

## **Точност на триизмерни модели на земната повърхност, генерирани по метода SfM-PPK от изображения заснети с безпилотни летателни системи (БЛС)**

**Дейвис Динков**

### **РЕЗЮМЕ**

Геометричната точност на триизмерни цифрови модели на земната повърхност (DSM), получени от изображения, заснети от БЛС и обработени чрез използване на фотограметричен SfM- метод (структура от движение), зависи от няколко фактора, включително дизайн на полета, качество и калибриране на камерата, SfM-алгоритми и методи за геореферирание.

Този документ се фокусира върху точността на метода SfM-PPK за геореферирание на триизмерните облаци точки (първоначален и сгъстен), които са базови цифрови продукти за изработка на повърхностни модели (DSM) на земната повърхност.

Изследването е извършено върху два тестови района в планински територии (Тестов район №1 - Плана – 4.14 ха, Тестов район №2 - Врачански Балкан – 10.5 ха) като за прилагане на метода PPK са използвани комплекти от едночестотни и двучестотни GNSS приемници (за базова станция и мобилен приемник, монтиран на БЛС). Извършени са полетни мисии с различни конфигурации на камера / БЛС : 1) DJI Phantom 4 pro; 2) DJI Matrice 600 (Sony RX1RII); 3) VTOL QUANTUM Trinity (Sony RX1RII). Средната разделителна способност на генерираните ортофотомозайки и триизмерни модели на теренната повърхнина (DSM) е 2-3 см. За оценка на точността са използвани контролни и валидиращи точки, които са измерени с прецизен двучестотен GNSS приемник в RTK режим.

Нашият анализ показва, че прилагането на директна геореференция на изображенията, без използване на контролни точки, осигурява планиметрична точност на модела RMSE<sub>xy</sub>: 0.02 до 0.12 cm, в зависимост от конфигурацията. При добавяне на една контролна точка, точността е съпоставима както при прилагане на индиректен метод за геореферирание (използване на контролни точки (GCP)). Систематичната грешка във височина обаче е актуален проблем при тази методология. Няколко полета показаха вертикално отместване, което може да бъде коригирано също чрез използването на една единствена контролна точка.

**Ключови думи:** PPK; ДИРЕКТНО ГЕОРЕФЕРИРАНЕ, ОБЛАЦИ ТОЧКИ, СТРУКТУРА ОТ ДВИЖЕНИЕ (SfM); БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ (БЛС); DSM; ТОЧНОСТ

### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Това експериментално проучване е извършено благодарение на изследователския проект : “Кинематичен метод с последваща обработка за прецизно геореферирание на изображения от безпилотни летателни системи при 4Д моделиране на земната повърхност”, договор № КП-06-м34/2, фонд научни изследвания (2019-2022)

### **АВТОР:**

д-р инж. Дейвис Динков Динков

Национален институт по геофизика, геодезия и география - Българска академия на науките e-mail: davis.dinkov@gmail.com

# **Accuracy of 3D models of ground surface produced by the SfM-PPK method from images of unmanned aerial systems (UAS)**

**Davis Dinkov**

## **ABSTRACT**

The geometric accuracy of three-dimensional digital land surface models (DSM) derived from images captured by UAVs and processed using the photogrammetric SfM (structure-from-motion) method depends on several factors, including flight design, camera quality, and calibration, SfM-algorithms and georeferencing methods.

This paper focuses on the accuracy of the SfM-PPK method for georeferencing the three-dimensional point clouds, which are the basic digital products for making surface models (DSM) of the Earth's surface.

The research was carried out on two test areas in mountainous territories (Test area No. 1 - Plana - 4.14 ha, Test area No. 2 - Vrachanski Balkan - 10.5 ha). To apply the PPK method, sets of single-frequency and dual-frequency GNSS receivers were used (for a base station and a mobile receiver mounted on a UAV). Flight missions were performed with different camera / UAV configurations: 1) DJI Phantom 4 pro; 2) DJI Matrix 600 (Sony RX1RII); 3) VTOL QUANTUM Trinity (Sony RX1RII). The average resolution of the generated orthophoto mosaics and three-dimensional terrain surface models (DSM) is 2-3 cm. Control and validation points were used to assess the accuracy, measured with a precision dual-frequency GNSS receiver in RTK mode.

Our analysis showed that the direct georeferencing of the images, without using control points, provided a planimetric accuracy of the RMSE<sub>xy</sub> model: 0.02 to 0.12 cm, depending on the configuration. When adding one control point, the accuracy is comparable to applying an indirect georeferencing method (using control points (GCP)). However, systematic height error is a current problem with this methodology. A few fields showed vertical offset that could be corrected using a single control point.

**KEYWORDS:** PPK; DIRECT GEOREFERENCING, POINT CLOUDS, STRUCTURE-OF-MOTION (SFM); UNMANNED AERIAL SYSTEMS (UAS); DSM; ACCURACY

## **AUTHOR:**

Eng. Davis Dinkov, PhD

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography - Bulgarian Academy of Science

e-mail: davis.dinkov@gmail.com