

ANALIZA GRADSKOG PROMETA IZ PODATAKA AEROSNIMAKA

Krunoslav ŠMIT — Zagreb*

Primijenjena geodetska djelatnost uspješno se razvija u mnogim tehničkim disciplinama. Jedna od takvih geodetsko-fotogrametrijske djelatnosti može se primijeniti u rješavanju problema gradskog saobraćaja. Obzirom da se u Jugoslaviji nije do sada ova metoda primjenjivala ovdje će se dati kratak prikaz i tehničke mogućnosti izvedbe za naše prilike.

Stalni porast motornih vozila na cestama i ulicama grada, te problem prostora za parkirališta prisiljava na stalno praćenje tog stanja, a ujedno za poduzimanje odgovarajućih tehničkih zahvata u svrhu regulacije prometa. U svakom gradu, zbog njegovih specifičnosti koje se moraju poštivati, donošaju se nakon sagledavanja cjelokupnog problema i odgovarajući regulativi, kojima se u većoj ili manjoj mjeri poboljšavaju uvjeti prometa.

U svrhu analize prometa potkrepljene tehničkim podacima poduzimaju se odgovarajuća mjerenja faktičnog stanja u prometu. Ova mjerenja se organiziraju povremeno na čitavom području grada ili na pojedinim interesantnim područjima. Obično se angažira više učesnika za ručno brojanje prometa i montiraju se automati za registraciju impulsa pri prolazu vozila. Konceptija prikupljanja podataka, te njihova statistička i tehnička obrada razlikuje se u ovisnosti o raspoloživim sredstvima za određeni grad. Rezultati ovog brojanja daju podatke za određeno vrijeme i određeno mjesto o broju prolaza vozila. U analizi gradskog prometa, gdje je potrebno dati ukupnu procjenu i prognozu prometa, potrebno je i prikupljanje dodatnih tehničkih i drugih podataka. Sinhronizacija u prikupljanju ovih podataka nije uvijek moguća. Obrada ovih podataka je složena, jer nema čvrste veze po vremenu i položaju zbivanja. Pritom se moraju još uzeti u obzir i pogreške ručnog brojanja, koje mogu dati krivu sliku faktičnog stanja u prometu.

Neki su gradovi zbog toga rješavali ovaj problem tako da su koristili avionski snimak za registraciju momentalnog stanja u prometu. Time su konzervirani podaci koji se mogu tehnički egzaktno iskazati i obraditi, tako da služe u analizi prometa. Pridruživanjem više snimljenih momentalnih stanja prometa dobiju se podaci koji nakon tehničko-računske obrade daju mogućnost široke analize stanja prometa za određeni period.

Podaci brojanja prometa iz aerosnimaka

U nastavku izlaganja bit će izloženi tehnički podaci za izvedbu ovog zadatka korištenjem aerosnimaka. Posebno će se izložiti način obrade podataka i njegovu interpretaciju u analizi prometa.

* Adresa autora: Doc. Krunoslav Šmit, dipl. inž., Zagreb, Geodetski fakultet, Kačićeva 26.

Svaki tehnički poduhvat zahtijeva temeljitu pripremu i upoznavanje šireg kruga tehničkih službi u gradu. Međusobnim pomaganjem u razmjeni podataka, znatno se olakšava izrada zadatka, a ujedno se i ekonomski opravdava pojedine zahvate.

Tako se mogu npr. koristiti podaci gradske geodetske službe, koja je dužna ažurno održavati geodetske podloge za čitavo gradsko područje. Ona je naručilac avionskog snimanja u svrhu izrade i održavanja gradskog premjera. Aerosnimci se mogu koristiti i za potrebe prometa, pogotovo ako se plan snimanja uskladi za obje potrebe. Ako se ne koriste aerosnimci, moraju se koristiti gotove podloge i orijentacione točke.

Za snimanje prometa potrebno je snimanje izvršiti u krupnom mjerilu snimanja, pa se ti snimci mogu koristiti i za reambulaciju postojećih planova, te ortofototehnikom za izradu ažurnih podloga za urbaniste i druge službe. Iz aerosnimaka mogu se za potrebe prometa dobiti više podataka, koje će se koristiti u analizi prometa. Prema radovima, koji su do sada izrađeni i objavljeni u SAD, Japanu, Francuskoj i SR Njemačkoj, (Rüpke 1967), vidljivo je da se mogu dobiti slijedeći podaci:

1. Broj vozila (učesnika u prometu) u određenom trenutku ili vremenskom intervalu.
2. Propusna moć pojedinih križanja i zastoja.
3. Brzina kretanja vozila na pojedinim potezima.
4. Neiskorišteni pravci u najvećem opterećenju.
5. Iskorištenost prostora za parkiranje.
6. Vrsta prometnih vozila.
7. Gustina pješačkog prometa.
U slučaju periodičnog snimanja dobivaju se još podaci za:
8. Povećanje ili pad prometa na pojedinim pravcima.
9. Usporedba fotopovećanja iz raznih datuma snimanja.
10. Učinak u reorganizaciji regulacije prometa.

Svaki od navedenih zadataka može da bude glavni predmet registracije i obrade avionskih snimaka. Prema ovom zahtjevu mora se podesiti plan snimanja, raspored test-točaka i oprema za snimanje.

Za naše prilike i u početnoj fazi primjene ove metode bolje je usmjeriti tok izrade zadatka tako da obuhvati što je više navedenih podataka, makar da se pojedini podaci dobiju i s manjom tačnošću.

Avionsko snimanje i aerofotomaterijal

Plan snimanja projektira se na karti u mjerilu 1 : 10 000 tako da obuhvati čitavu površinu u najpovoljnijim pravcima za uvid i mjerenje navedenih podataka. Kao i kod snimanja za geodetske potrebe, uzima se uzdužni preklop od 60% i poprečni od oko 25%. Obzirom na ugrađenost u gradu i zahtjeva dobrog uvida i u uskim prometnicama treba koristiti normalno kutni objektiv ($f = 300 \text{ 23} \times 23$ ili $f = 210 \text{ 18} \times 18$). Mjerilo snimanja uzima se tako da zadovolji što više zahtjeva u programu izmjere a da bude snimanje ekonomično i obzirom na dalju obradu. Dosadašnja iskustva ukazuju da je optimalno mjerilo snimanja 1 : 4 000 do 1 : 5 000.

U planu snimanja treba odabrati dan snimanja koji je tipičan sa stanovišta prometa, termine tokom dana ukoliko se predviđa serija snimanja, tako da se što bolje definiraju oscilacije u dnevnom prometu.

Obzirom na ugrađenost terena koja olakšava orijentaciju treba predvidjeti ciljano aerosnimanje. Ovime se izrada redresiranih snimaka — fotoplanova pojednostavljuje i nije potrebno napraviti za svaku seriju kontakt kopije — fotograme.

Za daljnju obradu potrebno je imati negative za sve serije snimanja, te dijapozitive i fotopovećanja u mjerilu 1 : 1 000 za ona područja gdje se predviđa obrada sa stereoinstrumentima. Ukoliko predviđamo obradu izmjerom pojedinačnih redresiranih snimaka (fotoplanova), moramo prije toga izvršiti redresiranje. U ovom slučaju nije potrebno izrađivati fotopovećanje (fotoskice).

Pri izradi fotoplanova za ovu svrhu moramo odstupiti od uobičajenih zahtjeva u pogledu točnosti zbog radijalnih prebacivanja, jer je potrebna samo položajna točnost u nivou prometnice. Izmjeru fotoplanova može se izvršiti na digitizeru tako da se registriraju koordinate, na koordinatgrafu stereoinstrumenta ručnim čitanjem ili na komparatoru — Stecometru — s registracijom koordinata.

Obrada podataka — priprema za automatsku obradu podataka

Uputno je radi lakše obrade i radi odvojenog problema razdijeliti u pojedinim dijelovima grada čitavo područje na nekoliko dijelova. Ovi dijelovi se mogu različito formirati. Jedan način je podjela prema namjeni zone. Postoje npr. industrijska i stambena zona, te zona za rekreaciju, trgovački i poslovni centar. Podjela se može podesiti prema specifičnostima grada i prema zahtjevima brojanja, npr. tranzit veza jezgri grada itd.

Ove granice se ucrtavaju na fotopovećanja i fotoplanove. Prema ovoj podjeli izrađuje se evidencija registracije.

Za registracije u stereomodelu ili na fotoplanu može se prema zahtjevu za datka svaki podatak posebno registrirati.

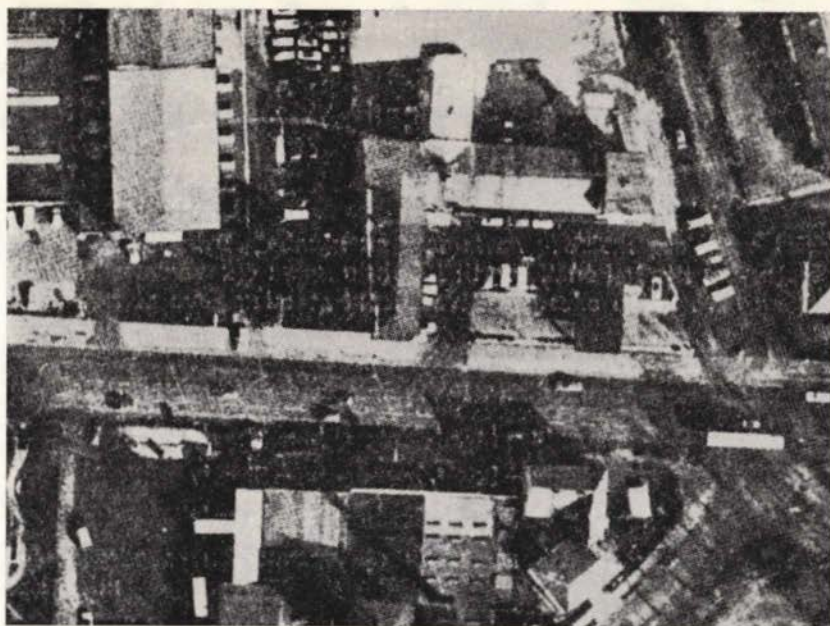
Na sl. 1. vidi se tipičan detalj interesantan za registraciju u prometu. Slično povećanje vidi se i u autografu.

Na slici 1. vidi se da se na modelu ili na fotoplanu mogu mjeriti i registrirati stanja naznačena u tabeli. Oznake u pojedinim stanjima kao i vrste vozila pripremljene su tako da ih elektronski računar lako može preuzeti, a restitutor lako pamti. Grafičke oznake su uvedene također radi lakše obrade i kontrole ispravnog registriranja.

Registracija vozila za prvu seriju snimanja i prvu zonu u gradu TAB 1.

STANJE	osobno	autobus	teretni	tramvaj	motor- kot.	bicikl
U prometu	11101	11201	11301	11401	11501	11601
U mirovanju	11102	11202	11302	11402	11502	—
Parkirana	11103	11203	11303	11403	11503	—
Neppravilno parkirana	11104	11204	11304	—	11504	—

serija	podru- čje	vrsta vozila	stanje
--------	---------------	-----------------	--------



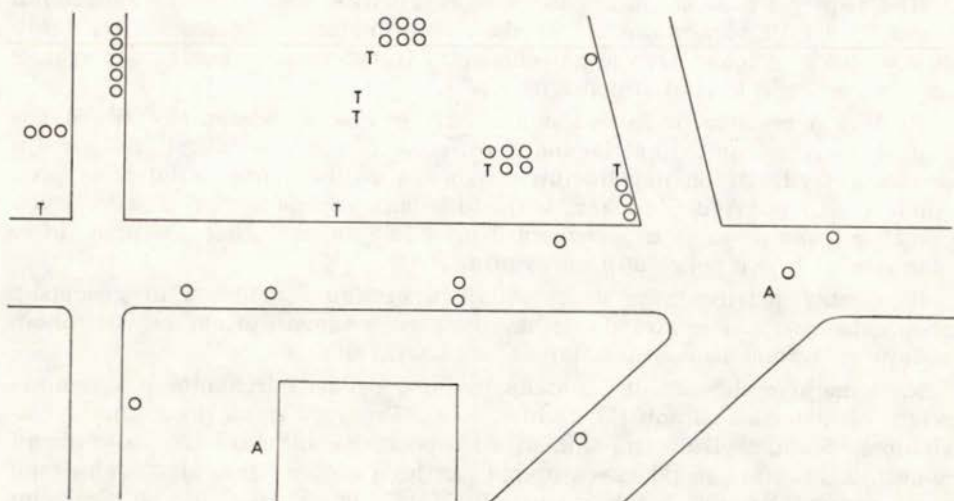
Detalj

Sl. 1

FOTOPOVEĆANJE

Oleata prema oznakama pojedinih vozila:

Grafički prikaz na fotoskici ili oleati fotoplana.



Sl. 2

Gustina na 100 m ²	1	5	10	20	30	50	75	100
Oznaka	11010	11020	11030	11040	11050	11060	11070	11080

oznaka stanja vozila 1 do 4 (rezervirano do 9)
 vrsta vozila 100 do 600 (rezervirano do 900)
 stanje u pješačkom prometu od 10 do 90
 oznaka serije snimanja od 10 000 do 90 000 (moguće 9 serija istog dana)
 područje snimanja 1 000 do 9 000 (moguće 9 dijelova grada)

Grafičke oznake idu po vrstama. Svaka vrsta ima svoju oznaku koja je naznačena u tabeli.

Za teretna vozila može se uvesti oznaku po nosivosti npr. 310 lagani 320 srednji (3 do 5 t) 330 teški s prikolicom. Registraciju za utvrđivanja brzine kretanja pojedinog vozila ili grupe mora se posebno mjeriti i dati posebne oznake.

Rad na stereoinstrumentu treba podesiti zahtjevima ove registracije. Koordinatograf se ne koristi za kartiranje već za orijentaciju fotopovećanja — fotoskice u mjerilu 1 : 1 000, koju se u tu svrhu i pripremi.

Ovdje se dopušta relativno velika tolerancija u položajnom odstupanju. ($\pm 1-2$ mm). Ako restitutor obrađuje pojedine vrste vozila onda uz stalnu oznaku serije i zone mijenja samo stanja vozila. Grafičku oznaku može, ako nema pomoćnika, sam označiti olovkom koordinatografa. Tu je potrebna upotreba masnih olovaka.

Pri korištenju fotoplanova i stereokomparatora ili sličnim pomagalom za elektronsko očitavanje koordinata, olovkom koordinatografa mora se običi svako vozilo. Tom prilikom mora se na fotoplanu ili oleati preko fotoplana naznačiti grafičku oznaku.

Kod jednog i drugog slučaja mora se registrirati koordinate orijentacionih točaka ili detalja s poznatim geodetskim koordinatama. Oznaka za ove točke 100 000 plus broj točke. Ovo je potrebno radi transformacije koordinata svakog vozila u geodetski koordinatni sistem.

Razlika u registraciji za ova dva načina je kod utvrđivanja vozila u pokretu. U stereoinstrumentu se lagano utvrdi koje je vozilo u pokretu na temelju paralaksa. Ovdje treba napomenuti da su sva vozila u prometnoj traci pred semaforom, u pokretu. Kod korištenja fotoplana za ona vozila koja su izvan prometne trake mora se usporedbom drugih fotoplanova istog područja ručno ustanoviti da li je u pokretu ili mirovanju.

Rezultat registriranja je uz pripadajuću oznaku i modelna ili geodetska koordinata vozila. Registracija je izvedena na odgovarajućem registriranom uređaju uz stereoinstrument u čistopisu i na kartici ili vrpci.

Na temelju ovih ulaznih podataka možemo prema određenim programima izvršiti elektronsku obradu (M. Döhler, 1966). Program treba predvidjeti s paralelnom obradom više serija snimanja i uspostaviti njihovu vezu po vremenu i položaju. Program se podešava prema zahtjevu saobraćajnih stručnjaka tako da izlazni podaci budu karakteristični brojevi pokazatelji. Može se posebnim programom na ploteru dobiti i grafički prikaz stanja i iscrtati grafikone kao

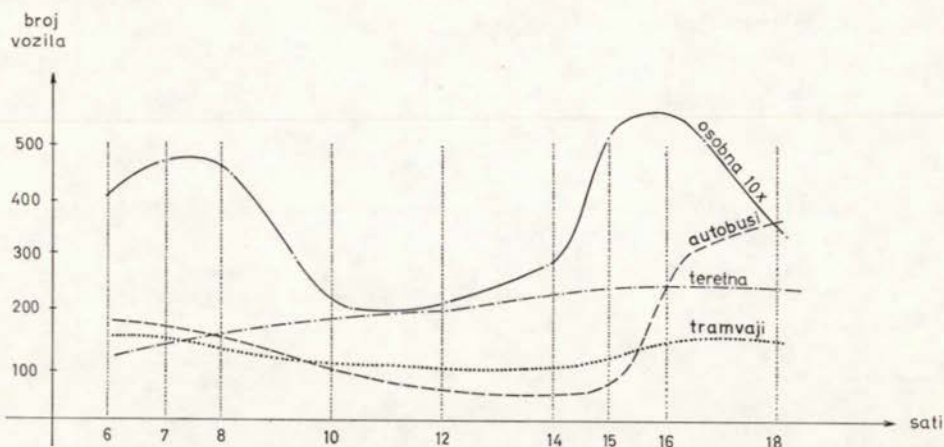
pokazatelje. Najjednostavnijim programom može se dobiti sumaciju prema registraciji iz tabele 1 i 2 tako da se dobiju rezultati za svaku zonu i ukupno za čitavo područje.

Ako se na ploteru, u mjerilu 1 : 10 000 ili 5 000 nanese i označi grafičkim oznakama svako vozilo dobit će se grafički pregled stanja prometa u jednom momentu. Kod razrade opterećenosti parkirališnog prostora bolje dođu grafički pokazatelji. U tu svrhu je dobro nanijeti rezultate registriranja direktno na katastarske planove.

Za utvrđivanje brzine kretanja vozila na pojedinim pravcima u kratkim relacijama mogu se koristiti podaci iz jedne serije. Međutim, kod utvrđivanja prosječne brzine za duže dionice gradske prometnice mora se podesiti vremenski razmak između dva uzastopna snimanja. Vrijeme snimanja za svaki snimak registriran je kamerom na 1/3 sec. Iz podataka položaja vozila i određenog vremena dobije se brzina.

Pješački promet je također interesantan za regulaciju prometa. Ovi podaci mogu biti interesantni i za druge svrhe kao npr. za trgovinu, rekreaciju, turizam i slične potrebe. Uputno je zbog relativno velikog posla oko registracije, da se brojanje ograniči na određeni prostor. Ovdje treba napomenuti da se iz predloženog mjerila snimanja (1 : 4 000 do 1 : 5 000) neće dobiti onakve rezultate kao iz snimaka snimljenih samo za tu svrhu. Mora se računati i na mrtve uglove — pokrivanje trotoara — kod ulica u potezu paralelnih s bazom snimanja. Ovaj promet može se numerički i grafički prikazati kao opterećenje na jedinici površine (vidi tabelu 2).

Tabelarnim i grafičkim prikazivanjem rezultata snimanja u jednom danu može se povezati i iz toga izvući određene zaključke. Takvi rezultati dani su grafički na sl. 3, gdje je napravljeno 9 serija snimanja u jednom danu.



Sl. 3

Stručnjak za saobraćaj postavlja zahtjev za izmjeru podataka prema specifičnostima grada. Statističku i tehničku obradu podataka izmjere mogu preuzeti stručnjaci raznih profila. Svakako je potrebno da se ti podaci obrađuju

suvremenim metodama automatske obrade podataka i da se pravilno interpretiraju. Ovdje sigurno nisu obuhvaćene sve mogućnosti koje se mogu dobiti iz podataka na snimku i za vjerovati je da će se neke tokom razrade zadatka same po sebi nametnuti.

Literatura

1. N. Rüpke: »Verkehrszählung aus der Luft«, Sonderdruck aus »Strassen und Tiefbau«, Heft 12, 1967.
2. M. Döhler: »Strassenverkehrsuntersuchungen mittels photogrammetrischer Verfahren und elektronischer Datenverarbeitung«, Dissertation TH Karlsruhe, 1966.