

ПРОГЕООФИС — ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГНСС-ИЗМЕРЕНИЙ

Ф.С. Бахарев (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 2009 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная информатика в геодезии». После окончания университета работал в МИИГАиК, с 2010 г. — в ООО «Джавад Джи Эн Эс Эс». С 2022 г. работает в АО «НИИМА «Прогресс», в настоящее время — ведущий инженер-программист. Кандидат технических наук.

А.В. Бойков (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 1985 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия», в 1989 г. — МИЭМ по специальности «инженер-математик». Работал в организациях Минобороны РФ, в РосНИЦ «Земля», в ООО «Топкон Позиционинг Системс» и в ООО «Джавад Джи Эн Эс Эс». С 2022 г. работает в АО «НИИМА «Прогресс», в настоящее время — ведущий инженер-программист. Кандидат технических наук.

А.И. Разумовский (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 1978 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия», в 1988 г. — факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «прикладная математика». После окончания МИИГАиК работал в ЦНИИГАиК, в компании Ashtech, в Институте точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН и в ООО «Джавад Джи Эн Эс Эс». С 2022 г. работает в АО «НИИМА «Прогресс», в настоящее время — начальник группы. Кандидат технических наук.

В.Г. Удинцев (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 1982 г. окончил отделение геофизики геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых». Работал в ИФЗ РАН, в КБ Роспромбанк и в ООО «Джавад Джи Эн Эс Эс». С 2022 г. работает в АО «НИИМА «Прогресс», в настоящее время — ведущий инженер-программист.

Программа ПроГеоОфис (ПГО) предназначена для постобработки измерений, полученных геодезическими приемниками ГНСС в статическом режиме, а также в кинематическом режиме при аэросъемке и наземной топографической съемке. Используются данные глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) — ГЛОНАСС, GPS, Galileo, Beidou, QZSS, IRNSS. Программа работает под управлением операционных систем Windows и Linux.

Отличительной особенностью программы ПГО является «картография на глобусе». В графическом интерфейсе содержатся необходимые инструменты для навигации к объ-

ектам, используемым в проекте при выполнении основных функций постобработки, уравнивания и анализа результатов. Имея минимальный опыт работы с геоинформационными системами (ГИС), пользователь самостоятельно и в короткое время может обработать измерения и сформировать отчет для сдачи выполненных работ.

Картографическое окно (рис. 1) является элементом программы, позволяющим выполнять как групповую, так и выборочную обработку данных. В нем отображаются объекты и связи между ними, вызываются информационные таблицы и графики. Картографическое окно включает слои, свойствами

которых можно управлять — скрывать видимость, применять настройки цвета. В качестве слоев предоставляются векторные и растровые карты. Использование подписей объектов позволяет выполнять визуальный анализ качества результатов постобработки и уравнивания.

Закладки носят не только информативный характер. Используя таблицу или график вертикального профиля, можно исключать данные из постобработки. В качестве критерия отбора применяются вычисленные на эпоху навигационные высоты, PDOP, спутники. В таблицах отбор данных легко выполнить с помощью сорти-

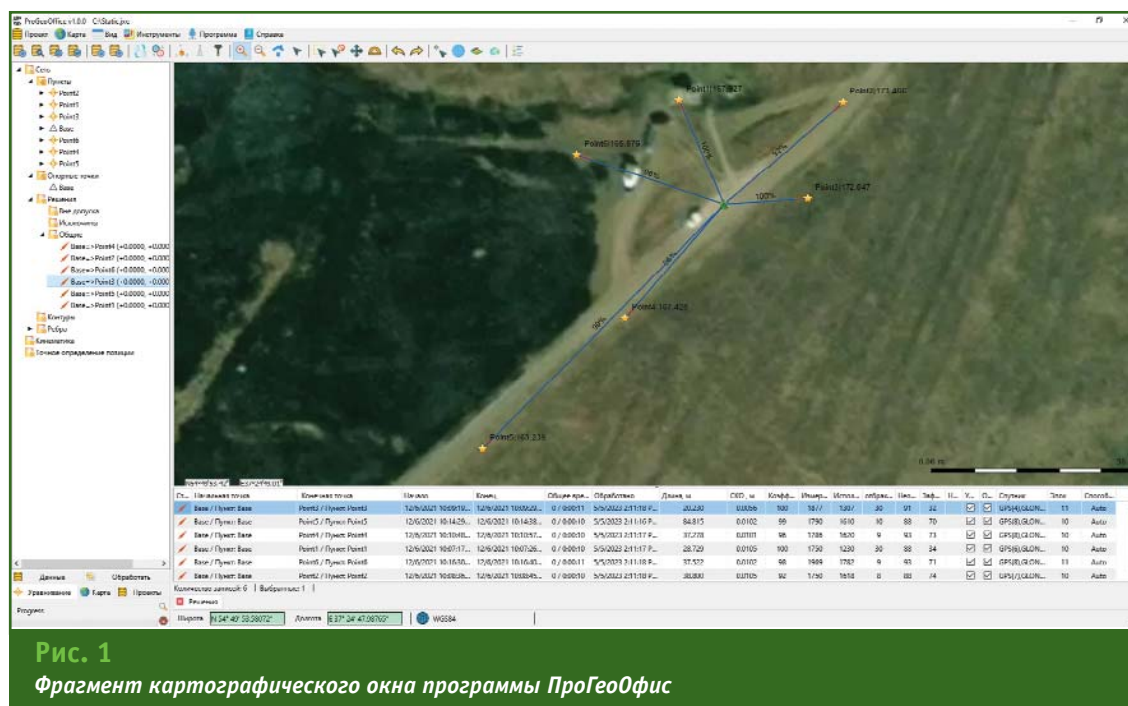


Рис. 1
Фрагмент картографического окна программы ПроГеоОффис

ровки, а на графике — с помощью курсора или специального инструмента — выбора в прямоугольнике. Облако навигационных решений позволяет выделить эпохи с некачественной измерительной информацией.

▼ Основные модули программы

Импорт. Предусмотрен импорт файлов исходных ГНСС-измерений в форматах RINEX версий 2.11–3.05, Hatanaka, архивированных файлов некоторых форматов, точных эфемерид, результатов калибровки антенн. Имеется возможность импорта папки. В этом случае программа сама выбирает данные из всех, вложенных в папку, проверяя их на дублирование. Такой способ импорта позволяет автоматически сформировать правильную конфигурацию построений. В панели проекта создаются новые объекты — *Выборки, Приемники, Файлы*, которые отображаются в закладке «Данные». Структура обеспечивает корректный импорт файлов многоантенных приемников, а также содержащих данные сразу нескольких базовых

станций. Дерево объектов может быть отсортировано по дате, имени, размеру и типу. Картографическое окно заполняется точечными объектами — *Пунктами и Векторами* — линейными объектами, объединяющими наблюдения, выполненные одновременно.

Топология геометрических построений обеспечивается на основе параметра «Допуск для статики», который настраивается в свойствах проекта, исходя из плотности местоположения съемочных точек. Подобный подход позволяет однозначно формализовать критерий соответствия объектов карты и реальных съемочных точек, что необходимо для автоматизации обработки данных. Качественную оценку измерений можно выполнить по графику исходных измерений (рис. 2).

Постобработка. Рекомендуемая длина статического *Вектора*, по которому могут быть получены решения с точностью измерений 1–2 см, составляет 300 км. Тестовая постобработка линий длиной 3000–5000 км, выполненная на сети CORS (США), показала максимальные

расхождения с каталогом порядка 5–6 см. Для определения координат пунктов, удаленных на подобное расстояние, предлагается использовать режим PPP (Precise Point Positioning), который обеспечивает точность 1–2 см. Алгоритмы вычислений используют как двойные, так и одинарные разности фазовых и кодовых измерений, а также доплеровские данные. Обработка выполняется в пакетном варианте или отдельными векторами. С помощью графического интерфейса пользователь имеет возможность исключить из обработки отдельные спутники и произвольные интервалы наблюдений (рис. 3), устанавливать режимы обработки, выбирать тропосферную модель. Большое количество настроек имеет модуль обработки в режиме кинематики, что позволяет наиболее эффективно учитывать различные режимы движения геодезического приемника ГНСС.

Уравнивание. Геодезические сети и траектории движения геодезического приемника ГНСС уравниваются параметрическим способом. По условию

замыкания контуров выполняется оценка точности постобработки.

Окончательные координаты пунктов могут быть получены при уравнивании с привязкой к опорным точкам. Рекомендуется сначала выполнить уравнивание свободной сети, чтобы исключить недостоверные или грубые решения. Для определения недостоверных решений можно выбрать автоматический или интерактивный режим. Свободная сеть уравнивается с псевдообращением матрицы нормальных уравнений. Поми-

мо уравнивания с оценкой невязок в геоцентрической системе координат имеется возможность выбора топоцентрической системы координат, что позволяет выявить специфические ошибки определения высот антенн.

События. Модуль обработки событий предназначен для интерполяции координат по временным меткам. Некоторые геодезические спутниковые приемники позволяют аппаратным образом добавлять в файл спутниковых данных моменты срабатывания затвора объекти-

ва аэрофотосъемочного аппарата (АФА). Информация о моментах событий сохраняется в базе данных программы. Обработчик событий содержит инструменты ведения базы данных об АФА: параметры объектива, редукции центра проекции камеры относительно спутниковой антенны. Для интерполирования координат на произвольные моменты времени используется кубические сплайны (рис. 4). Координаты событий могут быть проинтерполированы как по вычисленному, так и по навигационному решению.

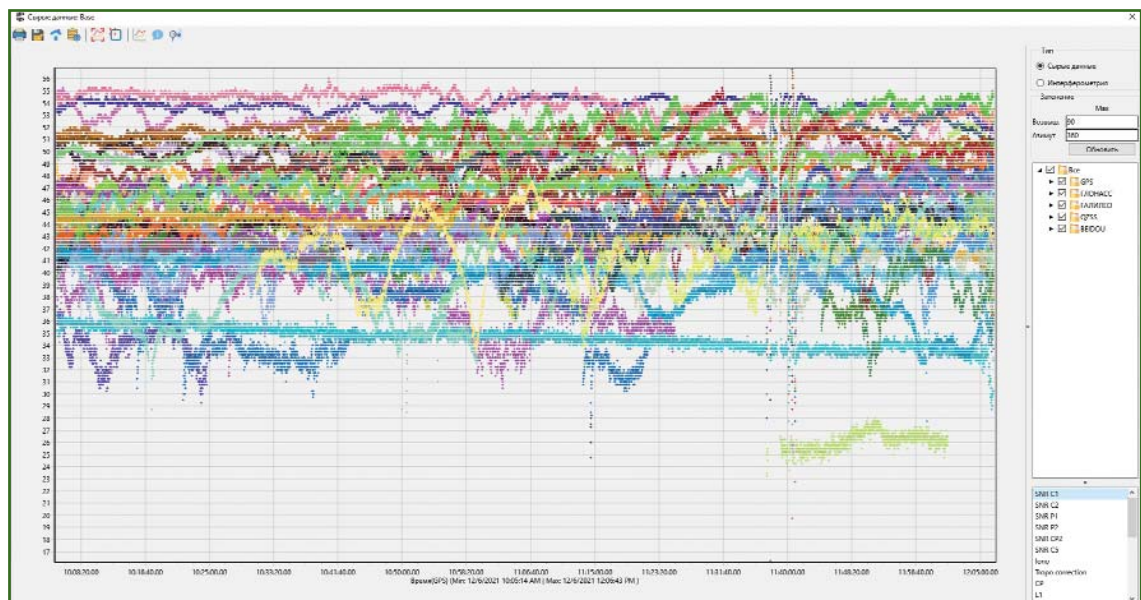


Рис. 2
Графики исходных измерений

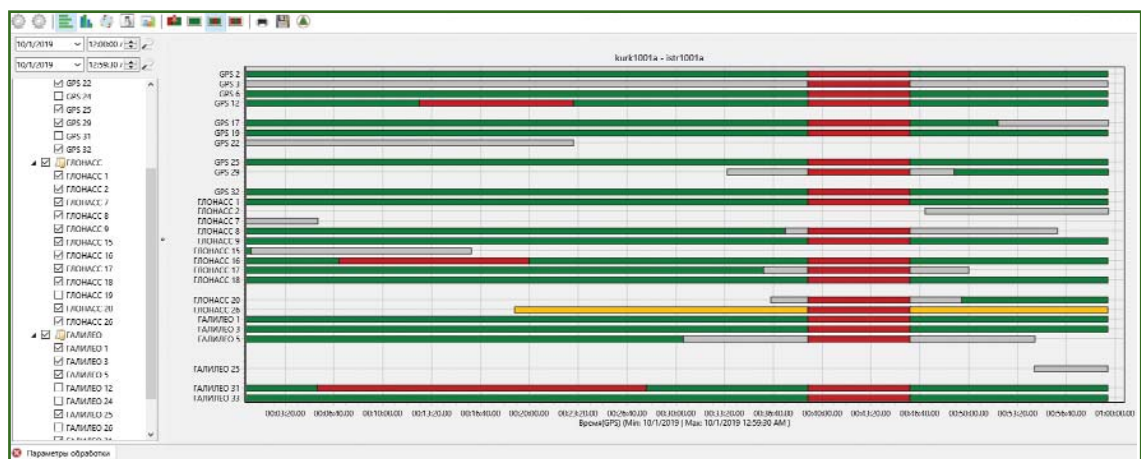


Рис. 3
Графический интерфейс пользователя в процессе обработки измерений

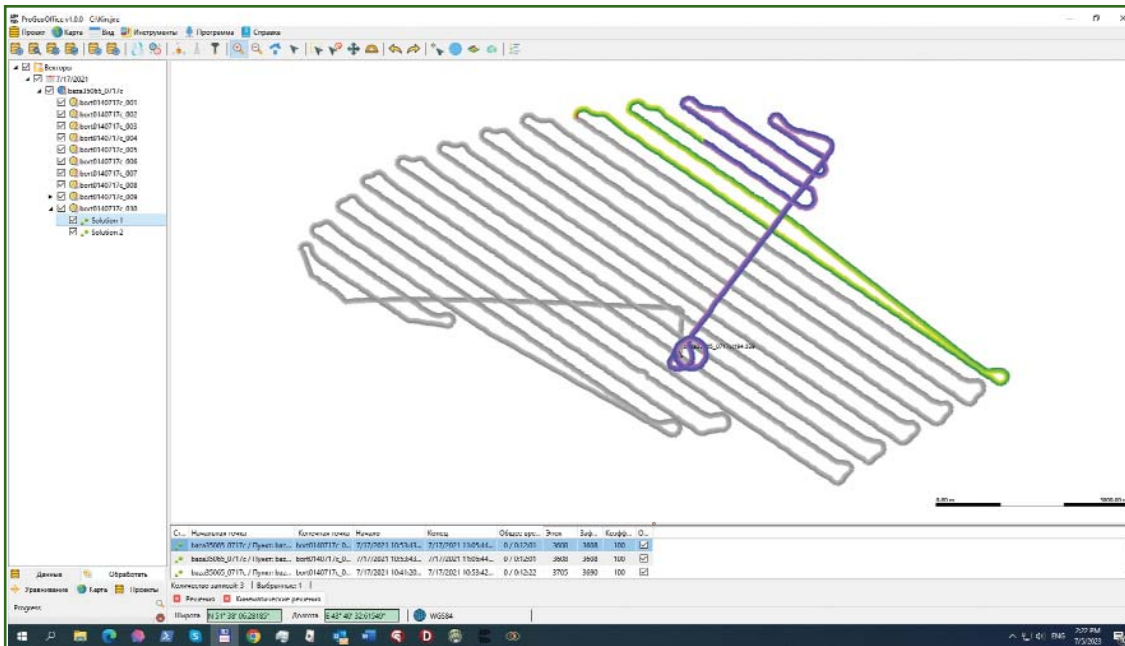


Рис. 4
Динамическое изменение цвета точечных объектов траекторий

Время	Тип метки	Широта	Долгота	Высота, м	DX (N), м	DY (E), м	DZ (U), м	Азимут	СКО, м
1234269728.0629406	_XA	N 51° 26' 51.28799"	E 7° 16' 11.10890"	264.5079	2.600	-3.475	-0.952	143° 11' 40.34622"	1.8590
1234269731.5799903	_XA	N 51° 26' 50.88016"	E 7° 16' 11.49297"	264.1368	2.874	-3.343	2.125	139° 18' 46.99815"	1.7936
1234269734.8970836	_XA	N 51° 26' 50.45252"	E 7° 16' 11.89441"	264.0195	3.207	-3.695	0.006	139° 02' 49.26731"	1.8099
1234269737.9941364	_XA	N 51° 26' 50.03079"	E 7° 16' 12.28356"	264.5389	2.617	-4.049	0.240	147° 07' 38.93934"	1.7147
1234269741.4434686	_XA	N 51° 26' 49.59259"	E 7° 16' 12.65301"	263.7551	1.535	-5.036	-0.483	163° 02' 35.37098"	1.6165
1234269744.5923056	_XA	N 51° 26' 49.15727"	E 7° 16' 12.99599"	264.1019	2.769	-2.612	-0.134	133° 19' 51.17035"	1.6635
1234269747.6805983	_XA	N 51° 26' 48.72809"	E 7° 16' 13.40858"	263.7353	3.414	-3.004	1.227	131° 20' 51.33466"	1.8219
1234269750.6754750	_XA	N 51° 26' 48.32083"	E 7° 16' 13.83190"	264.6312	3.193	-4.075	1.720	141° 54' 53.18368"	1.7834
1234269753.8627708	_XA	N 51° 26' 47.89048"	E 7° 16' 14.21062"	264.7706	2.075	-4.969	-0.452	157° 20' 24.97939"	1.7884
1234269757.1600524	_XA	N 51° 26' 47.43111"	E 7° 16' 14.59796"	265.7241	2.862	-3.890	1.351	143° 39' 20.44108"	1.8064

Рис. 5
Интерполирование координат на произвольный момент времени

Динамическое изменение цвета точечных объектов траекторий в зависимости от численных статистических характеристик наглядно отражает точность решений на отдельных участках при обработке данных, полученных в режиме кинематики (рис. 5).

Общая функциональность программы обеспечивается наличием следующих модулей:

- Менеджер координатных систем — выбор и импорт в проект необходимых систем координат, создание новых систем координат, расчет датума и локализация. Поддерживается пакетная обработка текстовых файлов, содержащих координаты;

- Менеджер опорных точек — создание и хранение в базе данных программы опорных точек, обмен опорными точками с проектом;

- Менеджер антенн — выбор антенн из стандартного списка, создание клонов антенн из стандартного списка с возможностью редактирования, создание новых антенн вручную, импорт файлов с параметрами антенн в форматах ANTEX и ANTINFO.

- Слой постоянно действующих базовых станций CORS и IGS для скачивания файлов измерений и координат на эпоху проекта позволяет в случае отсутствия опорных точек вычислить координаты пунктов

в системах координат ITRF2008 и ITRF2014.

Программа ПроГеоОфис может стать хорошей альтернативой аналогичным разработкам иностранных компаний, покинувших российский рынок, поскольку она ни в чем не уступает программному обеспечению Trimble, Leica, Topcon и Javad.

Техническая поддержка осуществляется опытными геодезистами, хорошо ориентирующимися в специфике геодезического производства в РФ. Также обеспечиваются своевременное обновление и актуализация программы ПроГеоОфис при появлении новых ГНСС и модификации существующих.