ΔY и ΔH) точек траектории, полученной при обработке в прямом и обратном по времени направлениях в программе GrafNav

использовать для улучшения результатов дифференциальной обработки на длинных и сверхдлинных «базисах»;

- экспорт в формате ASCII, с возможностью создания пользовательского формата;

- прямой экспорт в форматы Google Earth, RIEGL POF/POQ, DXF и SBET;

- отчеты в формате HTML.

Из перечисленных возможностей отдельного внимания заслуживают мультибазовая обработка, обработка в прямом и обратном по времени направлениях, обработка в режиме PPP и встроенные шаблоны обработки с автоматическим распознаванием метода сбора данных. Остановимся на них подробнее.

Мультибазовая обработка — это вычисление координат точек траектории одновременно от трех базовых станций при возможности загрузки в проект исходной информации с 32-х базовых станций. При этом программа сама определяет, данные каких базовых станций будут использованы в обработке конкретного участка траектории в зависимости от удаленности и качества «сырых» измерений, причем эта комбинация плавно меняется по мере увеличения расстояния от одних базовых станций и приближения к другим.

Пользователю доступны отчеты о количестве используемых базовых станций, расстояниях до них, проценте их использования в решении в виде графиков со шкалой времени по оси X. Таким образом, программный пакет GrafNav/GrafNet является идеальным инструментом для обработки кинематических ГНСС-измерений (траекторий), полученных на больших по площади или протяженности объектах (рис. 3).

Для упрощения процесса настройки параметров обработки в программе GrafNav уже есть предустановленные на-

стройки (профили) типичных режимов кинематической съемки, выполненной на воде, в воздухе или на земной поверхности (рис. 4).

Сбор кинематических данных траектории осуществляется в интервале времени от t_0 до t_n . Программа GrafNav обладает уникальным алгоритмом обработки в прямом (от t_0 до t_n) и обратном (от t_n до t_0) по времени направлениях с последующим комбинированием обоих решений. Сравнение результатов этих решений является одним из основных критериев оценки качества результатов обработки траектории (рис. 5).

Для получения результатов методом PPP есть возможность выбора режима многократной обработки в прямом и обратном по времени направлениях (Multi-Pass), что позволит наилучшим образом учесть влияние атмосферы на прохождение сигналов от навигационных спутников (рис. 6).

В программе GrafNav предусмотрена возможность вывода результатов обработки в различных форматах, а также настройка пользовательского формата ASCII. Результаты

могут быть экспортированы в необходимой системе координат. Для этих целей программное обеспечение Waypoint обладает обширной библиотекой известных систем координат, а также набором инструментов для создания пользовательской системы координат.

Начиная с версии 8.70, в программах Waypoint возможна подписка на сервис TerraStar NRT, который позволяет получать высокоточные результаты обработки методом PPP уже через 15 минут после сбора «сырых» измерений, так как сервис TerraStar NRT — это доступ к данным высокоточных эфемерид и часов ГНСС-спутников на сервере TerraStar. На общедоступных серверах эта информация появляется спустя 2–3 недели.

На рис. 7 показан график сравнения результатов обработки одной и той же траектории дифференциальным методом от базовой станции и методом PPP с использованием подписки на сервис TerraStar NRT (Enable AR).

Постоянную составляющую ΔY можно объяснить возможным различием исходных данных.

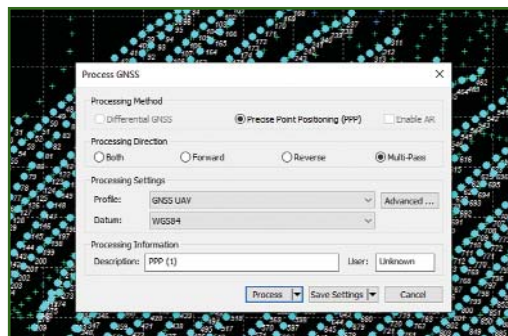


Рис. 6
Выбор режима Multi-Pass при использовании метода PPP

Программный пакет GrafNav/ GrafNet на протяжении многих лет успешно применяется в России разработчиками комплексных решений и рядовыми пользователями.

Возможности программы и алгоритмы обработки постоянно совершенствуются и дополняются, что позволяет GrafNav/GrafNet занимать лидирующую позицию в своем сегменте.

Официальным дилером программного обеспечения Waypoint компании NovAtel на территории Российской Федерации является компания «ГНСС плюс».

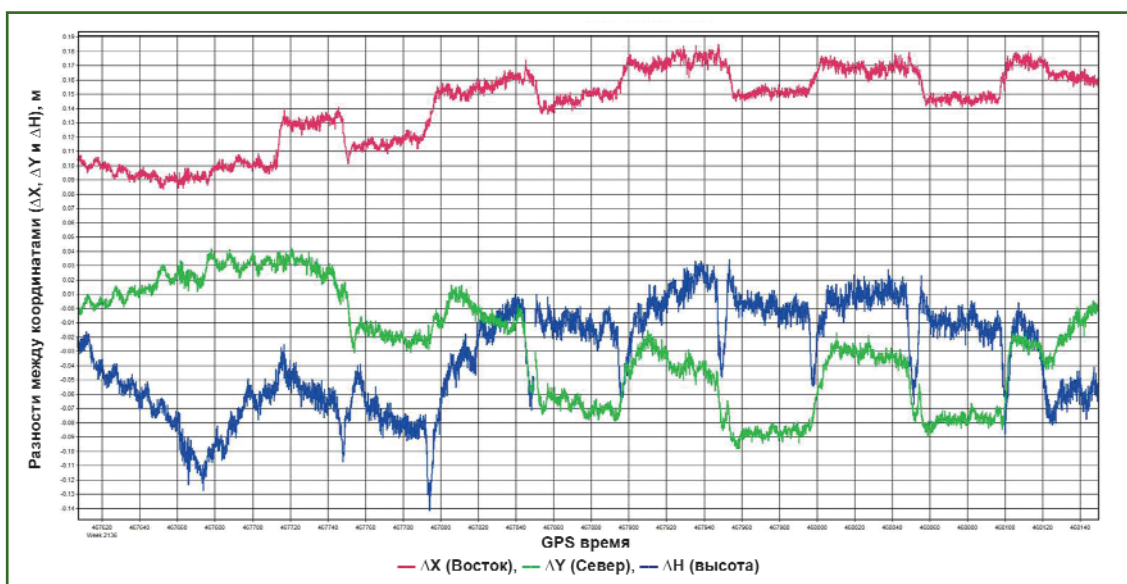


Рис. 7
Разности между координатами (ΔX , ΔY и ΔH) точек траектории, полученной дифференциальным методом и методом PPP с использованием сервиса TerraStar NRT