

SPREČAVANJE NEOŠTRINE AEROSNIMKE KOJU BI PROUZROKOVALA BRZINA AVIONA

Franjo BRAUM — Zagreb*

Osnovni preduvjet za primjenu fotogrametrije je fotografija, a osnovni preduvjet za kvalitetan rezultat fotogrametrijske primjene je kvalitetna fotografija.

Problem da se dobije kvalitetan rezultat fotogrametrijskog premjera (restitucije) ne sastoji se u terestričkoj fotogrametriji u okolnostima snimanja: snima se sa učvršćenog stativa, pa se prema tome mogu upotrijebiti slabo osjetljivi fotoslojevi i svjetlosno slabi objektiv, a to je preduvjet za kvalitetnu kontrastnu i fino-zrnu sliku s visokom razlučnom moći (resolving power, Auflösungsvermögen). Problem je u nabavci prikladnih fotoploča za terestričku fotogrametriju zbog relativno male potražnje, a time i proizvodnje.

Obrnut slučaj imamo u aerofotogrametriji: potražnja specijalnih filmova za aerosnimanje je velika, ali na raspolaganju stoji zbog brzine aviona kratka eksponaža (exposure, Belichtungszeit). Kod nedovoljno kratke eksponaže dolazi do izražaja pokret slike (image motion, Bildwanderung), što će prouzročiti linearan rasip preslikavane točke u smjeru leta (image blurring, Bildverwaschung), a ovaj opet povećanu srednju pogrešku m_x fotogrametrijske izmjere u X-smjeru (smjer leta). O tome vidi detaljnije u [2], sl. 3—5, a ovdje bi samo napomenuo da je u jednom solidnom ispitivanju snimki, učinjenih iz relativne visine $h_g = 1870$ m s kamerom žarišne daljine $f = 170$ mm, dakle u mjerilu 1 : 11000, omjer slučajnih pogrešaka $m_y : m_x$ umjesto teorijske vrijednosti 2 iznosio samo 1,33. Upotrebljena kamera omogućavala je najkraću eksponažu od 1/300 sek, a točan iznos nije poznat.

Kada bi se spriječio linearan rasip, postigla bi se direktno veća planimetrijska točnost u x-u i veća visinska točnost, jer se visina određuje poništavanjem x-paralakse, a s većom visinskom točnosti postigla bi se i indirektno veća točnost u x-u, a pogotovo u y-u (v. sl. 2 u [2]).

Problem linearnog rasipa kao takav dobio je tokom vremena na važnosti porastom brzine novijih tipova aviona, što je međutim, osiguravalo stabilniji let i slabiju vibraciju aviona.

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

Već je Santoni (Officine Galileo Firenze) konstruktivno sprečavao linearan rasip diferencijalnim pomicanjem objektiva prigodom eksponaže u smjeru protivnom od smjera leta. Time nutarnja orijentacija kamere nije više kruta. Kasnije se to nastojalo postići uzdužnim nagibanjem kamere prigodom eksponaže u smjeru protivnom od smjera leta (multispektralna kamera MSK-4 Carl Zeiss JENA za superdaljinska snimanja), čime orijentacija kamere nije više fiksna.

Nakon II. svjetskog rata linearan se rasip nastojao ublažiti skraćivanjem eksponaže omogućenim

- a) proizvodnjom svjetlosno jačih objektiva (npr. Topar 1 : 4)
- b) proizvodnjom aerofotoslojeva jače osjetljivosti (npr. AGFA-GEVAERT Aviphot Pan 33 PE-Film, v. [3])
- c) zaporom s trajno rotirajućim lamelama (sl. 3. 32 u [1]), koji omogućuje kraće eksponaže,

pa se na sistematsko automatsko sprečavanje linearnog rasipa pomoću posebnih dispozitiva nije mislilo.

Problem je međutim postao opet aktuelan, pa čak i akutan, **pri** superdaljinskom snimanju, koje se između ostalog vrši za geološke svrhe, za prognoziranje nalazišta resursa. Tu je fotografska kvaliteta, oštrina, razlučna moć, čime se olakšava diferencijacija detalja, tonova i zapažanje linija i njihovog oblika, od primarne važnosti, ona je još i mnogo važnija od mjerne točnosti. Stoga je primjena automatskog sprečavanja linearnog rasipa umjesna (kao npr. kod spomenute kamere MSK-4). Poboljšanje slikovne kvalitete poželjno je i za druge svrhe, npr. rano konstatiranje bolesti u šumskim kompleksima.

Međutim forsiranje svojstava a), b) i c) ima svoje granice, koje su danas već i dostignute, pa se u želji da se fotografsku kvalitetu aerosnimki još poboljša pojavljuju nastojanja da se i u regularnom geodetskom fotogrametrijskom aerosnimanju primjeni automatsko sprečavanje linearnog rasipa. Kako je takvo poboljšanje dakako uvijek poželjno, to želim u daljnjem kratko reproducirati članak [5].

Autor Schöler navodi da je već 1953. objelodanio koncepciju automatskog sprečavanja linearnog rasipa [4], koja međutim nije mogla biti ostvarena dok se nije raspolagalo prikladnim mikroprocesorima (tek 1980. g.). U [6] i [7] dan je detaljni opis novih »dinamičnih« (izraz iz [5]) kamera i izneseni su pozitivni rezultati dobiveni s njima. U »dinamičnim« kamerama LMK sprečavanje linearnog rasipa za vrijeme eksponaže nije postignuto niti pomicanjem objektiva, niti nagibanjem čitave kamere, već se kroz to vrijeme pomiče film u smjeru leta (FMC = Forward Motion Compensation = kompenzacija pokretanja prema naprijed).

Da bi se film pomicao takvom brzinom da bi ista točka terena, projekcioni centar i projekcija (slika) te točke na isti položaj na filmu definirali pravac za čitavo vrijeme eksponiranja, služi upravljačka jedinica (control unit). Ta jedinica naliči na kinerivometar (vidi sl. 3. 50 i 3. 44 u [1]), ali joj nije svrha da regulira brzinu ciklusa kamere i uklanja zakošenje snimki, već da namjesti potrebnu brzinu pokretanja filma za vrijeme eksponaže. Pomoću posebnog objektiva se nadletani teren preslikava na mutno staklo, na kojem se promatraju i pokretne marke, a za tu svrhu može se primijeniti i tražilni

dalekozor. Sinhroniziranjem brzina pomične slike terena i brzine pokretnih marki postizava se automatski ona brzina pokretanja filma koja je potrebna da bi svjetlosna zraka emitirana sa točke terena pogađala kroz čitavo vrijeme ekspanze isti položaj na filmu. To je međutim moguće uz dvije pretpostavke:

a) da je teren horizontalan

b) da za vrijeme ekspanze nema kutnih oscilacija (vibracije) kamere. Šta se tiče momenta b), utjecaj tih oscilacija na oštrinu slike je pri prikladnom smještaju kamere u avionu i pri dobroj njenoj amortizaciji znatno slabiji negoli nesprečeni utjecaj brzine leta aviona.

Primjenom FMC-sistema je ne samo spriječen linearni rasip, već omogućena dulja dopustiva ekspanza dozvoljava:

- 1) upotrebu slabije osjetljivih fotoslojeva, koji imaju finije zrno, daju kontrastniju sliku i veću razlučnu moć,
- 2) primjenu užih zaslona (blendi), što povoljno djeluje na oštrinu slike i omogućuje primjenu jednostavnijih, lakših objektivna,
- 3) snimanje pri slabijim svjetlosnim prilikama i pri željenom sužavanju spektralnog raspona (čest slučaj kod mnogih vangeodetskih primjena, naročito kod superdaljinskih snimanja),
- 4) snimanje iz nižih visina, čime se dobiva krupnije mjerilo,
- 5) veće brzine aviona, pri kojoj let postaje stabilniji.

Rubne marke trebaju biti eksponirane točno u sredini ekspanze, jer će i restitutor pri eventualnom linearnom rasipu (kod brdovitog terena) vizirati položaj na koji se mjerena točka projicira u taj moment ($dx'_{H_0} = 0$).

Pri istoj toleranciji linearnog rasipa ($\cong 0,02$ mm) prednost »dinamične« kamere pred »krutom« (»rigide«) kamerom bez kompenzacije je velika i kod nehorizontalnih terena. Autor navodi da je linearni rasip uopće kraći negoli onaj računski očekivani, i to kako onaj kod neprimjenjene kompenzacije, tako i onaj koji se kod nehorizontalnog terena pojavljuje kod primjene kompenzacije FMC. Fotoosjetljive čestice su naime intenzivnije eksponirane u sredini. Korisni učinak zapora je naime na početku i kraju ekspanze mnogo slabiji nego u sredini, pa u tim fazama kasni odnosno ranije prestaje fotografska reakcija.

»U ispitivanju je postignuto razlučivanje od 50 linija po milimetru, što je gotovo 30% bolje od najboljih rezultata konvencionalne »krute« kamere.«

Na povećanju snimke od 75X, snimljene s dinamičnom kamerom s ekspanzom od 1/70 sek u mjerilu 1 : 7170, potpuno su dobro definirane konture parkiranog automobila i razgraničavajućih linija na parkiralištu.

Za usporedbu efikasnosti »dinamične« i »krute« kamere navodi se primjer:

kamera	m_k	f mm	m_b	h_g m	broj snimki		brzina		t sek	dx'_{H_2} μm
					u nizu	u bloku	filma mm/ /sek	leta km/h		
»kruta«	2000	152	6000	912	100%	100%	0	350	1/1000	
»dinamična«	2000	152	7800	1186	77%	59%	28	800	1/300	0,9

Za »dinamičnu« kameru predviđeno je sitnije mjerilo snimanja ($1 : m_b$) negoli za »krutu« kameru obzirom na veću oštrinu snimke.

Ova mogućnost povećanja fotografske kvalitete aerosnimke svakako je od važnosti obzirom da veća brzina aviona omogućuje stabilniji let, a veća osjetljivost filma ide na uštrb finozrnatosti, kontrasta i razlučne moći slike.

Da je primjena automatskog sprečavanja linearnog rasipa rezonska potvrđuje i okolnost da su se pored firme Carl Zeiss JENA i firme Wild Heerbrugg i Opton Feinmechanik Oberkochen dale na izrađivanje takvih kamera.

LITERATURA

- [1] Braum, F.: »Fotogrametrijsko snimanje«, Sveučilište u Zagrebu, 1973, udžbenik.
- [2] Braum, F.: »Srednja pogreška proizašla iz izjednačenja elemenata Helmertove transformacije i primjene te pogreške u aerofotogrametriji«, Geodetski list, 4—6/1984.
- [3] Donassy, V.: »Aerofilm AVIPHOT PAN 200 PE (Agfa-Gevaert)«, Bilten broj 3 Savjeta za daljinska istraživanja i fotointerpretaciju JAZU, Zagreb, 1982.
- [4] Schöler, H.: »Zur Frage der Bildwanderungsausgleiches bei Reihennesskamern«, Vermessungstechnik, 1953, Vol. 1, No 1.
- [5] Schöler, H.: »An FMC-Equipped Aerial Mapping Camera«, Photogrametric Engineering and Remote Sensing, Vol. 53, No. 2, February 1987.
- [6] Voss, G., Zeth, U.: »Das Aufnahmesystem Luftbildmesskammer LMK — eine neue Generation von Luftbildmesskammern«, Vermessungstechnik, 1983, Vol. 31, No. 3.
- [7] Voss, G., Zeth, U.: »Einige Aspekte zur Linearbildwanderungskompensation im Aufnahmesystem Luftbildmesskammer LMK«, Vermessungstechnik, 1983, Vol. 31, No. 9.

SAŽETAK

U članku je prikazan utjecaj brzine aviona na oštrinu aerosnimke, koji se sastoji u linearnom rasipu preslikavane točke terena, koji rasip ima smjer leta. Taj rasip prouzrokuje veću slučajnu pogrešku m_x nego što bi to odgovaralo geometrijskim okolnostima pri stereoizmjeri.

Prikazane su metode za ublažavanje linearnog rasipa i nedostaci tih metoda, uslijed kojih je poželjno automatsko sprečavanje tog rasipa. Prikazani su ukratko automatski uređaji za sprečavanje linearnog rasipa, a detaljnije je prikazan članak [5], u kojem su opisane prednosti FMC-sistema s pomicanjem filma u smjeru leta za vrijeme eksponaže.

ABSTRACT

The influence of the aircraft velocity on the sharpness of the aerial photography consists in the linear dispersion of the image of the photographed terrain point (image blurring). This dispersion has the direction of the flight i. e. x-direction. Due to this dispersion the mean square error m_x in the stereoscopic measurement is greater than expected according to the geometrical relations.

The methods for the softening of the image blurring are described. These methods have lacks, and therefore an automatical compensation of the forward image motion is desired. The respective devices are shortly described and the article ([5], in which advantages of the FMC-system with the film motion during the exposure are explained, is described in more detail.