

UDK 528.721.2:528.088

Originalan znanstveni rad

OCJENA TOČNOSTI AEROFOTOGRAMETRIJSKOG ODREĐIVANJA NA OSNOVU PRECIZNIH GEOETSKIH KONTROLNIH PODATAKA

Franjo BRAUM — Zagreb*

Pri ispitivanju točnosti fotogrametrijske izmjere do nedavno su se geodetske informacije smatrale praktički bespogrešne, obzirom na mogućnost da se geodetskim metodama (triangulacija, nivelman...) može postići znatno veća točnost negoli aerofotogrametrijom. Na taj način srednja se pogreška fotogrametrijske izmjere dobila iz odstupanja fotogrametrijskih izmjerenih koordinata od koordinata geodetski određenih kontrolnih točaka, koje nisu bile iskorištene za fotogrametrijsku orijentaciju. Tek se u zadnje vrijeme, uglavnom u teoretskim ispitivanjima, i geodetske informacije promatraju kao stohastičke veličine, sposobne da i one pretrpe stanovitu popravku, da ne bi došlo do prevelikog naprezanja u nizu odnosno bloku snimaka.

Točnost fotogrametrijskog određivanja može se stanovitim metodama znatno povećati: upotrebom poliestarskog nosioca fotosloja, upotrebom réseau-kamere s podložnom staklenom pločom providenom ugraviranom kvadratičnom rešetkom, upotrebom kompenzacionih ploča za utjecaj distorzije objektiva i refrakcije, uzimanjem u obzir instrumentalnih pogrešaka, korišćenjem geodetskih visina pri orijentaciji odnosno restituciji. Pri tom povećanju cijelokupne fotogrametrijske izmjere ne mogu se, unatoč visoke geodetske točnosti, navedena odstupanja više tretirati kao prave pogreške fotogrametrijskog određivanja.

U ispitivanjima**, koja trebaju biti objelodanjena u nekom od narednih svezaka Zbornika radova Geodetskog fakulteta u Zagrebu, obrađivani su aerosnimci područja »Spitze«, dobiveni na raspolaganje blagonaklonošću Instituta za fotogrametriju Univerziteta u Hannoveru, snimljeni s kamerom RMK 23×23, f 152 Opton Feinmechanik Oberkochen u mjerilu $M_b = 1 : 2150$, a prema dobivenoj informaciji o srednjoj položajnoj pogrešci geodetskog određivanja orijentacionih i kontrolnih točaka ona za taj test iznosi:

$$m_{1g} = \pm 1 \dots 2 \text{ cm} \quad (1)$$

U pomanjkanju detaljnijih informacija pretpostavljamo da bi vrijednost srednje koordinatne pogreške u naravi iznosila

*Adresa autora: Prof. dr Franjo Braum, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Kačićeva 26.

** D. Medić: Točnost vanjske orijentacije pojedinačnih aerosnimaka i prikladnost te orijentacije za podvostručenje razmaka između kontrolnih točaka u smjeru leta.

$$m_{xg} = m_{yg} = \pm 0,01 \text{ m} \quad (2)$$

pri čemu se x i y odnose na fotogrametrijski koordinatni sistem. Veličine m_{xg} i m_{yg} predstavljaju u daljnjem razlaganju a priori srednje pogreške geodetskog određivanja.

Za navedeno mjerilo snimanja $M_b = 1 : 2150$ bilo je odabrano mjerilo modela

$$M_m = 1 : m_m = 1 : 833,33 \quad (3)$$

pa je mjerilo projiciranja iznosilo

$$m_b : m_m = 2150 : 833,33 \doteq 2,5 \doteq z_m : f = 375 : 152,5 \quad (4)$$

Za svrhe takvog ispitivanja svi ovi podaci predstavljaju sasvim rezonske okolnosti.

Prigodom vanjske orijentacije pojedinačnog aerosnimka (v. pogl. 345. 2. u [2]) transformiramo na modelne koordinate x_m, y_m četiriju uglovnih orijentacionih točaka geodetske koordinate x_g, y_g pridruženih točaka terena. Za ostale točke dobijemo odstupanja:

$$\Delta x_m = x_m - x_{mg}; \quad \Delta y_m = y_m - y_{mg} \quad (5)$$

Ova odstupanja potiču od pravih pogrešaka fotogrametrijskog i geodetskog određivanja $-\Delta_m$ i $-\Delta_{mg}$. Uz pretpostavku jednakih pravih vrijednosti za bespogrešno geodetsko određivanje x_{mg}, y_{mg} i za bespogrešno fotogrametrijsko određivanje x_m, y_m imamo odnos:

$$x_m - x_{mg} = (\bar{x}_m - \Delta_{mx}) - (\bar{x}_{mg} - \Delta_{mxg}) = -(\Delta_{mx} - \Delta_{mxg}) = \Delta x_m \quad (6)$$

$$y_m - y_{mg} = (\bar{y}_m - \Delta_{my}) - (\bar{y}_{mg} - \Delta_{myg}) = -(\Delta_{my} - \Delta_{myg}) = \Delta y_m \quad (7)$$

gdje su Δx i Δy prave popravke mjerenih veličina x_m i y_m odn. x_{mg} i y_{mg} . Kvadrirajmo jednadžbe (6) i odredimo prosječnu vrijednost njenih članova:

$$\begin{aligned} \Delta x_m^2 &= \Delta_{mxg}^2 - 2 \Delta_{mxg} \Delta_{mx} + \Delta_{mx}^2 \\ \frac{\sum \Delta x_m^2}{n} &= \frac{\sum \Delta_{mxg}^2}{n} - 2 \frac{\sum \Delta_{mxg} \Delta_{mx}}{n} + \frac{\sum \Delta_{mx}^2}{n} \end{aligned} \quad (8)$$

Drugi član možemo zanemariti obzirom na velik broj n i jednaku očekivanu učestalost pojave predznaka $+$ i $-$, a, obzirom da su Δ prave popravke, bit će prvi član jednak kvadratu srednje pogreške geodetskog određivanja umanjene u mjerilu modela, a treći član jednak kvadratu srednje pogreške fotogrametrijski određenih modelnih koordinata. Time dobijemo:

$$m_{mx[m]}^2 = \frac{\sum \Delta_{mx}^2}{n} = \frac{\sum \Delta x_m^2}{n} - \left(\frac{m_{xg}}{m_m} \right)^2 \quad (9)$$

i analogno

$$m_{my[m]}^2 = \frac{\sum \Delta_{my}^2}{n} = \frac{\sum \Delta y_m^2}{n} - \left(\frac{m_{yg}}{m_m} \right)^2 \quad (10)$$

U pomanjkanju a posteriori vrijednosti upotrijebit ćemo za m_{xg} odn. m_{yg} a priori vrijednost od ± 1 cm navedenu u (2), pa će biti (v. (3)):

$$\frac{m_{xg}}{m_m} = \frac{m_{yg}}{m_m} = \pm \frac{10 \text{ mm}}{833,33} = \pm 0,012 \text{ mm} \quad (11)$$

Kod postupka određivanja vanjske orijentacije pojedinačnog aerosnimka očekujemo ove a priori srednje pogreške:

srednja pogreška viziranja u jednom koordinatnom smjeru projicirana na snimak za dobro signalizirane točke:

$$m_x = m_y = \pm 0,004 \text{ mm} \quad (12)$$

srednja pogreška uzdužnog odn. poprečnog nagiba snimka:

$$m_\omega = m_\varphi = \pm 0^\circ 3 \quad (13)$$

Pogreška (13) izaziva sama po sebi u modelu srednju pogrešku (v. (33.67) i sl. 33. 24 u [1]):

$$m_{mx\varphi} = z_m \left(1 + \frac{1}{2} \frac{x_{\max}^2}{f^2} \right) m_\varphi = z_m \left(1 + \frac{1}{2} \frac{y_{\max}^2}{f^2} \right) m_\omega = m_{my\omega} \quad (14)$$

U formuli (14) uzeta je sredina utjecaja od m_φ odn. m_ω za središnji i periferni dio formata snimka, a zanemarena je y-komponenta prouzrokovana pogreškom m_φ kao i x-komponenta prouzrokovana pogreškom m_ω .

Za format snimka $230 \times 230 \text{ mm}$ i $f = 152 \text{ mm}$, to iznosi (v. i (4)):

$$m_{mx\varphi} = m_{my\omega} = 375 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{100^2}{152^2} \right) \frac{0^\circ 3}{\rho^c} = 0,0215 \text{ mm} \quad (15)$$

(12) plus (14) daje (v. 4) i (15):

$$m_{my} = m_{mx} = m_x, \frac{z_m}{f} = m_{mx\varphi} = -0,004 \frac{375}{152} \pm 0,0215 = \sqrt{0,01^2 + 0,0215^2} = \pm 0,024 \text{ mm} \quad (16)$$

(Iznos (16) odnosi se na dimenzije u modelu, od kojih množeći ih s modulom mjerila modela (v. (3)) dobivamo veličine u naravi.)

Srednja pogreška $m_{mx} = m_{my}$ može biti i veća uslijed instrumentalnih pogrešaka, nedovoljno kompenzirane optičke deformacije i refrakcije, deformacije filma, pa računajmo s a priori pogreškom fotogrametrijski izmjerene modelne koordinate na projekcionom stereoinstrumentu u iznosu od $\pm 0,024$ do $\pm 0,048 \text{ mm}$. Usporedivši taj iznos sa (11) vidimo da se niti kod vrlo preciznog geodetskog određivanja (2) pogreške tog određivanja u procijeni točnosti kvalitetnog fotogrametrijskog određivanja ne mogu zanemariti, već ih treba uzeti u obzir formulama (9 i 10).

LITERATURA

- [1] Braun.: Orijentacija fotogrametrijskih snimaka II, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1976.
- [2] Braun, F.: Orijentacija fotogrametrijskih snimaka IV, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1980.

SAŽETAK

Geodetski kontrolni podaci, makar oni bili i precizno određeni ne mogu se pri ocijeni kvalitetnog aerofotogrametrijskog određivanja smatrati bespogrešnim, već se srednje pogreške m_{xg} i m_{yg} trebaju uzeti u obzir primjenom izvedenih formula (9 i 10). Ova je tvrdnja provjerena na primjeru vanjske orijentacije pojedinačnih aerosnimaka, kod koje geodetske srednje pogreške iznose cca 1/3 fotogrametrijskih srednjih pogrešaka.

ZUSAMMENFASSUNG

Für die Genauigkeitsabschätzung einer hochwertigen aerophotogrammetrischen Bestimmung können die geodätischen Kontrollangaben, wenn auch präzise bestimmt, nicht mehr als fehlerfrei angenommen werden, sondern sollen derer mittlere Fehler m_{xg} und m_{yg} durch die abgeleiteten Formeln (9 und 10) berücksichtigt werden. Die Behauptung wird am Beispiel der äusseren Orientierung der einzelnen Luftbilder bestätigt, wobei die geodätischen Fehler etwa 1/3 der photogrammetrischen Fehler betragen.

Primljeno: 1982-05-27