

KARTOGRAFIJA U FOTOGRAMETRIJI

CARTOGRAPHY IN PHOTOGAMMOMETRY

Miljenko Lapaine, Nedjeljko Frančula

Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet

SAŽETAK: *Najprije se iznose definicije osnovnih pojmova u svezi s fotogrametrijom i kartografijom kao granama geodezije. Nakon toga nastoji se odgovoriti na pitanje međusobnog odnosa kartografije i fotogrametrije.*

Ključne riječi: *fotogrametrija, kartografija*

1. Uvod - *Introduction*

Prema *Pravilniku o utvrđivanju znanstvenih područja* u Hrvatskoj koji je objavljen u Narodnim novinama i stupio na snagu 1997. godine, geodezija je jedno od polja tehničkih znanosti, a dijeli se na četiri grane: kartografiju, fotogrametriju, pomorsku, satelitsku i fizikalnu geodeziju te primjenjenu geodeziju. Iako su te grane geodezije relativno dobro raspoznatljive, ipak svaka od njih ima i nešto zajedničko s ostalima.

U radu se nastoji odgovoriti na pitanje međusobnog odnosa kartografije i fotogrametrije. Stoga se najprije iznose i raspravljaju definicije osnovnih pojmova kao što su geodetska izmjera, karta, kartografija, fotogrametrija, itd.

Usporedimo li te definicije s odgovarajućima u literaturi vidjet ćemo da se od njih manje ili više razlikuju. Sve šira primjena geodezije u raznim oblicima ljudske djelatnosti, kao i utjecaj općeg razvoja znanosti i tehnike na geodeziju, znatno su proširili opseg jezika kojim se danas geodeti služe. Već se duže vrijeme osjeća u našoj geodetskoj djelatnosti, i to u znanstvenom, nastavnom i stručnom radu, nedostatak rječnika u kojima bi bilo zabilježeno nazivlje kakvo se danas upotrebljava.

Stoga je *Državna geodetska uprava* prihvatile prijedlog projekta o izradbi geodetskog rječnika. Predviđeno je da rad na projektu traje tri godine, voditelj projekta je prof. dr. sc. Nedjeljko Frančula, a glavni suradnici profesori Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Frančula i dr. 1995).

Spomenimo na kraju uvoda još i podatak da je Međunarodno povjerenstvo u okviru Tempus-Phare projekta koje se bavilo prestrukturiranjem nastavnog plana studija geodezije na Fakultetu za graditeljstvo i geodeziju u Ljubljani predložilo da se postoeća *Katedra za fotogrametriju i kartografiju* rasformira te da od nje nastanu *Katedra za fotogrametriju i daljinska istraživanja*, a da kartografija i GIS uđu u *Katedru za geoinformatiku* (Stubkjaer i dr. 1997).

2. Fotogrametrija - Photogrammetry

Za Kružića (1897) *fotogrametrija* je "stablo triuh granah znanosti i umjetnosti: deskriptivne geometrije, geodezije i fotografije." Ona "ustanovljuje pravila za izvedenje ortogonalnih operatah matematičko-konstruktivnim načinom iz fotografiranog tehničkog objekta". Prema Braumu (1976) *fotogrametrija* je tehnika mjerena pomoću koje se iz fotografskih snimaka izvodi oblik, veličina i položaj snimljenog predmeta. Vrlo slično definira fotogrametriju Kraus (1985) kad kaže da je to metoda mjerena kojom se na temelju fotografija mogu rekonstruirati položaj i oblik objekata. Prema Američkom društvu za fotogrametriju i daljinska istraživanja *fotogrametrija* je umjetnost, znanost i tehnologija dobivanja pouzdanih kvantitativnih informacija o fizičkim objektima i okolišu, procesom zabilježbe, mjerena i interpretacije fotografskih slika i scena elektromagnetskog zračenja dobivenih senzorskim sustavima (Gajski, 1998).

Fotogrametrijska izmjera je metoda izmjere u kojoj se u osnovi upotrebljavaju snimci, bilo snimljeni iz zraka bilo sa Zemlje.

Snimak je slika stvorena djelovanjem svjetla na fotoosjetljiv sloj, na koji je dalje djelovano kemijski, da se stvorena latentna slika učvrsti i poprimi željenu gustoću (Gajski, 1998).

Rezultati fotogrametrijske izmjere mogu biti koordinate pojedinih točaka, planovi i drugi grafički prikazi te redresirane fotografije i iz njih izvedene fotokarte, fotomizaici i panoramski snimci.

Kako snimak općenito nije strogo vertikalnan, to će perspektivna slika biti i kod strogo horizontalnog zemljišta deformirana. Prevođenje takve deformira-ne slike u ispravljenu sliku, koja će odgovarati ortogonalnoj projekciji plana u određenom mjerilu, nazivamo *redresiranjem*. Diferencijalnim redresiranjem moguće je dobiti sliku transformiranu ne samo u ortogonalnu, već i u bilo koju drugu kartografsku projekciju (Bormann, Vozikis, 1981).

Fotoplan je list plana (karte) sastavljen od redresiranih okomitih zračnih snimaka jedinstvenog mjerila, s nanesenom pravokutnom koordinatnom mrežom, opremljen nazivima, kotama i podacima izvan okvira.

Fotokarta je fotoplan na kojemu je dio sadržaja dodatno istaknut kartografskim znacima, zemljšni oblici prikazani izohipsama, a objekti objašnjeni nazivima.

Ortofotoplan, odnosno *ortofotokarta* nastaju kao i fotoplan, odnosno fotokarta, ali uz pomoć diferencijalnog redresiranja.

Fotomizaik je niz okomitih zračnih snimaka približno istog mjerila, koji su obrezani i lijepljenjem o čvrstu podlogu montirani u cjelinu (Borčić i dr., 1977).

3. Kartografija - Cartography

U Barceloni su 1995. održane 17. međunarodna kartografska konferencija (*17th International Cartographic Conference*) i 10. generalna skupština Međunarodnoga kartografskog društva (*10th General Assembly of the International Cartographic Association*). Generalna skupština donijela je nekoliko rezolucija, od kojih prva glasi: 10. generalna skupština *Međunarodnoga*

kartografskog društva s obzirom na promjene u tehniči i upotrebi kartografije i karata te diskusija *Radne grupe o kartografskim definicijama* prihvata sljedeće definicije:

Karta je kodirana slika geografske stvarnosti koja prikazuje odabrane objekte ili svojstva, nastaje stvaralačkim autorskim izborom, a upotrebljava se onda kada su prostorni odnosi od prvorazredne važnosti.

Kartografija je disciplina koja se bavi zasnivanjem, izradom, promicanjem i proučavanjem karata.

Kartograf je osoba koja se bavi kartografijom.

4. Kartografija u fotogrametriji - *Cartography in Photogrammetry*

Karte i planovi signaturni su oblik prikazivanja nekog područja odnosno nekih informacija o njemu. Na njima su u određenoj projekciji i u određenom mjerilu prikazani zemljšni oblici i ostali sadržaj pomoću crteža, boja, uvjetnih znakova i naziva po nekom usvojenom ključu. Prema tome, količina podataka koje sadrže karte u izvjesnom smislu je ograničena.

Za razliku od karte, *aerosnimak* je slika određenog područja. Na toj slici sav je sadržaj prikazan svojim oblikom i dimenzijama pomoću tonskih razlika (kod fotografija u boji u tonovima boja). Prema tome, snimci sadrže obilje informacija kojih s kartografskog gledišta ima i suviše mnogo da bi ih se moglo kartografski prikazati. S druge strane, snimak neće sadržavati neke važne informacije koje sadrže karte. To su u prvom redu nazivi, koordinatni sustav i jedinstveno mjerilo. Nadalje, snimci su snimljeni u centralnoj projekciji, a karte se izrađuju u raznim drugim projekcijama. Na pojedinačnim snimcima visinska predodžba je slaba i do nje se dolazi neizravno (po sjeni, oblicima komunikacija, obliku i smjeru pružanja parcela, potpornih zidova, po kulturama itd.), dok se stereoskopskim promatraњem parova snimaka dobiva vjernija i jasnija predodžba o reljefu. Prema tome karte i snimci se pri pružanju informacija međusobno ne isključuju, već se dopunjaju, što je i dovelo do izrade fotokarata.

Numerokartografi spadaju u skupinu najjednostavnijih fotogrametrijskih stereoinstrumenata. Ime im dolazi otuda što se do visinskih podataka dolazi numeričkim putem, posredstvom mjerjenja stereoparalaksa. Osim što se upotrebljavaju za kartiranje fotointerpretacijskih podataka oni mogu poslužiti i za neka kartiranja kod kojih se ne zahtijeva visoka točnost (Donassy i dr., 1983).

Kartiranje je izvorno nanašanje i izrada karata uz pomoć koordinatografa, numerokartografa i ostalih pomagala. Na osnovi podataka izmjere kartira se najveći dio sadržaja, trigonometrijske točke, kartografska mreža, ali iscrtavanje npr. šrafura u zgradama, znakova za kulture i slično, te unošenje naziva nije više kartiranje nego kartograiranje (Neidhardt i Lovrić, 1968). Spomenimo da *Višejezični kartografski rječnik* (Borčić i dr., 1977) ne razlikuje kartiranje i kartograiranje već ih obuhvaća pojmom kartiranje. To je uočio i prof. Lovrić pa je pišući svoju *Opću kartografiju* (Lovrić 1988) mnogo truda uložio u što jasnije definiranje pojedinih kartografskih pojmove. Prema njemu *kartiranje* je nanošenje točaka u određenom mjerilu i na prikladnom nosiocu crteža te njihovo spajanje u

linije. *Kartograiranje* je pridruživanje kartiranim točkama, linijama i površinama odgovarajućih točkastih, linijskih i površinskih signatura i prikladnog opisa objekata.

Međunarodno društvo za fotogrametriju i daljinska istraživanja (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing - ISPRS) ima svoja povjerenstva, među kojima je i Povjerenstvo IV za kartografiju, baze podataka i geografske informacijske sustave. To povjerenstvo pokrovitelj je sljedećim radnim grupama:

Radna grupa IV/1	Podaci GIS-a i primjene
Radna grupa IV/2	Međunarodna kartografija i Svetmir
Radna grupa IV/3	Ažuriranje karata i baza podataka
Radna grupa IV/4	Digitalni modeli reljefa i digitalni ortosnimci za karto-grafske i GIS primjene
Radna grupa IV/5	Vanzemaljska kartografija
Radna grupa IV/6	GIS i ekspertni sustavi za baze podataka globalnog okoliša
Zajednička radna grupa Povjerenstava III i IV	
Radna grupa IV/7	Konceptualni aspekti GIS-a

U zborniku simpozija *Kartografija i geografski informacijski sustavi* održanog 1994. u Athens, Georgia, SAD skupljena su 103 rada na 710 stranica formata A4 (Welch, Remillard 1994). U uvodnoj riječi predsjednika i tajnice Povjerenstva IV ISPRS stoji da je toj knjizi o kartografiji i GIS-u svakako mjesto na polici s knjigama fotogrametara, znanstvenika koji se bave daljinskim istraživanjima i specijalista za geografske informacijske sustave. Članci su razvrstani u skladu s prije navedenim aktivnostima pojedinih radnih grupa.

U Beču je 1996. održan 18. kongres Međunarodnoga društva za fotogrametriju i daljinska istraživanja (Semak, Fiedler, 1996). U zborniku radova koji pripadaju Povjerenstvu IV za kartografiju i GIS skupljeno je oko 150 radova na 1029 stranica formata A4 (Kraus, Waldhäusl, 1996). U uvodnoj riječi predsjednika i tajnice Povjerenstva IV čitamo da se u sljedeće četiri godine može očekivati nastavak razvitka GIS-a, softcopy fotogrametrije i GPS tehnologije, zajedno s poboljšanjima u mogućnostima obrade podataka i dobivanja podataka iz satelitskih snimaka visoke rezolucije. To su ključni činitelji nužni za zadovolja-vajući pripremu karata i baza podataka u digitalnom obliku. Pretpostavlja se da će to biti uzbudljivo razdoblje za Povjerenstvo IV.

Pokažimo na kraju ovog poglavlja da se udio kartografije u fotogrametriji može i izmjeriti. Jedan od pokazatelja količine kartografije u fotogrametriji mogao bi primjerice biti broj kartografskih termina u odgovarajućem stručnom rječniku. Ako uzmemmo na primjer njemački rječnik *Photogrammetrie und Fernerkundung* (IfAG, 1993), tada možemo vidjeti da od ukupno 4144 stručna termina njih 454 ili 11% pripada kartografiji.

Pitanje bi se moglo postaviti i obrnuto, tj. koliki je udio fotogrametrije u kartografiji. Zanimljivo je da je u poznatoj knjizi *Elements of Cartography* (Robinson i dr., 1995) jedno cijelo poglavlje posvećeno obradi slika, a da riječ fotogrametrija nije spomenuta niti jedanput.

5. Fotogrametrija u kartografiji - Photogrammetry in Cartography

Projekt *Službeni topografsko-kartografski informacijski sustav Republike Hrvatske* (STOKIS) ima zadaću predložiti metodologiju i vrhunsku tehnologiju za izradbu topografskih zemljovida sitnijih mjerila, počevši od 1:25 000 naviše. Slijedom postavki tog projekta, stručnih rasprava i prijenosa iskustava o stanju kartografije u Hrvatskoj, pristupilo se izradbi *Studije o nadomještanju reproduktičkih izvornika i obnavljanju sadržaja topografskih zemljovida* (Bušelić, 1996).

"Studija o nadomještanju reproduktičkih izvornika i obnavljanju sadržaja topografskih zemljovida dala je odgovore na mnoge nepoznanice koje su se postavljale pred fotogrametre i kartografe Hrvatske. Hibridni postupak (nadomještanje sadržaja u rasteru), kao tehnologija izradbe novog hrvatskog zemljovida 1:25 000 potpuno se odbacuje, jer je cijena i kvaliteta rezultata (podataka) neprimjerena za integraciju u TIS 25 RH, ali kao privremeno i brzo rješenje uz minimalno nadomještanje sadržaja, izvanokvirnog opisa te leksičkog usklajivanja nazivlja pokazuje se kao opravdana i opće prihvaćena.

Samo novo snimanje, iz zraka i terestrički, moderna trodimenzionalna analitička ili digitalna fotogrametrijska restitucija uz precizno definirane norme točnosti i strukture podataka, kako grafičkog modela geometrije, tako i alfanumeričkih podataka daju solidnu osnovu za TIS 25 RH, a time i kartografski model koji procesima obrade i generalizacije mogu dati dovoljno kvalitetan i informatiziran topografski zemljovid." (Biljecki i dr. 1995).

Iz prethodnog citata može se uočiti uloga fotogrametrije u kartografiji danas u Hrvatskoj.

6. Zaključak - Conclusion

Na kraju se može zaključiti da se kartografija i fotogrametrija u znatnom dijelu prožimaju te da se iz njihova međudjelovanja nazire mnoštvo problema koji stoje pred nama. Fotogrametrija i kartografija imaju osiguranu budućnost u okviru prostornih informacijskih sustava.

7. Literatura - References

- Biljecki, Z., Tonković, T., Franić, S. (1995): Studija o nadomještanju reproduktičkih izvornika i obnavljanju sadržaja topografskih zemljovida, Državna geodetska uprava i Geofoto d.o.o., Zagreb.
- Borčić, B., Kreiziger, I., Lovrić, P., Frančula, N. (1977): Višejezični kartografski rječnik. Zbornik radova, Publikacija br. 15, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Bormann, G. E., Vozikis, E. (1981): Map Projection Transformation with Digitally Controlled Differential Rectifiers, ASP-ACSM Fall Technical Meeting, San Francisco, 1-12.

- Braum, F. (1976): Fotogrametrija, u: Tehnička enciklopedija, 5. dio, JLZ, Zagreb, 583-597.
- Bušelić, V. (1996): Državna geodetska uprava i GIS, Byte, 39, 95-96.
- Donassy, V., Oluić, M., Tomašegović, Z. (1983): Daljinska istraživanja u geoznanostima, JAZU, Zagreb.
- Frančula, N., Lovrić, P., Lapaine, M. (1995): Hrvatska geodetska terminologija. Geodetski list 3, 251-253.
- Gajski, D. (1998): Najvažniji stručni izrazi u digitalnoj fotogrametriji, seminarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.
- IfAG (izdavač, 1993): Deutsches Fachwörterbuch, Photogrammetrie und Fernerkundung, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Mein.
- Kraus, K. (1988): Fernerkundung, Ferd. Dümmler Verlag, Bonn.
- Kraus, K., Waldhäusl, P. (urednici, 1996): Proceedigns of the 18th Congress of ISPRS, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 31, Part B4.
- Kružić, F. (1897): Fotogrametrija i praktični dio tahimetrije, Knjigotiskarna G. Neuberga, Križevci.
- Lovrić, P. (1988): Opća kartografija, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Ministarstvo znanosti i tehnologije (1997): Pravilnik o utvrđivanju znanstvenih područja, Narodne novine, br. 29, 1348-1352.
- Neidhardt, N., Lovrić, P. (1968): Kartiranje, kartografiiranje, Geodetski list 7-9, 111-113.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., Guptill, S. C. (1995): Elements of Cartography, 6. izdanje, John Wiley & Sons, New York.
- Semak, L., Fiedler, T. (1996): 18. kongres Međunarodnoga društva za fotogrametriju i daljinska istraživanja "Prostorne informacije iz snimki", Beč 9.-19. srpnja 1996, Geodetski list 4, 393-399.
- Stubkjaer, E., Frank, A. U., Levainen, K., Mattsson, H., Zevenbergen, J. A. (1997): Priporočila za slovenski geodetski učni načrt (TEMPUS-Phare projekt), Geodetski vestnik, 2, 144-151.
- Welch, R., Remillard, M. (urednici, 1994): Proceedings of the Symposium Mapping and Geographic Information Systems, ISPRS, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 30, Part 4.

ABSTRACT: At first, the definitions of principal notions associated with photogrammetry and cartography as geodetic disciplines are presented. Further, the question related to the reciprocal relationship of cartography and photogrammetry is tried to be answered.

Keywords: photogrammetry, cartography