

Fotogrametrija u šumarstvu

(Povodom predstojećih fotogrametrijskih radova)

I.

U urednom šumskom gospodarstvu od najveće je važnosti uzgajanje i uređivanje šuma. Dodamo li k tome izgradnju šumskih transportnih sredstava, te uređivanje bujica dobivamo ona područja, koja traže niz raznovrsnih mjerenja. To su uglavnom geodetska i dendrometrijska mjerenja. Nije potrebno posebno isticati geodetske radove pri trasiranju i izvedbi šumskih komunikacionih sredstava ili pri uređivanju bujičnih područja. Potrebnije bi bilo, radi kasnijeg izlaganja, da se ukratko osvrnemo na ona mjerenja koja su potrebna u šumskom gospodarstvu kod uređivanja i uzgajanja šuma.

Glavni je cilj uzgajanja šuma pravilno njegovanje postojećih šuma, te briga za šumski podmladak t. j. briga za podizanje novih šumskih sastojina bilo na mjestu starih, posječenih, bilo na novim područjima. Za te potrebe pošumljavanja šumarstvo treba valjane planove odnosno karte iz kojih može crpsti točne podatke o površinama. Bez poznavanja površina ne može biti govora o nekom urednom šumskom gospodarstvu. Mnogo pomažu i visinski odnosi sadržani u tim planovima i kartama.

Više mjerenja traži ona grana šumarske djelatnosti koja se naziva uređivanjem šuma, a koja ima za cilj trajno podmirivanje potreba na drvetu određivanjem sastojina zrelih za sječu. Imati uređene šume znači: imati šume za koje se znade gdje, kada i koliko kubnih metara drva možemo sječom iskoristiti bez uštrba na tzv. potrajnost prihoda t. j. bez uštrba na trajnu mogućnost dobivanja drvnih masa.

Da bi se moglo dati potrebno riješenje u gornjem smislu, potrebne su izvjesne geodetske predradnje, te tkzv. taksacioni radovi. Od geodetskih predradnja najvažnije su snimanje vanjskih međa šuma, izlučivanje sastojina, pa zatim snimanje vodotoka, grebena, vododjelnica itd. Pod izlučivanjem sastojina razumijeva se površinsko razlučivanje sastojina koje se razlikuju ili po vrsti drva ili po starosti ili po načinu gospodarenja.

Glavni taksacioni elementi bili bi: vrst drveća, starost sastojina, obrast, sklop, bonitet, srednja sastojinska visina, drvena masa i njen prosječni godišnji ili periodički prirast.

Kad se određuje vrst drveća onda je važno da se istakne da li su izvjesne sastojine čiste ili mješovite t. j. da li sadrže samo jednu ili više gospodarski važnih vrsta drveća i koja vrst preteže, dotično kakav je omjer smjese, te da li se radi o stablimičnoj ili grupnoj smjesi.

Starost sastojine određuje se izbrajanjem godova (godišnjih prstenova) ili na panju oborenog stabla ili vađenjem izvrtka dubećeg stabla (pomoću posebnog svrdla) te izbrajanjem godova na istom. Starost služi za određivanje sječive dobi: za određivanje onog vremena kada sastojina dolazi na red za sječu.

Kad se govori o obrastu onda se pretpostavlja neki idealni oblik šume koji pretstavlja za izvjesne areale u biološkom i gospodarskom smislu optimalni tip šume. Tzv. prihodne tablice sadrže razne podatke za takav »normalan« tip šume, kao što su broj stabala, drvena masa i slično; sve po jedinici površine za razne starosti i bonitetne razrede. Pod obrastom se razumijeva odnos konkretne drvene mase i drvene mase prihodnih tablica za izvjestan određeni slučaj. Gdjekada se pod obrastom razumijeva omjer konkretnog broja stabala i onoga broja koji je iskazan u prihodnim tablicama za jedinicu površine, u izvjesnoj starosti i na izvjesnom bonitetnom razredu. To je obrast određen po broju stabala.

Sklop predstavlja omjer zbroja površina projekcije krošanja (glavne, dominantne šumske sastojine) i površine cijele sastojine. Dodiruju li se krošnje glavne sastojine svuda u sastojim, sklop iznosi 1,0. On se tako obično izražava u relativnoj mjeri.

Srednja sastojinska visina dobiva se na temelju određivanja čitavog niza visina stabala. Za mjerenje visina stabala služe sprave poznate pod imenom hipsometri, dendrometri. Pomoću ovih se geometrijskim metodama određuju visine pojedinih stabala. Na temelju tako dobivenih podataka može se konstruirati i tkzv. visinska krivulja, koja nam daje srednje visine za pojedine debljinske razrede. Tu se dakle visina stabala javlja kao funkcija promjera stabala mjerenog u prsnoj ili kojoj drugoj visini.

Od svih taksacionih elemenata najveću važnost ima drvena masa, a to znači volumni iznos svih debala, koja se nalaze na izvjesnom prostoru. Drvena masa predstavlja onu zalihu iz koje se dobiva godišnji odnosno periodički prihod šume; ona čini pored šumskog tla najvažniji šumski kapital (inventar). Zato se i polaže toliko važnosti na njeno određivanje.

Za određivanje drvene mase postoje razni načini kao na pr. pomoću prihodnih tablica kod grubljih radova ili pomoću tablica drvnih masa ili određivanjem potrebnih elemenata na svakom pojedinom stablu itd. Mjerenjem elemenata na svakom pojedinom stablu dolazi se razmjerno do najtočnijih podataka o drvnoj masi, ali traži i odgovarajući ulog radnog vremena i troškova. Kod tog načina treba na svakom stablu odrediti i prsni (ili srednji) promjer i visinu.

Pri mjerenju svakog od gore navedenih taksacionih elemenata postoje određene tolerancije baš kao i kod geodetskih mjerenja.

Spomenute taksacione elemente dobivamo zasada isključivo terestričkim mjerenjem. Obilaskom čitavih šumskih područja često i vrlo teških za svladavanje dobivaju se podaci koji trebaju kao rezultat dati gospodarsku osnovu, glavni oslonac za uredno šumsko gospodarstvo.

II.

Postoji pitanje da li i u kojoj mjeri može fotogrametrija pridonijeti šumarskoj struci u tom smislu da joj olakša i pojednostavni njena potrebna mjerenja.

Nastojanja u tom smislu započela su poslije 1920. god. najprije u Njemačkoj, pa zatim u Sovjetskom savezu, Čehoslovačkoj, S. A. D., Fin-

skoj, Kanadi i drugdje. Dosadašnji su radovi pokazali da je fotogrametrija kadra da šumarstvu pomogne u znatnoj mjeri. U onim geodetskim predradnjama koje su neophodne za razne grane djelatnosti u šumarstvu fotogrametrija daje podatke kao u ostalim geodetskim radovima. Pri tome mogu stereoparovi mnogo više koristiti nego li pojedinačni pa makar i redresirani snimci. Dobivanjem optičkog modela terena dobiva se jači i svestraniji uvid. O korištenju dakle fotosnimaka u šumarstvu za geodetske svrhe ne treba posebno govoriti. Onako kako fotogrametrija u geodetskom smislu znači granu tehnike premjeravanja u ostalim područjima ljudske radinosti, tako može ona koristiti i u šumarstvu. Tu se u prvom redu misli na kartiranje šumskih područja, izlučivanje sastojina, generalna trasiranja šumskih transportnih sredstava i slično.

Nešto drugačije stoji stvar sa određivanjem spomenutih taksacionih elemenata. Dosadašnji rezultati u tom pogledu pokazali su da se izvjesni od tih elemenata mogu dobiti sa priličnom točnošću, a neki pak tako, da mogu poslužiti samo kao orijentacioni podaci. Primjerena se točnost može postići u određivanju broja stabala (slučajne pogreške prebrojavanja stabala $\pm 3\%$, stvarna pogreška do $\pm 7\%$), u određivanju sklopa, u određivanju visine stabala (srednja pogreška $\pm 0,30$ m). Manja se točnost postizava u određivanju drvnih masa (prema njemačkim podacima u Saskoj 1933. god. $\pm 6-7\%$, prema sovjetskim podacima iz 1935. god. i do $\pm 30\%$) starosti (samo u velikim dobnim stepenicama po 50 god.; prema Hegershoffu starost se izračunava na temelju posebnih formula uz pomoć fotogrametrijski odredivih veličina) te boniteta.

Određivanje gospodarski važnijih vrsta drveća uspijeva nakon izvjesne vježbe u dešifriranju bez većih poteškoća. Za sve te radove dolaze u obzir stereoparovi.*

Strana šumarska literatura, koja izučava fotogrametriju mnogo se bavi problemom određivanja drvene mase na temelju zračnih snimaka. Mana zračnih snimaka u tom pogledu sastoji se u nemogućnosti direktnog određivanja tako važnog prsnog promjera. Pod utjecajem Hegershoffa bile su u Njemačkoj razrađene naročite metode prema kojima se drvena masa određuje na temelju mjerenja projekcije krošnje. Promjer krošnje imao je da zamijeni prsni promjer stabla uzimajući kao pretpostavku da između promjera krošnje (D) i prsnog promjera stabla (d) postoji neki odnos. Taj su odnos nastojali izraziti u linearnom obliku t. j.

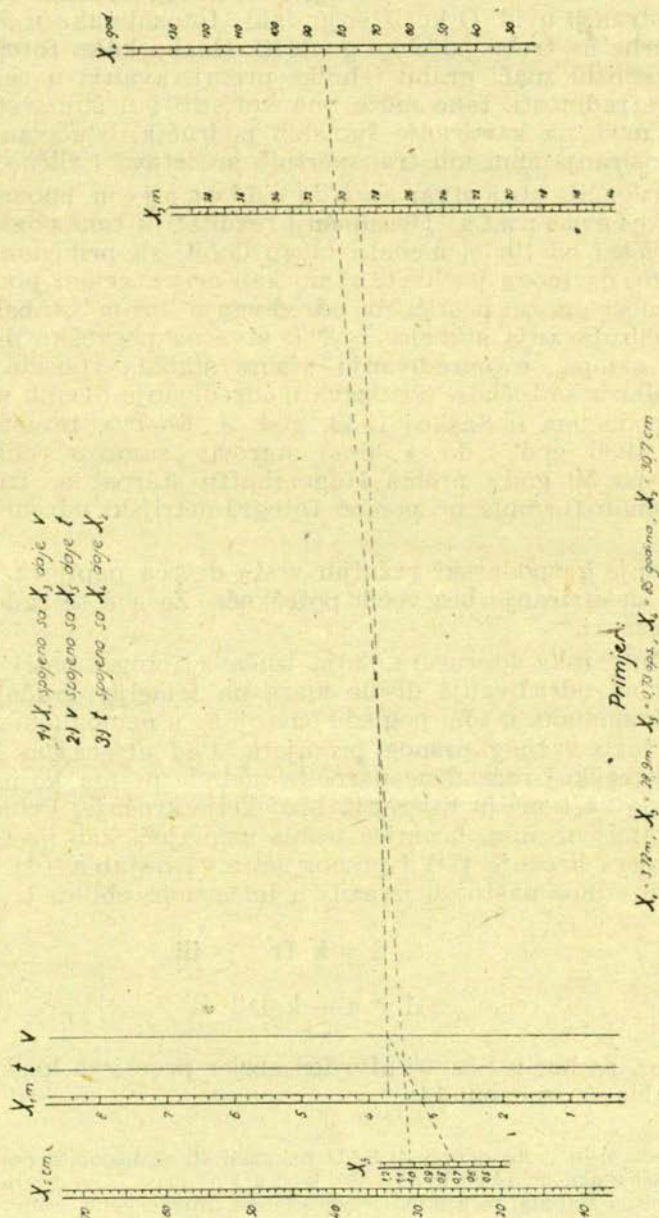
$$d = k D \quad \text{ili}$$

$$d = a + k D$$

Tako je na pr. za bor u Saskoj utvrđen omjer promjera krošnje i prsnog promjera stabla sa iznosom 14.

* Za određivanje vrsta drveća u SAD pokazali su se naročito povoljnim snimci na infracrvenom materijalu te kosi snimci. Ovi posljednji daju dobar uvid u habitus stabala, te njihovu razgranatost. Infracrvene snimke daju, prema američkom iskustvu, povoljne kontraste za dešifriranje vrsta drveća.

Najnovija istraživanja u Čehoslovačkoj za čiste sastojine smreke (Dr. Ing. Ján Halaj: Príspevok k odhadu drevnej hmoty s leteckej snímky, Brno 1949.) pokazuju kako se dolazi do prsnog promjera. Prema tim istraživanjima na cca 22.000 smrekovih stabala došlo se terestričkim mjerenjem do jednadžbe:



$$X_2 = + 4,9970 + 6,2123 X_1 + 0,1086 X_3 - 0,04705 X_4 + 4,9088 X_5$$

koja izražuje prsni promjer X_2 kao funkciju širine krošnje (X_1) u m, srednje sastojinske visine (X_3) u m, starosti sastojine (X_4) u godinama i sklopa (X_5) u relativnoj mjeri.

Točnost koju daje ova jednadžba primjenom spomenutih elemenata u usporedbi sa uobičajenim načinom mjerenja prsnog promjera iznosi $\pm 3,93$ cm ili relativno $\pm 14,1\%$ za sastojine u kojima su provedena spomenuta istraživanja. Pri tom radu prsni je promjer bio mjeren promjerkom koja omogućuje čitanje do na $\pm 0,005$ m točno, širine krošanja mjerene su posebnom letvom sa točnosti $\pm 0,107$ m, srednje sastojinske visine iz visinske krivulje, a sklop pomoću pokusnih ploha iz kojih se onda zaključilo na cijelu sastojinu. Poznavajući potrebne elemente djelomično sa zračnog snimka (visine X_3 , širine krošanja X_1 i sklop X_5), a djelomično iz terestričkih taksacionih radova (starost X_4 u godinama) može se odrediti prsni promjer stabla upotrebom nomograma sastavljenog na temelju citirane jednadžbe (vidi priležeći nomogram).

Srednja sastojinska visina X_3 te sklop X_5 , a donekle i širina krošnje X_1 može se iz zračnih snimaka odrediti bar sa onom točnosti kojom su mjereni ti elementi prilikom spomenutih istraživanja. Time je fototaksacija dobila jednu novu važnu podršku.

Prema dosadašnjim izlaganjima vidimo da bi fotogrametrija mogla u izvjesnoj mjeri već sada korisno poslužiti šumarstvu. Koliko će ona stvarno moći pružiti zavisi o stepenu njenog usavršenja u šumarske svrhe dotično našem zalaganju u tom smislu. Fotogrametrijskim metodama moglo bi se često doći do bržih i objektivnijih rezultata.

III.

Mi smo u našoj zemlji na pragu onog vremena kad bi se fotogrametrija mogla primijeniti u šumarstvu. Naša je dužnost da je u šumarskoj struci proširimo i njene metode stalno proučavamo.

Glavna geodetska uprava mogla bi u tom smislu dati važan oslonac u izradi potrebnih stereoparova. Šumarska struka očekuje da će se tim materijalom moći koristiti u punoj mjeri u izvršavanju svojih zadataka. Pri tome bi bilo potrebno istaći neke momente:

1. Za šumarstvo bi većinom došle u obzir dobre kopije na fotografskom papiru. U vezi s tim šumarstvo bi bilo potrebno osigurati potreban broj dobrih stereoskopa na rasklapanje sa stereometrima.

2. Mjerilo fotokopija bilo bi poželjno da se kreće unutar granica 1 : 5.000 do 1 : 10.000. Nikako ne bi trebalo ići sa mjerilom dalje od 1 : 10.000.

3. Doba godine u pogledu snimanja obzirom na šumarske potrebe možda bi najbolje odgovaralo u vrijeme kad je drveće tek prolistalo tako, da se po lišću eventualno može dešifrirati vrsta drveća, a usput da nema većih poteškoća u mjerenju visina stabala za što je potrebno ipak mjestimično vidjeti i tlo.

4. Vjetrovito vrijeme snimanja moglo bi dati nedovoljno jasne slike stabala te loše podatke za mjerenje visine stabala.

5. Smjer lijeta prigodom snimanja trebao bi biti istok-zapad; U tom slučaju sjene stabala koje uglavnom padaju prema sjeveru (fotogrametrijska os Y) ne otežavaju toliko mjerenje dp_x paralakse potrebnog za određivanja visine stabala.

6. Ako bi se u predjelima gdje će Glavna geodetska uprava primjeniti metodu pojedinačnih redresiranih snimaka, povećao uzdužni preklop pojedinih snimaka na 60 do 65^o/_o dobili bi se za šumarstvo potrebni stereoparovi i u ravničastim terenima.

7. Za šumarstvo bi od interesa bila povremena fotogrametrijska snimanja na pr. u razmacima od 5 ili više godina.

Kad bi se ove, a možda i neke druge okolnosti prigodom predstojećih fotogrametrijskih radova mogle uzeti u obzir, dobio bi se dragocjen materijal koji bi mogao poslužiti ne samo u geodetske nego i u druge svrhe: on bi na taj način postao svestraniji.

Ing. Z. Tomašegović — Zagreb

LA PHOTOGRAMMÉTRIE DANS L'ECONOMIE FORESTIÈRE

L'application de la photogrammétrie en Yougoslavie donnera la possibilité d'utiliser les levés photogrammétriques dans l'économie forestière non seulement pour les travaux topographiques, mais aussi pour les travaux de l'aménagement des forêts. Dans cet article quelques applications dans l'économie forestière sont présentées en général, et en même temps quelques résultats nouveaux dans cette sphère en étranger.