

Я. А. Некрестов¹✉

Разработка эталонного полигона для верификации точности визуального позиционирования

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

Аннотация. В работе рассмотрены подходы к созданию эталонного полигона для верификации точности визуального позиционирования в современных ГНСС-приемниках. Предложены варианты полевого полигона на основе объектов с известными геометрическими параметрами и пространственных конструкций со светоотражающими марками. Описаны методы оценки точности визуального позиционирования путем сравнения результатов измерений с эталонными данными, полученными тахеометрической съемкой и лазерным сканированием. Практическая значимость работы заключается в возможности проведения контроля точности в условиях, приближенных к реальной эксплуатации геодезического оборудования.

Ключевые слова: визуальное позиционирование, RTK, фотограмметрия, геодезия

Y. A. Nekrestov¹✉

Development of methods for determining the accuracy of measurements using visual positioning devices

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

Abstract. This paper examines approaches to creating this long-range testing area for verifying the accuracy of visual transmission in modern GNSS receivers. Field testing options are proposed based on objects with known geometric parameters and spatial structures with reflective markers. Methods for determining visual scanning accuracy by comparing measurement results with reference data obtained by tacheometric surveys and laser scanning are described. The practical novelty of this work lies in the possibility of conducting accuracy testing under conditions similar to those used in the operation of geodetic equipment.

Keywords: Visual positioning, RTK, photogrammetry, survey

Введение

Развитие глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и методов высокоточного позиционирования приводит к появлению на рынке мультисенсорных ГНСС-приемников, в которых спутниковые измерения дополняются данными встроенных фотограмметрических модулей, лазерных дальномеров или SLAM-сканеров. Существующая нормативно-методическая база регламентирует процедуры контроля точности для различных методов измерений по отдельности и не учитывает современную комплексную реализацию геодезических средств измерений.

Целью работы является разработка концепции эталонного полигона для верификации точности режима визуального позиционирования в ГНСС-приемниках, а также представить практические рекомендации по применению предложенных решений для производственного контроля ГНСС-аппаратуры.

Научная новизна заключается в том, что впервые предложены и описаны варианты эталонных полигонов для верификации точности визуального позиционирования (ВП) в полевых условиях.

Практическая значимость состоит в том, что предложенные решения позволяют выполнить контроль точности визуального позиционирования в условиях, максимально приближенных к реальной ситуации.

Методы и материалы

Выполнить контроль точности визуального позиционирования позволит съемка объектов с четким контуром, например, стальной контейнер, который присутствует на любом производственном участке (рис. 1.)



Рис. 1. Вариант стального контейнера

Размерные характеристики таких контейнеров указаны в паспорте. Наличие этой информации позволяет оценить точность визуального позиционирования без необходимости выполнять повторные измерения с более высокоточного инструмента для вычисления эталонного объема.

Для построения альтернативного пространственного эталона необходимо на 4 деревянные вехи с прямоугольным сечением закрепить светоотражающие марки сверху и снизу, всего 8 марок. Расположить подготовленные вехи на выбранной местности так, чтобы положение марок в пространстве образовало параллелепипед (рис. 2.).

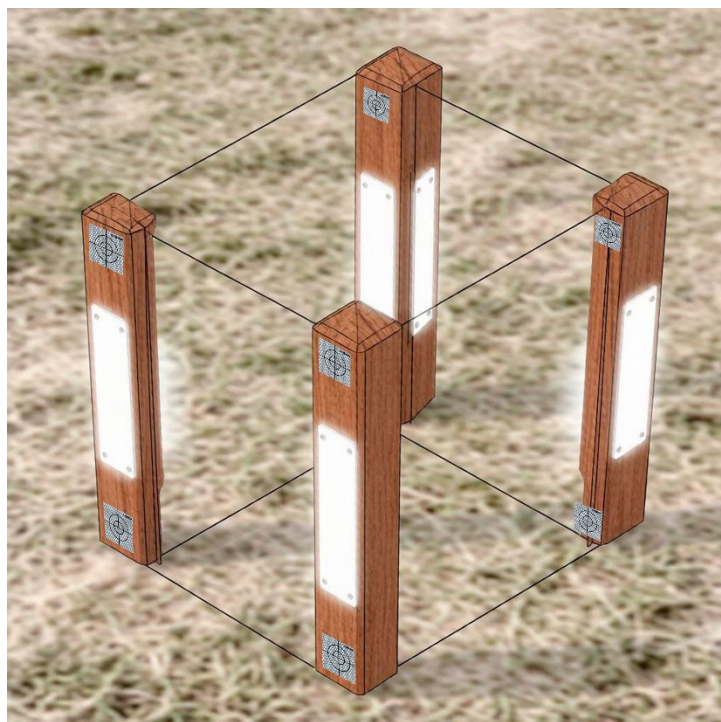


Рис. 2. Пример эталонного пространственного полигона

Расстояние между ребрами выбирается так, чтобы было возможно выполнить координирование марок в режиме визуального позиционирования и с помощью электронного тахеометра, либо стационарного лазерного сканера для получения эталонных координат марок.

Для оценки точности визуального позиционирования следует выполнить съемку подготовленного полигона и вычислить объем параллелепипеда, вершинами которого являются центры светоотражающих марок.

Разница между объемом, полученным по результатам съемки в режиме визуального позиционирования и тахеометрической съемки либо наземного лазерного сканирования позволит оценить точность вычисления координат ВП.

Согласно приказа №186 от 19 мая 2023 г. Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности, допустимая погрешность определения объемов из двух и более независимых определений не должна превышать 2%, а расхождение между двумя независимыми контрольными подсчетами не должно превышать 1% определяемого объема [1].

Результаты

Для наглядности оценки точности с использованием предлагаемого пространственного эталонного полигона выполнены смоделированные расчёты, ориентируясь на паспортную точность используемых инструментов: Электронный тахеометр с угловой точностью 2", ГНСС-приемник со встроенным фотограмметрическим модулем. Электронный тахеометр (ЭТ) с такой угловой точностью теоретически должен обеспечить точность измерений в 2 мм. Измерения, выпол-

ненные с помощью встроенного фотограмметрического модуля, согласно паспорту EFT M5 RUS, обеспечивают точность 20-40 мм.

В качестве эталонного пространственного полигона принято 3 куба со сторонами 10, 20 и 30 м. Эталонные объемы равны 1 000, 8 000 и 27 000 м³ соответственно. Если предположить, что при съемке ЭТ все измерения выполнены с ошибкой 2 мм, тогда вычисленные объемы будут: 1000,60, 8002,40 и 27005,40 м³ соответственно. Полученные разницы в объемах составляют: 0,06%, 0,03% и 0,02% от объемов соответственно.

Точность измерений с наихудшим результатом, для куба со стороной 10 м, превосходит максимально допустимую более чем в 30 раз. Таким образом, измерения электронного тахеометра могут быть приняты за эталонные.

При использовании встроенного фотограмметрического модуля принята средняя ошибка вычисления координат в 0,03 м. Тогда разница с эталонными значениями объемов составят: 0,9%, 0,45% и 0,3% для кубов со стороной 10, 20 и 30 м соответственно.

Следует отметить, что по результатам предыдущих исследований технологии визуального позиционирования для ГНСС-приемника EFT M5 RUS, возможно получить точность вычисления координат 0,01-0,02 м при соблюдении сформулированных рекомендаций по выполнению съемки с использованием встроенного фотограмметрического модуля [2, 3, 4].

Заключение

Предложенные решения позволяют выполнить контроль точности визуального позиционирования в полевых условиях без применения калибровочных стендов и с учетом влияния внешних факторов в комплексе на результаты измерений [2, 3, 4].

В дальнейших исследованиях планируется выполнить апробацию предложенных решений экспериментальным путем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности. Приказ от 19 мая 2023 года №186. // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – Текст: электронный/ URL: <https://docs.cntd.ru/document/1301713025> (дата обращения: 20.05.2026). – Режим доступа: доступ по регистрации.
2. Некрестов, Я. А. Исследование ГНСС-приемника EFT M5 RUS в режиме визуального позиционирования / Я. А. Некрестов, Е. Г. Гиенко, М. В. Зайцев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2023. – Т. 1, № 2. – С. 289-298. – DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-2-289-298. – EDN RXYNEW.
3. Некрестов, Я. А. Исследование влияния изменения расстояния до координируемого объекта на точность визуального позиционирования EFT M5 // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2025. – Т. 1, № 1. – С. 93-103. – DOI 10.33764/2618-981X-2025-1-1-93-103.
4. Некрестов, Я. А. Исследование влияния освещенности на точность координирования в режиме визуального позиционирования EFT M5 / Я. А. Некрестов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2025. – Т. 1, № 1. – С. 181-188. – DOI 10.33764/2618-981X-2025-1-1-181-188. – EDN GLBGBM.

© Я. А. Некрестов, 2026