

## ARHITEKTONSKA FOTOGRAMetriJA

*Srboljub MITIĆ — Beograd*

*PRIMER SNIMANJA I IZRADA PLANOVA FAŠADA NARODNOG POZORISTA U BEOGRADU* — Terestička fotogrametrija je uz malu adaptaciju postojećih pribora i korišćenjem pogodnih konstrukcija fototeodolita stekla punu afirmaciju kao arhitektonska fotogrametrija za brzo i verno snimanje i izradu planova horizontalne i vertikalne projekcije kao i potrebne preseke i profile istorijskih spomenika.

Arhitektonska fotogrametrija se danas u svetu široko koristi za snimanje i izradu planova istorijskih kulturnih spomenika. Njeni počeci datiraju od kraja XIX veka kada je Nemač Meydenbauer već koristio metodu snimanja sličnu današnjoj. S obzirom da u to vreme nije bilo fotogrametrijskih instrumenata Meydenbauer je kartiranje izvodio grafički na planšeti. U Austriji je također već 1898. godine E. Doležal ostvario fotogrametrijsko snimanje Crkve Sent-Šarl u Beču.

Zahvaljujući tome ove zemlje imaju još od tih dana bogatu fotogrametrijsku arhivu istorijskih spomenika. Danas gotovo sve razvijenije zemlje u svetu imaju organizovanu službu snimanja i arhiviranja originalnih terestičkih snimaka istorijskih spomenika tako da one raspolažu sa snimljenim materijalima koji se čuvaju na sigurnim mestima. U slučaju potrebe moguće je u svakom trenutku ubaciti parove snimaka u instrumenat za restituciju i to možda mnogo vekova kasnije i dobiti detaljne planove određenog istorijskog spomenika da bi se izvršila njegova restauracija ili ponovna izgradnja. Za mnoge istorijske spomenike se odmah po snimanju rade planovi i grafički i numerički podaci se čuvaju u arhivi.

Arhitektonska fotogrametrija nam omogućava da dobijemo planove za

- stare gradove, ulice i trgove,
- pojedine istorijske spomenike — zgrade, manastire, skulpture i bareljefe,
- interjere, unutrašnje zidove i tavanice u crkvama, salama, palatama itd.

Utvrđivanje pomeranja građevinskih konstrukcija može se izvršiti na osnovu više uzastopnih terestičkih snimanja u različitim vremenskim trenucima u toku izgradnje i kasnije.

---

Adresa autora: Srboljub Mitić, dipl. ing. — Zavod za fotogrametriju — Beograd

U arheologiji terestička fotogrametrija ima važno mesto. Ovde se obično zahteva brzo snimanje u toku samih iskopavanja ili snimanja u raznim fazama iskopavanja celine i pojedinih važnih otkrivenih predmeta kojima preti opasnost da se pri dodiru sa vazduhom pretvore u prah.

Terestička fotografija je kao mikro fotogrametrija našla primenu u radovima preparacije, ispitivanja i dokumentacije radi konzerviranja umetničkih predmeta. Proučavanje površina i različitih slojeva boja kao i nosača boja ostvareno je pomoću stereo-mikroskopa koji su prilagođeni za dobijanje mikroskopskih stereograma na kratkom rastojanju sa oštećenim osovinaama paralelnim i upravnim na bazu. Osvetljavanjem infra crvenim i ultra ljubičastim zracima i korišćenjem raznih filtera omogućeno je da se odredi dubina nanetog materijala unutar slojeva boja. Također se okriste i stereo fotografije snimljene sa X—zracima.

U odnosu na klasičan način izrade planova istorijskih spomenika arhitektonska fotogrametrija ima veliku prednost za istorijske spomenike sa složenim fasadama i skulpturama. Isto tako za istorijske spomenike izložene naglom propadanju i rušenju brzo i verno se mogu dobiti njihovi planovi jedino arhitektonskom fotogrametrijom. Za nepristupačne objekte i tamo gde je potrebno radi klasičnog snimanja podizati skupe skele problem izrade njihovih planova uspešno rešava jedino arhitektonska fotogrametrija. Klasičan način snimanja je punktualan, dok arhitektonska fotogrametrija daje objekat površinski odnosno kontinuiranim linijama. Ona nam omogućava dobijanje planova u horizontalnoj i vertikalnoj projekciji kao i potrebne preseke i profile. Znamo da kod klasičnog načina premeravanja srednja greška dužine raste sa kvadratnim korenom iz te dužine dok kod stereo-fotogrametrijskog snimanja srednja greška premeravanja skoro ne zavisi od dužine.

Jedino kod prostih konstrukcija jednostavnije je izvršiti klasično snimanje.

Arhitektonska fotogrametrija ima i svoje nedostatke. Često se ne možemo dovoljno izmaći od objekta koji snimamo ili postaviti bazu potrebne dužine što nam poskupljuje radove ili ugrožava tačnost. Isto tako drveće i drugi objekti u blizini snimanog objekta mogu nam zaklanjati neke delove što se kasnije mora dopuniti naknadnim snimanjem ili klasičnim merenjem.

Znamo da je »vidljiva forma« različita od stvarnog oblika i od arhitektonskog plana koji prikazuje oblik u tri dimenzije. Smatralo se da fotografija može da služi kao dokumenat koji će nam dati stvarni oblik jednog objekta. Međutim, sama fotografija je jako neobjektivna i različito prikazuje snimljeni objekat što zavisi od različitih faktora pri snimanju, kao što su žižna daljina objektivna kamere, filtra, emulzije, dužine baza ako se radi o stereoskopskom snimanju, boja prirodnog i veštačkog svetla, tačke i ugla gledanja itd.

Stereofotogrametrija ima ogromnu prednost nad fotografijom jer realno i u određenoj razmeri prostorno daje veran oblik objekta koji se snima.

U novije vreme vrši se stereoskopsko snimanje i u boji. Fotografija u boji može za neke istorijske spomenike pružiti vrlo korisne detalje ali stereoskopsko gledanje takvih snimaka ima svojih mana zbog stereoskopije boja. Međutim, i od negativa u boji možemo napraviti crno bele dijapozitive i njih koristiti za stereo-restituciju.

Mi znamo da se »teorijska forma« obično geometrijski pravilna, pri ostvarenju u praksi razlikuje od »stvarnog oblika« kako je on ostvaren. I tu takvu »stvarnu formu« može jedino verno da prikaže arhitektonska fotogrametrija.

Za snimanje u arhitektonskoj fotogrametriji koriste se foto-teodoliti koji su u upotrebi u terestičkoj fotogrametriji i izvesni postojeći pribori za policijska snimanja saobraćajnih nezgoda sa fiksnom bazom i duplom kamerom uz izvesne adaptacije.

Danas gotovo sve poznate firme koje proizvode fotogrametrijske instrumente imaju pribore za arhitektonsku fotogrametriju i to uglavnom sa fiksnom bazom i duplim kamerama. Prema konkretnim potrebama koriste se i duple kamere koje se mogu pomeriti duž jedne specijalne gredice prema potrebnoj dužini baze (do 7 m).

U stručnim krugovima za arhitektonsku fotogrametriju smatra se da je najpogodnija kamera za snimanje sa žižnom daljinom od 125 mm. i formatom snimaka  $18 \times 18$  cm. Naravno prema konkretnim situacijama treba koristiti i druge kamere.

Pre početka snimanja moramo znati razmeru kartiranja. Snimanje se izvodi po tzv. »normalnom slučaju« tj. sa horizontalnim i paralelnim optičkim osovinama upravnim na bazu. U stvari može se odstupiti od ovoga u granicama mogućnosti instrumenata na kome se izvodi restitucija. Prema potrebi mogu se koristiti i snimci sa blago konvergentnim osovinama ako to uslovi snimanja zahtevaju. Elementi snimanja se registruju.

U praksi u većini slučajeva mi koristimo slučaj »aero-fotogrametrije«. Pri restituciji radimo uobičajenu orijentaciju otklanjanjem vertikalne paralakse i urazmeravamo i horizontiramo model na osnovu datih tačaka. Ove date tačke moramo pre snimanja obeležiti na objektu ili uzeti neke detalje objekata koji se mogu prigodno identifikovati na snimcima kao tačni. Koordinate tih (kontrolnih) tačaka moraju se odrediti sa potrebnom tačnošću klasičnim putem.

Često se dešava da nam objekat koji snimamo ne pokriva ceo stereopar već njegov manji ili veći deo. Da bi uspešno izvršili orijentaciju para moramo napraviti jedan ram na kome se nalaze tačke-markice sa poznatim dimenzijama i čija je veličina takva da nam pokriva ceo stereopar. Ram može biti u vidu kvadrata čija se dužina strana može menjati (dr. Foramiti), u vidu paraleloipeda itd.

Praktikuje se isto tako kada se snima objekat za čije pokrivanje stereoparovima treba veći broj stereoparova da se na samom objektu instrumentom obeleži horizontalna linija vidljivim tačkama na samom objektu. Tačke ove linije poslužiće nam za bolje povezivanje pojedinih delova objekata (parova) u celinu objekta. Kartiranje se uglavnom izvodi na stereo-instrumentima I reda. Pre kartiranja moramo znati u kojoj se projekciji kartira i kako stoji ravan kartiranja u odnosu na objekat. Obično se uzima da ravan kartiranja bude paralelna ravni objekta, fasadi itd. koji se kartiraju. U ovu svrhu kontrolne tačke moraju se na uobičajeni način transformisati u traženu ravan.

Planovi fasada rade se u razmerama od 1 : 100 do 1 : 20. Uobičajena razmera je 1 : 50. Za ovu razmeru traži se tačnost kartiranja  $\pm 1$  cm. odnosno 0,2 mm. u razmeri kartiranja. Da bi obezbedili ovu tačnost odnos baze nesme biti manji od 1 : 6 do 1 : 10, a rastojanje mora biti manje od 30—40 m. što zavisi od žižne daljine kamere za snimanje i instrumenta za restituciju.

Prikazivanje statua vrši se izohipsama na dve upravne ravni sa ekvidistancom od 1 do 5 cm. i u razmeri od 1 : 2 do 1 : 20 što zavisi od veličine statue. Na isti način se dubinski predstavljaju kupole dvorana i crkava.

ĀareljeĀi se prikazuju izohipsama ekvidistance 1 mm. do 2 mm. a snimanje se vrši sa nekoliko metara udaljenosti. Razmera kartiranja je obiĀno oko 1 : 4.

Za ravne i bogate detaljima fasade, gde neravnine ne prolaze  $\pm 10$  mm. mogu se dobiti vrlo ekonomiĀno taĀni planovi putem redresiranja na redreseru na providnoj podlozi.



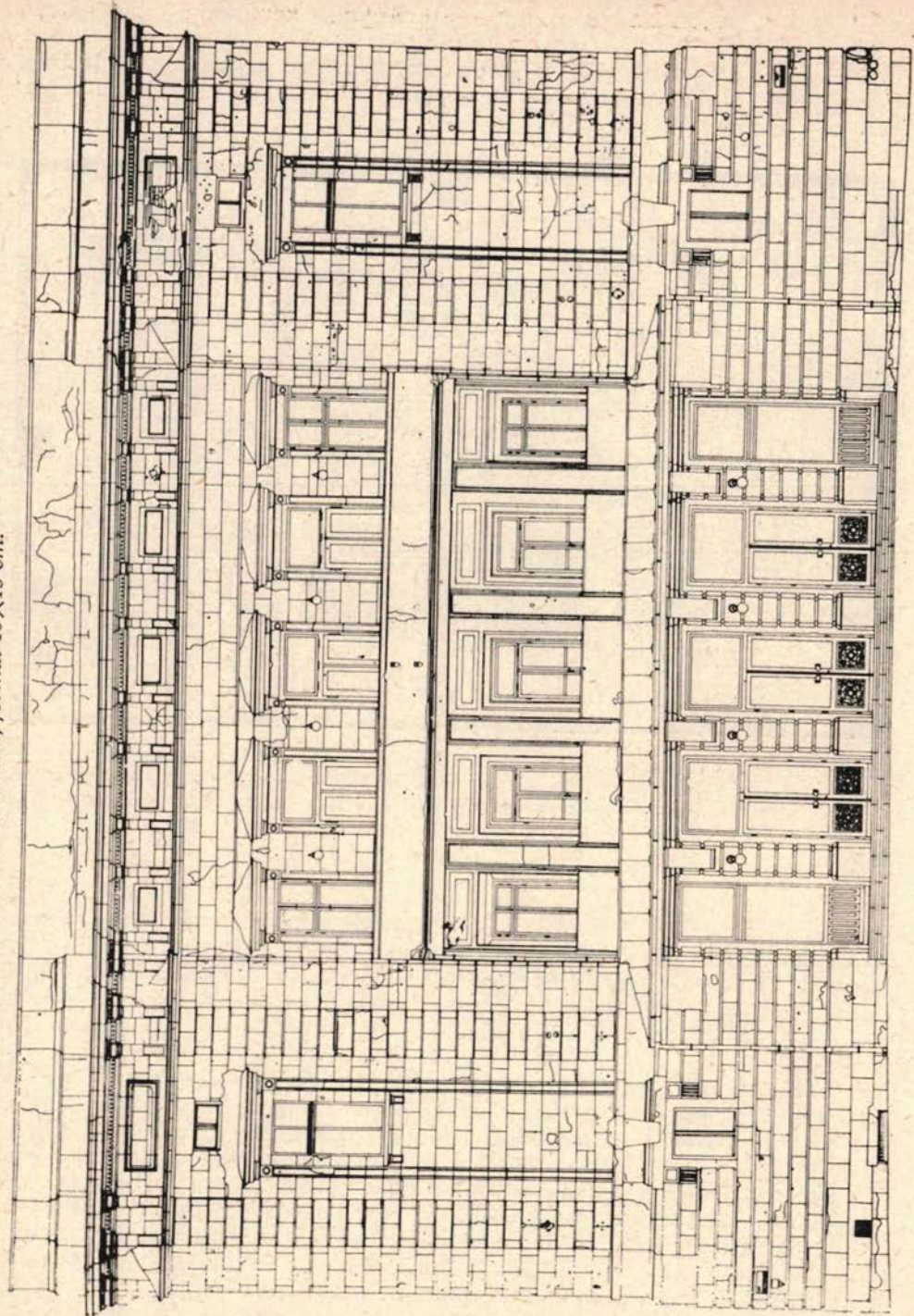
Slika 1 — Prednja fasada Narodnog pozorišta u Beogradu — Originalan plan raĀen u razmeri 1 : 50 na instrumentu Wild A—5. Snimanje i restituciju izvršio ing. S. MitiĀ i ing. S. TomanoviĀ — Zavod za fotogrametriju, Beograd. (Reprodukcija umanjena).

Radi utvrĀivanja stvarnog oblika istorijskog spomenika odnosno objekta., radi procene vrednosti konstrukcije, stvaranje njegovog plana radi adaptacije, radi odreĀivanja deformacija i sleganja, oštećenja i pukotina, radi utvrĀivanja istorijske i umetniĀke vrednosti istorijskog spomenika, radi arhiviranja i dokumentacije istorijskog i umjetniĀkog nasleĀa jedne zemlje, potrebno je putem arhitektonske fotogrametrije izvršiti snimanja istorijskih spomenika.

U našoj zemlji izvršeno je snimanje izvesnog broja istorijskih spomenika i to uglavnom klasiĀnim putem. Arhitektonska fotogrametrija primenjena je na nekoliko istorijskih spomenika (fasade nekih starih zgrada u Ljubljani, zvonik u Motovunu, Gradski muzej u Lebinu, Manastir Studenica, stara kula i zidovi kod Skoplja itd.), ali još uvek nemamo organizovano i sisematsko snimanje istorijskih spomenika i stvaranje potrebne dokumentacije i arhive.

Zavod za fotogrametriju iz Beograda snimio je ove godine zgradu Narodnog pozorišta u Beogradu za potrebe restauracije i izradio planove fasada u razmeri 1 : 50, kao i potrebne horizontalne i vertikalne profile.

Slika 2 — Originalni snimak prednje fasade Narodnog pozorišta u Beogradu (foto-teodolit Wild F = 165 mm., format 10X15 cm.



»Zgrada Narodnog pozorišta u Beogradu podignuta je 1868. godine po planovima arhitekta Aleksandra Bugarskog. Radove je izvodio građevinar Josif Stajnhelner. Prepravke su vršene 1922. godine po planovima arhitekta Josifa Bugarskog i 1941. godine po planovima arhitekta Dragana Gudovca. Ovim prepravkama narušena je arhitektura i skladna kompozicija iz 1868. godine. Arhitektonsko nasleđe grada Beograda I 1966. godine, katalog arhitektonskih objekata na području Beograda 1690 — 1914. godine od Gordane Gordić).

Snimanje Narodnog pozorišta izvršeno je »Wildovim« fototeodolitom žižne daljine 165 mm. i formata snimka  $10 \times 15$  cm. na pločama Ilford od 10 DINA.

Za potrebe određivanja kontrolnih tačaka oko zgrade Narodnog pozorišta izmeren je precizan zatvoren poligon čije su tačke određene sa tačnošću  $M_x = M_y = \pm 2$  mm. i  $M_z = \pm 1$  mm. Tačke vlaka služile su kao stanice za određivanje kontrolnih tačaka trigonometrijskim putem. Najniže tačke fasade su određene po visini preciznim navelmanom. Baze snimanja su postavljane paralelno ravni fasada, a optičke osovine su bile približno upravne na ravan fasade (u granicama mogućnosti instrumenta za restituciju). Prednja fasada snimanja je sa dve baze u dva nivoa sa zemlje i sa visine od 12 m. nad terenom sa blago konvergentnim optičkim osovinama sa daljine od 40 m.

Fasada iz Francuske ulice snimljena je sa tri baze sa zemlje sa daljine od 30 m. i sa tri baze sa visine od 12 m. nad terenom, a sa daljine od 50 m.

Međutim, uska Dositejeva ulica je komplikovala snimanje. Morali smo postaviti 11 baza u četiri nivoa sa specijalnom dizalicom, a za snimanje najvišljeg dela fasade i krova koristili smo prozore zgrada od preko puta pozorišta.

Odnos baza: daljini snimanja kretao se od 1 : 4 do 1 : 7.

Na fasadi iz Francuske ulice imali smo neke delove maskirane drvećem, te smo to dopunili naknadnim snimanjem i direktnim mjerenjem na fasadi.

Jedan deo profila određen je na samoj zgradi direktnim merenjem, a drugi deo je dat grafički i numerički na instrumentu za restituciju.

Kartiranje je izvršeno na stereo-instrumentu I reda Wild A 5. Orijentacija je rađena kao kod aerofotogrametrije tj. unutrašnja orijentacija, relativna orijentacija urazmeravanje i horizontiranje modela na osnovu datih tačaka.

Kartiranje je izvršeno na ravni paralelnoj ravni prednje fasade odnosno na ravni upravnoj na ovu ravan za bočne fasade. U ovom cilju izvršena je transformacija kontrolnih tačaka u potrebne ravni.

Tačnost kartiranja od 0,2 mm. u razmeri kartiranja odnosno  $\pm 1$  cm. u prirodi potvrđena je kontrolnim profilima i samo u retkim slučajevima greška je bila nešto veća.

Snimanje Narodnog pozorišta kao i restituciju izveo je autor ovoga članka sa inženjerom S. Tomanovićem.

#### LITERATURA:

Le relevé photogrammetrique des ensembles architecturau.

M. Carbonnele Ing. geografije I. G. N. — Pariz

La photogrammétrie appliquée aux courants de la conservativion des monuments historiques.

Ing. Dr. Nahs Foramitti, arhitekt Federalne službe istorijskih spomenika Austrije. Importance de la photogrammétrie et de ses diverses méthodes pour l'exécution des relevés d'architecture.

Prof. Dr. ing. Rudolf Burkhordt, direktor Fotogrametrijskog instituta — Tehničkog univerziteta — Berlin