

Створення цифрових моделей рельєфу на основі даних аерофотознімання

Олег Часковський, Сергій Гаврилук, Василь Костишин

Кафедра лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України, УКРАЇНА, м. Львів, вул. Природна, 8, e-mail: gsa_klt@ukr.net

Abstract – This thesis considers procedure of creating of Digital Terrain Models (DTM) using aero photo images, which are made aero camera RC20. The creating of orthophoto images are based on DTM images.

Keywords – Digital Terrain Model, coordinate system, Leica Photogrammetry Suite, Ground Control Points, aero photo image, orthorectification.

Крім карт і планів, земну поверхню можна зобразити у вигляді цифрових моделей рельєфу (ЦМР, digital terrain model, DTM) [1,3,6]. Цифровою моделлю рельєфу називають дискретне, комп'ютерне представлення об'єктів рельєфу у вигляді масиву точок з відомими планіметричними координатами (X та Y) і висотами точок земної поверхні. За допомогою цифрової моделі рельєфу виконується апроксимація рельєфу з урахуванням його природних характеристик і умов, а також зв'язків між об'єктами, розташованими на земній поверхні. Отже, ЦМР – це тривимірне, топографічне представлення деякого фрагмента земної поверхні [3].

Цифрову модель рельєфу можна отримати різними способами, зокрема при радіометричному зніманні місцевості, яке було зроблене на всю територію поверхні Землі (крім полюсів) радаром, запущеним у космос за допомогою космічного корабля Shuttle американським космічним агентством NASA – CGIAR. Створити цифрову карту з висотними відмітками (ЦМР) можна і на основі стереопар аеро- чи космічних знімків.

З метою створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) у програмному продукті ERDAS Imagine 9.2 (модуль Leica Photogrammetry Suite) використані аерофотознімки, зроблені у 2008 році фотокамерою RC20, об'єктивом 15/4 UAGA-F на частину території Хустського району Закарпатської області¹ [5]. Загалом для проведення досліджень використано 12 аерофотознімків у 3 маршрутах. Характеристики знімальної системи, необхідні для опрацювання аерофотознімків, наступні: фокусна відстань – 152,78 мм; принципіві точки симетрії – $x = -0,007$ мм, $y = 0,000$ мм, середня висота знімання – 3820 м. Параметри внутрішнього та зовнішнього орієнтування знімків отримали з Калібрувального сертифікату, який надається користувачам разом із матеріалами аерофотознімання. Згідно даного сертифікату, камера є придатною для проведення знімання місцевості, в результаті чого можна отримати якісні зображення. Для коректного опрацювання аерофотознімків необхідно врахувати

також і спотворення, які можуть виникати на зображеннях, зокрема радіальну дисторсію лінз.

Перед початком опрацювання аерофотознімків необхідно побудувати піраміду із каналів (Pup), задати елементи внутрішнього (Int.) та зовнішнього орієнтування (Ext.) зображень, радіальну дисторсію. З максимально можливою точністю (RMSE не більше 0,33 пікселя), для кожного знімка проставлялися по вісім крайніх точок – елементи внутрішнього орієнтування. Висота знімання, кути повороту знімків (Omega, Phi, Kappa), координати центрів знімків² та їх висотні відмітки – показники для встановлення елементів зовнішнього орієнтування [1-3,6].

Після оголошення всіх параметрів можна приступати до встановлення опорних точок на стереопарі. На практиці найкраще опрацьовувати тільки два знімки, які мають поздовжнє перекриття. Якщо використовуються аерофотознімки у відносній системі координат (з початком у точці $x=0$ та $y=0$), необхідно мати додаткові картографічні матеріали (карту чи геокодований знімок) для подальшого переведення аерознімків у географічну систему координат. При роботі з крупно- чи середньомасштабними зображеннями доцільно використовувати метричну систему координат, зокрема UTM WGS84. Тому геокодування аерофотознімків проводилося на основі карти масштабу 1 : 50 000 саме у цій системі координат³. Для встановлення висотних відміток можна використовувати карту з нанесеними горизонталями, наземні спостереження з високоточним GPS-приймачем або існуючу цифрову модель рельєфу. Саме останній варіант використали для визначення висоти опорних точок (Ground Control Points – GCP) – це точки, розпізнавані на земній поверхні, для яких відомий повний набір наземних координат (X, Y і Z) у будь-якій картографічній системі. Знімок у форматі ERDAS Imagine може мати тільки один набір GCP точок, асоційованих з ним [3,5]. Для додаткового контролю висотних відміток опорних точок вони аналізуються на основі горизонталей, нанесених на карті.

Опорні точки можуть мати різне призначення – одні можна використовувати в процесі триангуляції чи орторектифікації (Control), інші для контролю точності (Check), ще інші зв'язні (Tie). Мінімальна кількість таких точок на стереопарі при афінній

¹ Аерофотознімки та програмне забезпечення отримані в рамках Швейцарсько-українського проекту розвитку лісового господарства в Закарпатті FORZA.

² Для переведення координат центрів знімків з системи довгота/широта у WGS84 використали можливості програмного продукту ERDAS Imagine 9.2. [5]

³ Геокодування карти масштабу 1 : 50 000 проводилося за географічними координатами цих зображень з подальшим їх переведенням у систему WGS84.

моделі трансформації – 3. Збір опорних точок є трудомістким процесом, проте від точності його виконання залежить точність триангуляції та ортотрансформування знімків. Точність встановлення опорних точок лімітується середньоквадратичною помилкою (Root Mean Square Error, RMSE) – це відстань між вихідною точкою (яка поставлена користувачем) та результатом її трансформації при триангуляції [4]. Тому RMSE вказує, на скільки використана трансформація (наприклад афінна чи поліноміальна модель) дозволяє точно наблизити початкову точку до кінцевої та обраховується за наступною формулою:

$$RMSE = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2}; \quad (1)$$

де x_i, y_i – вихідні координати; x_r, y_r – кінцеві координати.

При використанні афінної моделі трансформації, для трьох точок помилка буде рівна нулю. Тому для детального аналізу опорних точок та подальшої триангуляції та орторектифікації необхідно задавати якомога більше точок та контролювати зміну величини середньоквадратичної помилки. При трансформуванні зображення у відносних координатах, RMSE обраховується у пікселях – тобто показує нев'язку (кількість пікселів) між двома точками на знімках після процесу триангуляції. Чим вищою є середньоквадратична помилка, тим точність трансформування та орторектифікації буде меншою, а відповідно і точність створюваної ЦМР. Тому для контролю можна скористатися звітом (Report) процесу триангуляції, де показано помилки кожної опорної точки та видалити чи відредагувати ті з них, які мають найбільше відхилення. Контроль таких точок можна прослідкувати по осях X та Y для кожної точки (рис. 1).

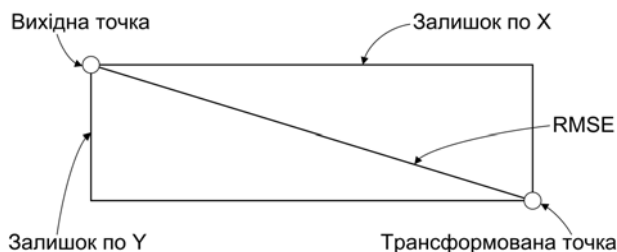


Рис. 1. Середньоквадратична помилка по осях X та Y

Після редагування опорних точок та отримання задовільної середньоквадратичної помилки можна приступати до створення цифрової моделі рельєфу та орторектифікації знімків (рис. 2).

При побудові цифрової моделі рельєфу задаються параметри величини растру (растровий формат є найпридатніший для комп'ютерного аналізу території) та вид цифрової моделі (USGS DEM чи

DTED) [5]. Величина растру лімітується просторовою роздільною здатністю. Зображена на рис. 2.а ЦМР зроблена на основі аерофотознімків регіону дослідження та має роздільну здатність 1 м (чим вищою є точка, тим світлішим тоном вона зображується). Точність отриманої цифрової моделі рельєфу можна оцінити на основі крупномасштабних топографічних карт, вихідних аерофотознімків чи іншої (більш детальної) цифрової моделі.

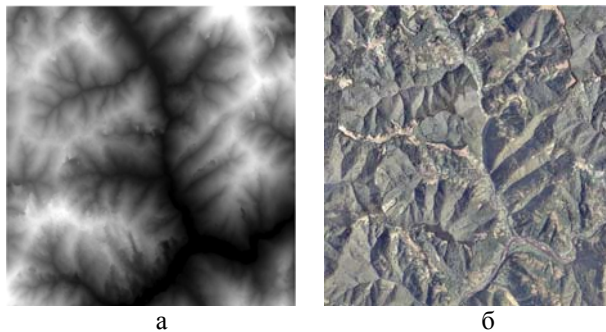


Рис. 2. Цифрова модель рельєфу (а) та орторектифіковане зображення (б).

На основі цифрової моделі рельєфу, створеної для кожної стереопари знімків, проведено орторектифікацію – накладення аерофотознімків на ЦМР. Такі знімки можна використовувати для точних вимірювань і моделювання, створення різних ГІС-систем, оскільки ці зображення враховують рельєф території та мають просторову географічну прив'язку.

Використана література

- [1] Дорожинський О.Л. Фотограмметрія: підручник / О.Л. Дорожинський, Р. Тукай. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 332 с.
- [2] Кашкин В.Б. Дистанционное зондирование земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учебное пособие / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
- [3] Лисицин В.Э. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Практический курс на базе программных продуктов Erdas Imagine 9.1 и Leica Photogrammetry Suite / В.Э. Лисицин. – К., 2007. – 430 с.
- [4] Среднеквадратическая ошибка (RMSE). – <http://www.gis-lab.info>.
- [5] ERDAS IMAGINE Field Guide.
- [6] Richards J.A. Remote sensing digital image analysis: an introduction / Richards J.A., Jia X. – Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer, 1999. – 363 p.