

Я. А. Некрестов¹✉

Разработка методики определения точности измерений приборами с визуальным позиционированием

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

Аннотация. Контроль точности средств измерений является основополагающим критерием достоверности результатов. Выполнение съемки объекта в режиме визуального позиционирования в несколько приемов позволит эмпирически определить отклонения построенных поверхностей между собой. Разработанная методика может быть использована при поверке приборов с функцией визуального позиционирования, а также при планировании съемочных работ.

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. Accuracy control of measuring instruments is a fundamental criterion for the reliability of results. Surveying an object in visual positioning mode in several steps will allow for empirical determination of the deviations between the constructed surfaces. The developed methodology can be used in the verification of devices with a visual positioning function, as well as in the planning of survey work.

Keywords: Visual positioning, RTK, photogrammetry, survey

Введение

Контроль точности средств измерений является основополагающим критерием достоверности получаемых результатов. Оценка точности по внутренней сходимости является одним из способов верификации точности средств измерений.

Выполнение съемки объекта в режиме визуального позиционирования в несколько приемов позволит эмпирически определить отклонения построенных поверхностей между собой. По результатам эксперимента можно вычислить СКО (среднюю квадратическую ошибку) вычисления координат точек поверхности по стереопарам, что является определяющим критерием удовлетворительности точности выполненных измерений для заданного масштаба.

На точность результатов измерений влияет комплекс факторов, которые необходимо учесть при выполнении съемки в режиме визуального позициониро-

вания, а также на этапе камеральной обработки [1, 2, 3]. Таким образом, уменьшая влияние факторов окружающей среды, возможно произвести оценку точности визуального позиционирования максимально достоверно.

Методы и материалы

В качестве координируемого объекта может быть выбран любой объект. Однако, необходимо учитывать, что разрешающая способность камеры и фиксированное фокусное расстояние не позволят построить максимально точную поверхность объекта, который находится слишком далеко или имеет много мелких деталей.

Для того, чтобы вычислить расстояние H , с которого возможно выполнить наземную фотограмметрическую съемку (НФС) в режиме визуального позиционирования, сохраняя нужную степень детализации 3D модели и учитывая размер проекции пикселя снимка на местности, следует использовать формулу [4]

$$\delta_{px} \cdot \frac{H}{f} \leq 5 \text{ см} \quad (1)$$

где δ_{px} – физический размер пикселя матрицы фотокамеры;

H – расстояние фотографирования;

f – фокусное расстояние камеры;

5 см – требуемое разрешение НФС на местности.

При съемочном расстоянии, превышающем рекомендуемые производителем (2-10м), необходимо выполнять съемку, соблюдая рекомендации, сформулированные автором [1, 2, 3].

После раздельной камеральной обработки нескольких приемов ВП следует сколоть с построенных поверхностей необходимое количество общих точек. Подразумевается, что истинные координаты положения выбранных точек неизвестны, поэтому для вычисления СКО необходимо вычислить среднее арифметическое значение координат сколотых точек $\bar{X}$. Тогда разность между средним значением $\bar{X}$ и результатом i -го измерения будет V_i . Вычисление СКП m следует выполнять по формуле Бесселя.

$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}} \quad (2)$$

где $[V^2]$ – сумма квадратов уклонений результатов измерений от среднего арифметического значения измеряемой величины;

n – количество измерений.

Далее, следует вычислить среднюю квадратическую ошибку арифметического среднего по формуле [5]

$$M = \sqrt{\frac{[V^2]}{n(n-1)}} \quad (3)$$

Заключение

Разработанная методика может быть использована при поверке приборов с функцией визуального позиционирования, а также при планировании съемочных работ. Однако, предложенная методика не учитывает влияние систематических погрешностей, например, температурную деформацию объектива. Оценка выполняется только для сколотых точек, но не для всей поверхности.

Для подтверждения точности получаемых результатов необходимо также выполнить сравнительный анализ результатов, полученных по внутренней схожимости и по контрольным точкам с известными координатами, а также исследовать порог чувствительности методики при различном количестве приемов для минимизации случайной составляющей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. ГОСТ Р 58854–2020 ФОТОГРАММЕТРИЯ. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомodelей застроенных территорий. Издание официальное. – Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 мая 2020 г. №204-ст. Введен впервые. Москва, Стандартинформ, 2020
11. Геодезия. В 2-х кн. Кн. 1 [Текст]: учебник для вузов / Г.А. Уставич. Новосибирск: СГГА, 2012. – 352 с.
- 12.

© Я. А. Некрестов, 2026