

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЗИЦИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С ПОМОЩЬЮ ПО JUSTIN ИЛИ «ОБРАТНЫЙ» RTK

А.И. Разумовский (JAVAD GNSS)

В 1978 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия», а в 1988 г. — факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «прикладная математика». После окончания МИИГАиК работал в ФГУП «ЦНИИГАиК», с 1994 г. — в компании Ashtech, с 1996 г. — в Институте точной механики и вычислительной техники им. С.В. Лебедева РАН. С 2005 г. работает в компании JAVAD GNSS, в настоящее время — руководитель группы постобработки ГНСС измерений и ГИС. Кандидат технических наук.

Продолжая описание программы Justin, начатое в журнале «Геопрофи» № 3 и № 5 за 2011 г., хотелось бы рассказать об обработке данных ГНСС в режиме реального времени. Сразу уточним, что речь пойдет об определении координат при статическом положении спутникового приемника, но в реальном времени, как это делается при съемке точек местности с помощью хорошо известного режима RTK (кинематика реального времени). Этот режим подразумевает передачу данных в формате RTCM/CMR сообщений от спутникового приемника, установленного на базовой станции, на подвижный (съёмочный) спутниковый приемник, который использует эти сообщения совместно с данными ГНСС с целью определения точных координат съёмочной точки (точного позиционирования).

Первоначально для передачи RTCM сообщений, как правило, использовались УВЧ радиомодемы. На стационарной (исходной) точке устанавливался мощный передатчик, а на определяемой (съёмочной) — менее мощный принимающий модем. Такая схема организации связи была односторонней, поэтому вычисление координат могло проводиться только на съёмочной точке. С появлением GPRS модемов коммуникационная

схема принципиально изменилась и стала симметричной. На исходной и определяемой точках используются одинаковые модемы и, с точки зрения передачи информации, уже не имеет значения на какой из них генерируются RTCM сообщения и где они совместно обрабатываются. Так, например, они могут обрабатываться в программном обеспечении Justin, обладающем опцией «обратного» RTK.

Обрабатывать данные на персональном компьютере с использованием офисного ПО предпочтительнее по многим причинам. Во-первых, офисная программа обработки легче отлаживается и настраивается под конкретные запросы пользователя. Помимо координат можно определять азимуты, расстояния и взаимное положение многих приемников, проводить мониторинг смещений. Во-вторых, значительно проще, чем в полевых условиях, использовать ресурсы сети Интернет. На основании данных, получаемых с распределенной сети подключенных к Интернет приемников базовых станций, можно интерполировать ионосферную поправку, что очень важно для обработки данных, поступающих с удаленных съёмочных точек. Используя векторные карты, космические снимки и цифровые модели рельефа, легко контролировать

плановые и высотные координаты, проверять достоверность вычислений. Но главное достоинство «обратного» RTK заключается в том, что появляется возможность выполнить так называемое многобазовое решение, т. е. вычисление приращений координат относительно нескольких базовых станций одновременно.

Преимущество многобазового решения для определения координат позиции в режиме реального времени не очевидно, так как основным источником погрешностей, осложняющих обработку данных ГНСС в режиме RTK, являются данные, полученные на определяемой точке. Базовые станции обычно располагаются в наилучших условиях. Возникает вопрос так называемых тривиальных, т. е. взаимно зависимых векторов, или насколько улучшается решение при добавлении базовых станций.

Известно, что целью съемки, выполняемой методом RTK, является получение фиксированного решения, которое в отличие от нефиксированного, должно гарантировать точность определения координат позиции не хуже 5–6 см, что составляет примерно треть длины несущей волны (~0,20 м). Если остаточные уклонения фазовых измерений превышают в своем большинстве половину длины

волны, то ни о какой определенности в отношении разрешения неоднозначностей говорить не приходится.

Фиксированное решение — это качественная характеристика, которая устанавливается разработчиком алгоритма пост-обработки или даже настраивается пользователем на основании некоторых эмпирических представлений об уровне контраста решения.

Начальным этапом фиксации является получаемое методом наименьших квадратов (МНК) нецелочисленное решение неоднозначностей. В нем одновременно содержатся поправки в координаты и неоднозначности фазовых измерений. В последние годы для перехода к целочисленному решению обычно используется Lambda метод, который выполняет декорреляцию исходных данных (первые и вторые разности фазовых измерений коррелированы) и предоставляет решение в виде некоторых целочисленных наборов неоднозначностей, наиболее подходящих полученному плавающему решению (см. P.J. de Jonge, C.C.J.M. Tiberius (1996): The LAMBDA method for integer ambiguity estimation: implementation aspects. Delft Geodetic Computing Centre LGR Series, No.12, Delft University of Technology).

Таких наборов может быть получено много. Контраст фиксированного решения — это отношение средних квадратических погрешностей остаточных уклонений фазовых измерений, получаемых при подстановке в исходные данные двух целочисленных наборов, дающих наилучшие средние квадратические оценки. Критерий фиксированного решения имеет пороговое значение контраста не менее 2. По умолчанию в приемниках JAVAD используется величина, равная четырем. Впрочем, ее легко изменить с помощью специальных команд.

Величина контраста фиксированного решения зависит от многих условий и, в первую очередь, от продолжительности периода наблюдений, расстояния между исходной и определяемой точкой. Наиболее критичным параметром при выполнении съемочных работ является продолжительность наблюдений, поскольку используемый в Lambda методе алгоритм декорреляции разностей фазовых измерений неустойчив на малых сериях измерений, и возможны ошибочные фиксации неоднозначностей, связанные со случайными скачками величины контраста, особенно при малом количестве спутников.

Надежность Lambda метода повышается при объединении данных нескольких базовых станций, поскольку увеличивается количество уравнений, а новые неизвестные при этом не добавляются, так как базовые станции находятся на фиксированном расстоянии друг от друга и их взаимные неоднозначности уже определены. Указанное соображение легло в основу метода «обратного» RTK или опции RTK++, реализованной в программе Justin.

Чтобы воспользоваться опцией RTK++, необходимо иметь несколько спутниковых приемников, подключенных к Интернет.

Для подключения к приемникам программы Justin, настройки и получения координат одного или нескольких приемников в режиме RTK++ достаточно выбрать в главном меню пункт «Инструменты», а затем — «RTCM» (рис. 1). Приемники ГНСС других производителей должны быть настроены на передачу RTCM 3.0 сообщений. Если же используются приемники компании JAVAD, то программа автоматически переведет их в необходимый режим.

В окне «Receivers» будет отображаться информация о поступающих RTCM сообщениях и характеристики подключенных спутниковых приемников (рис. 2). Настройка связи со всеми приемниками, как находящимися на базовых станциях, так и используемыми для съемки, осуществляется одинаково, поскольку все они, без исключения, настраиваются только на передачу сообщений. Главное, чтобы программа Justin и все спутниковые приемники были подключены к Интернет, например, через Ethernet, GPRS, Wi-Fi или как-то иначе. В режиме RTK++ можно обрабатывать данные 20–30 спутниковых приемников одновременно. Количество приемников, которые могут быть доступны в программе, ограничено лишь пропускными возможностями каналов связи.

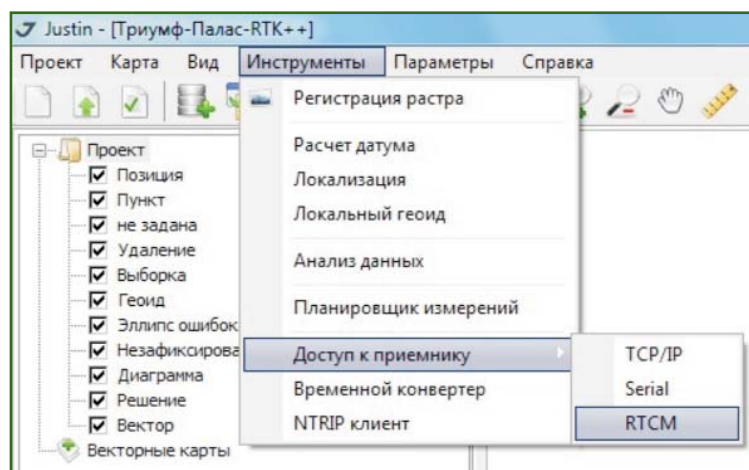


Рис. 1
Опция RTK ++

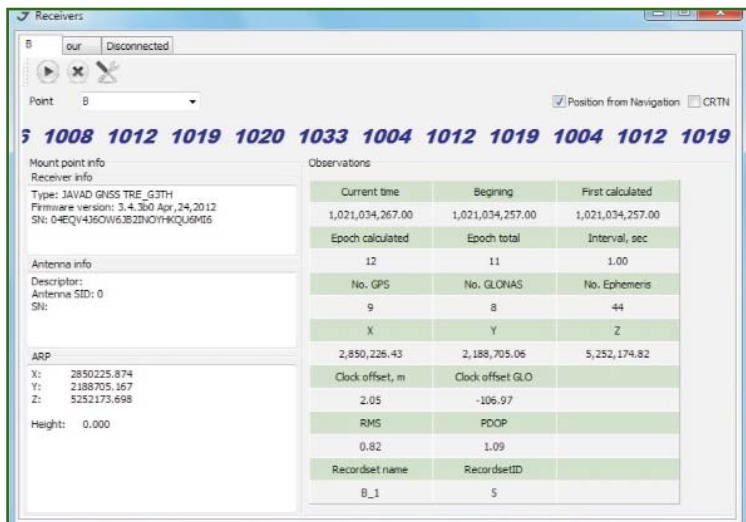


Рис. 2
Передача RTCM сообщений

В диалоговом окне «Receivers» необходимо указать только IP-адрес приемника. Если добавить псевдоним, то под этим именем приемник будет отображаться в картографическом окне, когда поступят данные о координатах.

Далее, остается указать, какие из приемников являются исходными, а какие — определяемыми (съёмочными). Программа начинает накапливать данные и параллельно запускается процедура вычисления координат съёмочных точек. Основными параметрами решения являются: его тип (фиксированный/плавающий) и допустимые погрешности приращений координат, которые могут быть заданы в XYZ или NEU. Накопление и обработка поступающих данных происходит в автоматическом режиме, пока установленные критерии решения не будут выполнены.

В картографическом окне отображается точное положение объекта и показывается эллипс ошибок (рис. 3). Если не остановить процесс обработки, то такие точки будут создаваться непрерывно. Краткая сводка результатов решений записывается в текстовый файл, который можно использовать для анализа. Кроме того, для каждого реше-

ния может быть составлен один из стандартных отчетов, сгенерированный программой Justin.

Однако этим не ограничиваются возможности применения программы Justin для обработки данных. На приемники, используемые для съемки, посылается специальное сообщение, и, в случае применения приемни-

В отличие от обычного RTK, когда необходимо приобретать соответствующие опции для каждого приемника, метод, реализованный в программе Justin, позволяет значительно уменьшить затраты, так как постобработка выполняется в самой программе.

Подчеркнем еще раз, что метод «обратного» RTK дает преимущество по сравнению с традиционным методом только в отношении надежности получения фиксированного решения, которое устанавливается на основе величины контраста. Иногда достигается преимущество во времени наблюдений на точке. Точность определения координат конкретной реализации при использовании этого метода повышается незначительно и лишь до определенного предела. Поэтому метод «обратного» RTK следует использовать для топографической съемки или аналогичных полевых работ. Его также можно рекомендовать при геодезическом обеспечении

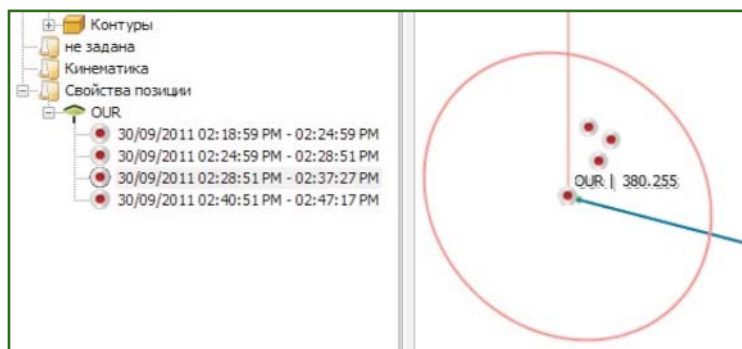


Рис. 3
Отображение решения в картографическом окне

ков серии TRIUMPH компании JAVAD GNSS, наблюдатель будет мгновенно информирован о завершении работ на точке. Наибольшее преимущество получают при этом пользователи программы для полевого сбора данных Tracy (JAVAD) и приемника TRIUMPH-VS, так как исполнителю становится доступна полная информация о решении, что помогает оптимизировать процесс полевых измерений.

строительства в тех случаях, когда использование электронных тахеометров затруднительно, например при передаче координат на большие высоты.

RESUME

The article describes the method of the inverse RTK implemented in Justin software, which gives an advantage over traditional methods in obtaining fixed solutions in surveying and structures monitoring.