

УДК 528

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ  
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙС. О. МАКАРОВ<sup>1</sup>, А. Д. ТИХОНОВ<sup>2</sup><sup>1</sup>Российский университет транспорта<sup>2</sup>Государственный университет по землеустройству  
Москва, Россия

Практически всегда, когда заходит речь о создании геодезических сетей для решения тех или иных задач, важную роль играет выбор исходной геодезической основы. Согласно существующим инструкциям, необходимо использовать пункты государственной геодезической сети (далее – ГГС). Однако на сегодняшний день существует проблема, что пункты могут быть утрачены, а невязки оставшихся пунктов могут быть значительными.

Актуальность работы обусловлена тем, что совершенствуются различные методики как полевых, так и камеральных геодезических работ, благодаря чему увеличивается точность геодезических построений. Внедрение международной глобальной системы координат (ITRF) позволяет определения координаты с высокой точностью, при этом не опираясь на каркасные пункты, что является перспективным методом.

Одним из актуальных методов обработки данных является метод высокоточных координатных определений, или по-другому Precise Point Positioning (PPP). Полученные данные обрабатываются с использованием высокоточных эфемерид, содержащих поправки к времени бортовых часов, атмосферные (ионосферные и тропосферные). Благодаря этому появилась возможность определения пространственных координат с высокой точностью, к тому же одним из явных преимуществ может являться использование всего лишь одного ГНСС-приемника.

На сегодняшний день существуют различные реализации как программных обеспечений, так и интернет-сервисов для обработки по PPP-алгоритму. Более подробно они были рассмотрены в [1].

Для выполнения практической части была сформирована спутниковая сеть, состоящая из пяти пунктов, расположенных на расстоянии 40...70 км. RINEX-файлы для формирования данной сети были взяты с сети базовых станций EFT COORS [2]. Впоследствии ринекс-файлы были обработаны с использованием двух интернет-сервисов: Trimble-RTX и CRSR.

После обработки по PPP-алгоритму были найдены эталонные приращения координат, полученные путем вычитания эталонных координат между собой, взятых с карточек базовых станций EFT-COORS. Также были найдены вычисленные приращения координат. Впоследствии были найдены разности приращений координат, приведенные в табл. 1.

Табл. 1. Разности приращений координат при использовании RTX

|           | 1 ч        |            |            | 2 ч        |            |            | 3 ч        |            |            | 4 ч        |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|           | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ |
| MSK-ODIN  | -0,006     | 0,015      | 0,008      | -0,015     | 0,011      | -0,001     | -0,016     | 0,011      | -0,003     | -0,019     | 0,009      | -0,009     |
| MSK-ZHDR  | 0,014      | 0,016      | 0,021      | 0,003      | 0,011      | 0,004      | -0,001     | 0,012      | 0,006      | -0,003     | 0,010      | 0,002      |
| MSK-NGNK  | 0,004      | 0,024      | 0,045      | -0,008     | 0,019      | 0,031      | -0,011     | 0,019      | 0,033      | -0,015     | 0,017      | 0,028      |
| MSK-LOBN  | 0,000      | 0,014      | 0,021      | -0,006     | 0,013      | 0,015      | -0,008     | 0,012      | 0,010      | -0,010     | 0,012      | 0,010      |
| ZHDR-LOBN | -0,014     | -0,002     | 0,000      | -0,009     | 0,002      | 0,011      | -0,007     | 0,001      | 0,004      | -0,007     | 0,002      | 0,008      |

Разности приращений координат, полученные при использовании CRSR, приведены в табл. 2.

Табл. 2. Разности приращений координат при использовании CRSR

|           | 1 ч        |            |            | 2 ч        |            |            | 3 ч        |            |            | 4 ч        |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|           | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta Z$ |
| MSK-ODIN  | -0,007     | 0,015      | 0,000      | -0,013     | 0,013      | -0,011     | -0,015     | 0,012      | -0,013     | -0,016     | 0,011      | -0,014     |
| MSK-ZHDR  | 0,015      | 0,012      | 0,015      | 0,006      | 0,010      | -0,001     | 0,002      | 0,009      | 0,002      | 0,001      | 0,008      | 0,002      |
| MSK-NGNK  | 0,001      | 0,017      | 0,037      | -0,010     | 0,014      | 0,019      | -0,014     | 0,013      | 0,021      | -0,015     | 0,012      | 0,020      |
| MSK-LOBN  | 0,001      | 0,019      | 0,019      | -0,004     | 0,020      | 0,009      | -0,009     | 0,017      | 0,004      | -0,010     | 0,015      | 0,008      |
| ZHDR-LOBN | -0,014     | 0,007      | 0,004      | -0,010     | 0,010      | 0,010      | -0,011     | 0,008      | 0,002      | -0,011     | 0,007      | 0,006      |

### Вывод.

Анализируя табл. 1 и 2, можно заметить, что разности приращений координат при использовании RTX и CRSR практически одинаковы и отличаются лишь на несколько миллиметров. Разности приращений координат, получаемые при наблюдении более трех часов, практически не отличаются.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров, С. О. Анализ точности координат геодезических пунктов, определенных с помощью PPP-сервисов / С. О. Макаров, А. Д. Тихонов // Качество, инновации, образование. – 2021. – № 3 (173). – С 71–81.

2. Trimble RTX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trimblertx.com/>. – Дата доступа: 15.01.2022.