

Технология визуального позиционирования для решения геодезических задач

Я. А. Некрестов^{1}, Е. Г. Гиенко¹*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: Northy123@yandex.ru

Аннотация. Цель работы – представить возможности системы визуального позиционирования для выполнения геодезических работ. Выполнено описание технологии визуального позиционирования и принципов его работы. Представлены результаты съемки с помощью визуального позиционирования и в режиме RTK с последующей обработкой и анализом полученных данных. Поскольку нормативной документации по визуальному позиционированию в настоящее время в России не существует, следует ориентироваться на требования к точности выполнения геодезических работ с помощью ГНСС-оборудования, так как точность получаемых координат со снимка напрямую зависит от точности определения местоположения ровера в режиме RTK во время съемки конкретной группы изображений. Показано, что визуальное позиционирование позволяет значительно сократить затраты времени и сил на выполнение полевых геодезических съемок, при этом увеличить объем сбора данных, сохраняя сантиметровую точность.

Ключевые слова: Визуальное позиционирование, фотограмметрия, геодезия, ГНСС-измерения, RTK

Technology of Visual Positioning for solving survey problems

Y. A. Nekrestov^{1}, E. G. Gienko¹*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: Northy123@yandex.ru

Abstract. The purpose of the work is to study the possibilities of a visual positioning system for performing geodetic work. There are description of the technology of visual positioning, principles of operation and technical characteristics of the equipment in the article. For the experiment, a survey was performed using visual positioning and in with RTK mode, followed by processing and analysis of the data obtained. Due to the fact that there is currently no regulatory documentation for visual positioning in Russia, one should be guided by the requirements for the accuracy of performing geodetic work using GNSS equipment, since the accuracy of the obtained coordinates from the image directly depends on the accuracy of determining the location of the rover in RTK mode while capturing a specific group of images. It is shown that visual positioning can significantly reduce the time and effort spent on field surveys, while increasing the amount of data collection, while maintaining centimeter accuracy.

Keywords: Visual positioning, photogrammetry, survey, GNSS-measurements, RTK

Введение

В настоящее время технология визуального позиционирования реализована в единичном геодезическом оборудовании, а именно, ровере Leica GS18 I. Визуальное позиционирование является дополнением к режиму реального времени (Real Time Kinematic, RTK).

В ходе выполнения геодезических работ часто возникает проблема невозможности получения координат некоторых точек с помощью ГНСС-измерений ввиду их физической недоступности, большие затраты времени и сил на съемку геометрически сложных объектов, а также многие другие проблемы, которые можно решить с помощью визуального позиционирования.

Однако на сегодняшний день существует недостаточно научно-технических исследований по данной новой технологии, а также отсутствует нормативная документация по ее применению. Описание технологии представлено в виде демонстрационных вебинаров в среде Интернет.

В настоящей статье представлены результаты испытания технологии визуального позиционирования в сравнении с технологией ГНСС-измерений в режиме RTK.

Методы и материалы

Схема эксперимента:

- выполнить съемку нескольких объектов в режиме RTK;
- выполнить съемку тех же объектов с помощью визуального позиционирования;
- оценить погрешность определения координат визуальным позиционированием на различных расстояниях в зависимости от условий измерения;
- по снимкам определить координаты объектов, отснятых в режиме RTK;
- сравнить координаты, полученные с помощью визуального позиционирования и режима RTK.

Для получения результатов измерений использовался ровер Leica GS18 I [1] в паре с контроллером Leica CS30 [2]. Полный перечень технических характеристик ГНСС-аппаратуры представлен на сайте производителя [1]. Обработка измерений выполнялась в программном обеспечении Leica Captivate [3] и Leica Infinity [4]. Оборудование для выполнения измерений и программное обеспечение для обработки измерений было предоставлено компанией Гексагон Геосисемс РУС [5].

В основе технологии визуального позиционирования лежит фотограмметрическая стереосъемка с последующей обработкой цифровых изображений [6]. Для выполнения съемки с помощью визуального позиционирования необходимо фиксированное решение в режиме RTK, а также соблюдение хороших условий съемки. Производитель рекомендует соблюдать хорошую освещенность, спокойную скорость ходьбы и расстояние до объекта от 2 до 10 метров [7]. В процессе съемки следует направить камеру в сторону координируемого объекта и по дугообразной траектории с обычной скоростью ходьбы выполнить съемку. В результате получается группа снимков, на которых, с помощью стереопар, можно получать координаты отдельных точек непосредственно на контроллере в ПО Captivate, либо получить полноценное облако точек в Leica Infinity. При соблюдении хороших условий съемки, точность получения координат со снимков составляет от 1 до 4 см. Также на точность координат влияет используемое ПО. Таким образом, ввиду более упрощенных алгоритмов для оптимизации про-

изводительности контроллеров, в Captivate точность может быть ниже, чем с использованием Leica Infinity на персональном компьютере. Также точность может существенно понизиться из-за несоблюдения условий съемки, например, при плохом сигнале со спутников или от базовой станции, плохой освещенности или слишком большом и маленьком расстоянии до объекта.

Результаты

В ходе эксперимента выполнена съемка с помощью визуального позиционирования и вычислены координаты с помощью ПО Leica Captivate двух точек, 1 и 2, на расстоянии примерно 5 метров от прибора. Координаты этих же точек были получены по результатам ГНСС-измерений в режиме RTK, от базовой станции Leica GS16, находящейся на расстоянии 10 м. Разности координат точек, полученных двумя способами, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Разности координат точек, полученных с помощью RTK
и визуального позиционирования (ВП)

Название точки	ΔE , м	ΔN , м	ΔU , м
1(RTK)-1(ВП)	0,064	0,024	0,082
2(RTK)-2(ВП)	0,012	0,023	0,023

Так как точность визуального позиционирования зависит от точности решения RTK, вычислены средние квадратические погрешности (СКП) координат точек с учетом погрешностей в режиме RTK и при визуальном позиционировании. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Средние квадратические погрешности определения разностей
координат точек визуальным позиционированием

Названия точек	СКП в плане, м	СКП по высоте, м
1(RTK)-1(ВП)	0,027	0,031
2(RTK)-2(ВП)	0,024	0,022

Как видно из таб. 1, разность координат точки 1, определенной разными методами, составляет величину 6,4 см на восток, 2,4 см на север и 8,2 см по высоте, что превышает ожидаемую СКП на основании технических характеристик аппаратуры (таб. 2). Причиной такого большого расхождения может являться то, что данная точка была найдена алгоритмом ПО Leica Captivate на малом количестве фотографий из-за плохой различимости контура и гораздо менее тщательной обработки изображений на контроллере по сравнению с обработкой на ПК. Для того, чтобы избежать таких больших ошибок, рекомендуется соблюдать хорошие условия съемки и допустимое расстояние до объекта.

В то же время разница между координатами точки 2 составляет 1,2 см на восток, 2,3 см на север, а также 2,3 см по высоте, что соответствует техническим характеристикам аппаратуры. Следует отметить, что вычисление координат точки 2 выполнялось на ПК в ПО Leica Infinity.

Также была выполнена съемка здания с расстояния около 20 метров, что больше максимального рекомендуемого на 10 метров. Целью съемки является оценка точности определения координат хорошо различимых контуров с помощью визуального позиционирования выше рекомендуемого расстояния.

Координаты хорошо различимого контура в виде угла текста на вывеске вычислены в ПО Leica Infinity. Результаты представлены на рис. 1.

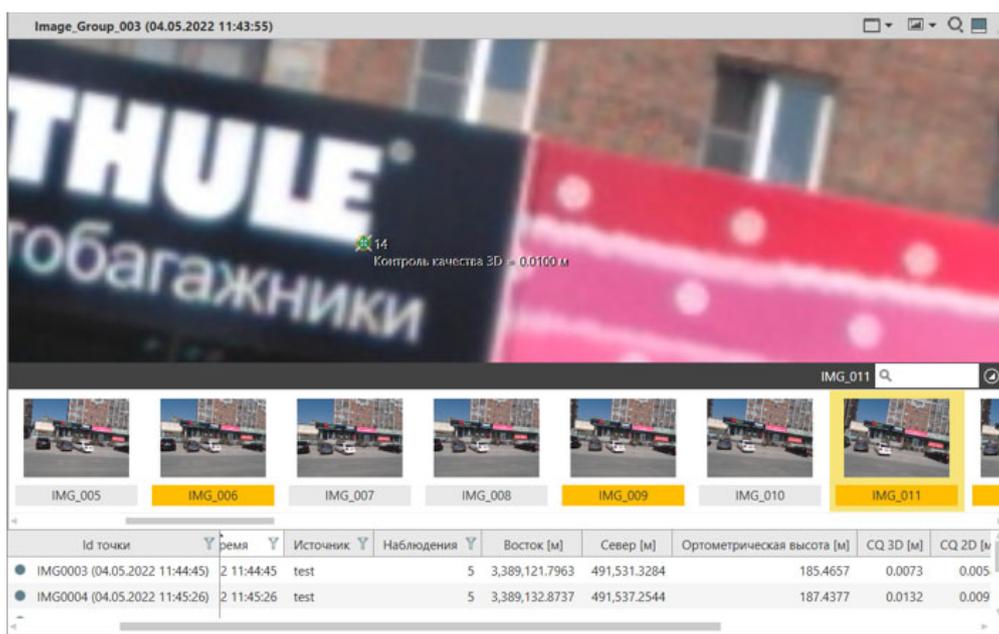


Рис.1 Определение координат по снимку

Координаты выбранной точки по снимку были получены с СКП 1 см (по внутренней сходимости). Таким образом, опытным путем выяснилось, что координаты объекта с хорошо различимыми контурами, даже при условии, что объект находится дальше 10 метров от аппаратуры (20 м) возможно вычислить с сантиметровой точностью.

Заключение

Из анализа полученных результатов видно, что точность определения координат с помощью визуального позиционирования значительно зависит от условий съемки, а также от используемого программного обеспечения для обработки измерений. В результате эксперимента показано, что с помощью визуального позиционирования без дополнительной ручной обработки можно получить координаты контуров объекта по стереопарам с точностью, удовлетворяющей требованиям к кадастровым работам (10 см) непосредственно в поле без необходимости скачивания измерений на персональный компьютер.

На основании проведенных экспериментов выработаны рекомендации по работе с оборудованием —обеспечение хороших условий фотографирования и различимых контуров, соблюдение рекомендуемых расстояний. Эксперимент показал, что при хороших условиях расстояние может превышать 10 м – на расстоянии 20 м координаты точки по стереопаре были определены с сантиметровой точностью.

Визуальное позиционирование находит применение в топографических и кадастровых съемках, вычислении объемов земляных работ, съемке сложных и протяженных объектов, а также создании 3D моделей при условии, что заказчика устраивает точность.

Выражается благодарность компании Гексагон Геосистемс Рус [5] за предоставление оборудования и ПО для выполнения данного научного исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Leica Geosystems. ГНСС RTK-ровер Leica GS18 I. – Текст : электронный / URL: <https://leica-geosystems.com/ru/products/gnss-systems/smart-antennas/leica-gs18i> (дата обращения : 28.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.
2. Общие сведения о Leica GS18 I. – Текст: электронный // URL: https://geosystems.ru/GNSS/leica_gs18i.php (дата обращения : 28.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.
3. Программное обеспечение Leica Captivate. – Текст : электронный // URL: <https://leica-geosystems.com/ru/products/total-stations/software/leica-captivate> (дата обращения : 27.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.
4. Программное обеспечение Leica Infinity. – Текст : электронный // URL: <https://leica-geosystems.com/ru/products/gnss-systems/software/leica-infinity> (дата обращения : 28.10.2022). – Режим доступа : общий доступ.
5. Сайт компании "ГЕКСАГОН ГЕОСИСТЕМС РУС". – Текст : электронный // URL: <https://geosystems.ru/>. – Режим доступа : общий доступ.
6. Козин, Е. В. Фотограмметрия : учебное пособие / Е. В. Козин, А. Г. Карманов, Н. А. Карманова ; ИТМО. – Санкт-Петербург : ИТМО, 2019. – 142 с. – Текст : электронный / URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2455.pdf> (дата обращения : 28.04.2022). – Режим доступа : общий доступ.
7. Leica Geosystems. Вопросы и ответы касательно технологии визуального позиционирования и Leica GS18 I. – Текст : электронный // URL: <https://leica-geosystems.com/ru/products/gnss-systems/smart-antennas/leica-gs18i/of-visual-positioning-gs18-i> (дата обращения : 28.04.2022). – Режим доступа : общий доступ.

© Я. А. Некрестов, Е. Г. Гиенко, 2023