

## RAČUNALOM PODRŽANI SUSTAV »SYSTEMAP/MICROSTATION« ZA DIGITALNO KARTIRANJE NA ANALOGNIM STEREOINSTRUMENTIMA

Čedomir PETI, Višnja MILOŠ, Jonatan PLEŠKO — Zagreb\*

*SAŽETAK. U članku je opisan funkcionalni pristup analogno-digitalnom kartiranju sustavom SysteMap/MicroStation. Pokazane su osnovne mogućnosti hardversko-softverskog paketa, princip prikupljanja podataka i izradbe geodetskih podloga, ističući softverski paket MicroStation, kao čimbenik koji omogućuje da se analogni fotogrametrijski instrumenti koriste za digitalno kartiranje.*

### 1. UVOD

Fotogrametrijsko kartiranje danas se u svijetu svodi na prikupljanje podataka koji će biti osnovica globalne baze podataka o prostoru.

Cjeloviti tehnički proces kartiranja može se podijeliti u faze prikupljanja, obrade i prikaza fotogrametrijskih mjerenih podataka (slikovnih i modelnih koordinata).

U posljednja dva desetljeća u tehnici, pa tako i u proizvodnji fotogrametrijskih instrumenata, uočavaju se znatnije promjene od analognoga k digitalnom. Uvođenje davača impulsa (enkodera) i računala te razvoj softvera omogućili su automatiziraniju masovnu obradu podataka u fotogrametriji, a dobivanje tih podataka mjerenja u digitalnom obliku pak i njihovu digitalnu obradu.

Danas se u fotogrametrijskoj praksi pojavljuju uglavnom dva sustava. Analitički, kao potpuno integrirani sustavi, i kombinacija konvencionalnih analognih stereoinstrumenata s računalskom podrškom.

Računalska podrška uglavnom je usmjerena na određene faze rada: orijentaciju, mjerenje, podršku prikupljanju podataka za baze podataka, podršku grafičkom kartiranju, prijenos i zaštitu podataka.

\* Čedomir Peti, dipl. inž., Višnja Miloš, dipl. inž., Jonatan Pleško, dipl. inž., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb.

## 2. KONFIGURACIJA I PRINCIP RADA SUSTAVA SYSTEMAP/MICROSTATION

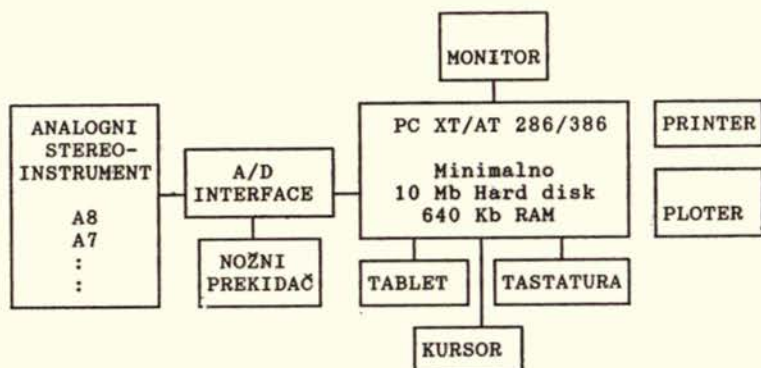
SysteMap/MicroStation koji ćemo ovdje opisati instaliran je na autografu A8 Wild u Zavodu za fotogrametriju Geodetskog fakulteta u Zagrebu 1991. godine.

Svaku konfiguraciju takvog sustava čine tri osnovne komponente (sl. 1):

a) Precizni analogni stereoinstrument na čije su osovine modelnoga koordinatometra ugrađeni rotacijski inkrementalni davači impulsa (enkoderi), koji omogućuju registriranje veličine pomaka mjerne markice u modelu (modelne koordinate).

b) Analogno-digitalni međusklop pretvara analogne pokrete modelnoga koordinatometra u digitalne podatke, a sastoji se od digitalizacijske kartice (SEC-PC3) na koju su priključeni enkoderi i nožni prekidači (pedale) za komunikaciju sa sustavom. Zahvaljujući A/D međusklopu omogućen je kontinuirani protok modelnih koordinata od stereoinstrumenta u računalo.

c) Računalo u ovoj konfiguraciji radi pod PC-DOS-om 3.0 (ili viša verzija), sastoji se od standardnih jedinica; CPU, monitor, tastatura, tablet/kursor, ploter/printer (OFF ili ON LINE) i uz softver SysteMap omogućuje interaktivnu automatizaciju procesa rada (apsolutnu orijentaciju, prikupljanje i transfer podataka).



Slika 1. Konfiguracija sustava

Prikupljeni podaci mogu se dalje obrađivati unutar MicroStationa, gdje možemo dobiti podatke koji služe za izradbu grafičkih podloga (planova, karata, perspektivnih prikaza) ili u digitalnom obliku služe kao podloga za daljnje analize i projektiranja na računalo (analize baza podataka, DMT, DMR).

U svrhu stvaranja baze podataka sustavu mogu biti dodane standardne baze podataka (dBASE, Oracle).

## 3. PROGRAMSKI PAKET SYSTEMAP

Softver SysteMap (International SysteMap Corporation, Vancouver) koncipiran je tako da korisniku što više olakša rad u organizacijskom i u proizvodnom smislu.

Za jedan zadatak osniva se jedna JOB datoteka koja sadrži parametre, znakovite za cijeli zadatak i koje operater unosi pri osnivanju te datoteke (mjerne jedinice, mjerilo modela, ekvidistancija i dr.).

U sklopu zadatka za svaki izmjereni model predviđa se osnivanje modelne datoteke, u kojoj su sadržani svi relevantni podaci za taj model, kako ulazni tako i parametri usvojene apsolutne orijentacije. Modelna datoteka preuzima podatke zajedničke za cijeli zadatak iz .JOB datoteke automatski.

Sustav postavlja uobičajene parametre automatski, a operater ih može modificirati.

U relativno orijentiranom modelu na osnovi registriranih modelnih koordinata orijentacijskih točaka i njihovih zadanih zemljišnih, programom se izračunaju parametri prostorne transformacije i na ekranu pokažu odstupanja na točkama.

Sustav na osnovi odstupanja izračuna korekcije za orijentacijske elemente projektora da bi se model apsolutno orijentirao u instrumentu kad je to potrebno.

Parametri prostorne transformacije, određeni na osnovi usvojene solucije, učitavaju se u 3D-driver i koriste za transformaciju modelnih u zemljišne koordinate.

Program pruža maksimalnu asistenciju u apsolutnoj orijentaciji automatski pozivajući koordinate orijentacijskih točaka, omogućuje manipulaciju pogrešnim orijentacijskim točkama i poboljšanje orijentacije uvođenjem težina.

Upravljanje procesima izvodi se s funkcijskim tipkama tastature računala.

## 4. PROGRAMSKI PAKET MICROSTATION

### 4.1. Tehničke značajke

Softverski paket MicroStation-Intergraph (Intergraph Corporation-Huntsville, u daljnjem tekstu MCS) namijenjen je projektiranju s računalom. MCS ima širok izbor mogućnosti crtanja i editiranja. Iz sljedećih značajki i koncepcija vidjet će se da MCS pretvara PC u grafičku radnu stanicu.

Ulaz podataka može biti preko tastature, miša, kursora korištenog uz digitalizirajući tablet i u našem slučaju stereoinstrumenta (A/D interface).

### 4.2. Koncepcija MCS-a

#### 4.2.1. Design prikaz (crtež)

Crtaњem pokušavamo predočiti nešto što u realnom svijetu ima definiranu veličinu. Osnovna značajka tehničkog crtanja jest da veličina objekta mora biti ispravno korelirana s crtežom.

Elementi se u MCS-u crtaju u prirodnoj veličini, u realnim mjernim jedinicama, a registriraju se koordinate.

Crtež se u MCS-u sastoji od grafičkih i kontrolnih elemenata koje pohranjujemo u tzv. »Design datoteku« koja se može interpretirati kao design-plan ili design-prostor (cube), ovisno o tomu predočujemo li objekt dvodimenzionalno (2D) ili trodimenzionalno (3D).

Design-plan/prostor možemo predočiti kao veliku matricu točaka.

#### 4.2.2. Unos podataka (komuniciranje s MCS-om)

Za unos grafičkih podataka i naredaba u MCS-u možemo koristiti digitalizirajući tablet s kursorom, digitalizator (A/D interface) u sprezi sa stereo-instrumentom (postupak opisan), tastaturu i miša. Digitalizatori i miš pogodni su za brzi i masovni unos podataka, a tastatura za tekst.

Digitalizirajući tablet ima kursor, koji je opremljen tipkama za specijalne funkcije, a pomake kursora po tabletu prati ekranski kursor koji označuje trenutni položaj točke u crtežu. Njegovim dovođenjem u određeni položaj, tipkom za registraciju registriamo (unesemo) tu točku u design datoteku i na ekran.

Digitalizirajući tablet u konfiguraciji MCS-a koristi se i za zadavanje tzv. aktivnih naredaba s papirnatih izbornika (menua) tako da tablet-nim kursorom odaberemo određenu naredbu (osnovnu ili korisnički kreiranu) i aktiviramo je komandnom tipkom.

Osim s glavnog, moguće je zadavati naredbe i s tri matrična izbornika (po potrebi kreirana).

Drugi način aktiviranja naredaba je s ekranskoga rubnog izbornika dovođenjem ekranskoga kursora (pomiče se tablet-nim kursorom ili »mišem«) na odgovarajuću naredbu i aktiviranjem »Data« tipkom.

S pomoću tastature naredbe se unose utipkavanjem imena naredbe ili skraćenice. S papirnatog ili rubnog izbornika ili preko tastature mogu se zadati 374 naredbe.

Jedan način je unos koordinata točaka, kada je egzaktno pozicioniranje za elemente poznato. Relativno pozicioniranje moguće je unošenjem udaljenosti od zadnje (recentne) točke definiranjem udaljenosti u smjeru koordinatnih osi, ili, ako se radi o kosim crtama — unosom udaljenosti i smjera od posljednje točke koja je specificirana.

Uz tu osnovnu koncepciju unosa podataka i naredaba, MCS ima mogućnosti koje olakšavaju točan unos podataka, i to:

»Dynamic Update«, kojega je ideja pokazivanje elemenata korisniku prije usvajanja modifikacije ili unosa u datoteku. MCS pokazuje element dinamički, mijenjajući ga onako kako se pomiče kursor (aktivni položaj). Npr., kada se crta luk za koji su unijete dvije točke, MCS će, kako se pomiče kursor, pokazivati, ovisno o položaju kursora, razne varijante lukova. Značajka je MCS-a da sve to može biti predočeno u svim aktivnim pogledima (verzija 3.30 ima mogućnost prikaza u četiri prozora).

Svrha dinamičkog unosa je u preventivnoj mjeri — protiv unosa s pogreškama, a koristi se uvijek kada se element može prikazati prije njegovog unosa u prikaz.

Druga metoda točnog unosa je »Snap« na postojeći element. U tom módu MCS traži točan položaj točke ili elementa na koji se treba vezati novi. Kada pronađe točku, označuje je velikim ekranskim kursorom, ali je ne registriira dok mu se ne zada naredba za registraciju, ili dalje traži odgovarajući položaj. U tu svrhu na tablet-nom kursoru postoji tentativna tipka ili na instrumentu — pedala.

Točno se može spajati na točku, liniju i presjek linijskih elemenata.

Tentativni móđ koristi se i za točno pozicioniranje pri korištenju funkcija za mjerenje (duljina i površina).

Unos podataka u prikaz potpuno je automatiziran uporabom tzv. korisničkih makronaredaba (User Comands — UCM). To su programi koji automatski izvršavaju ulazak, test i petlju za očekivana stanja, aritmetičke operacije i unos u MCS.

UCM su zapravo svrstane osnovne naredbe MCS-a koje se redom izvršavaju aktiviranjem jedne naredbe.

Primjerice, kotiranje se starta jednom naredbom, a UCM pri registraciji točke postavlja kreirani znak za točku, traži od korisnika lociranje teksta (visine) na odgovarajuću poziciju i upisuje taj tekst (i oblik i veličina znaka i teksta kreirani su unaprijed unutar UCM-a).

#### 4.2.3. *Struktura design-prikaza (crteža)*

Osnovni (jednostavni) grafički tipovi — elementi koje podržava MCS, jesu linije, linije u nizu, elipse, lukovi, tekst, konusi, cilindri i zatvoreni oblici. Neke naredbe omogućuju jednostavnu uporabu specijalnih slučajeva tih generalnih tipova. Npr., krug je specijalni slučaj elipse, a blok je specijalni slučaj zatvorenog oblika s četiri ortogonalne strane.

Crteži mogu biti generirani različitim kombinacijama elemenata, a izbor ovisi o memoriranju i očekivanoj manipulaciji.

##### a) Grafički elementi

Struktura linija kao osnovnog elementa crteža ovisi o načinu unosa (crtanja), odnosno o naredbi, koju smo odabrali, pa tako imamo i nekoliko osnovnih linijskih elemenata (sl. 2).

Linija je najjednostavniji element za crtanje. Definirana je unosom dviju točaka (data points), a element se unosi u design-prikaz reset naredbom.

Linija u nizu definirana je unosom planarne ili prostorne linije sa specifikacijom vrhova (serijom registriranih točaka spojenih međusobno). Nakon unosa zadnje točke i resetiranjem linija tog tipa je unjeta u design-prikaz kao cjelina.

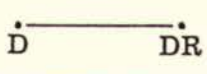
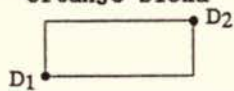
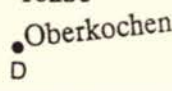
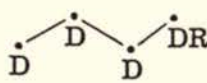
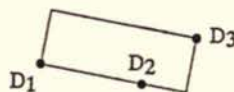


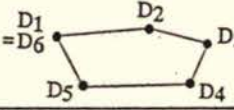
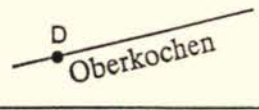
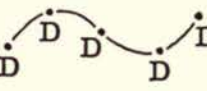
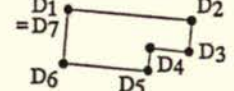
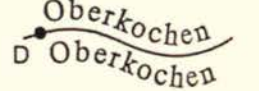
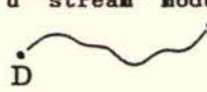
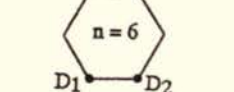
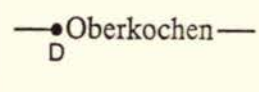

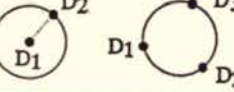
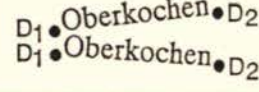
Pri crtanju linije u nizu, koristeći tzv. »stream« mód, točke se registri- raju tijekom pomaka kursora (mjerne markice) automatski prema zadanim stream parametrima.

Crtanje krivulje omogućeno je aktivnom naredbom koja interpolira krivulju definiranjem najmanje triju točaka po segmentu krivulje. Svaki novi segment krivulje je produljenje od prethodne točke do zadnje definirane.

Površinske strukture također su definirane načinom unosa. Oblik (shape) koristi se za crtanje poligonalnog oblika registracijom serije točaka koje definiraju vrhove poligona. Oblik će biti automatski zatvoren kada je registrirana točka dosta blizu (udaljenost se prethodno definira) početnoj točki.

Ortogonalni se oblik automatski oblikuje, tako da svi segmenti budu okomiti ili usporedni s prethodnim linijskim segmentima.

U crtežu ili u više njih neki se elementi crteža (npr. konstrukcije, kartografski znaci, simboli) ponavljaju. MSC omogućuje kreiranje i pohranjivanje takvih znakova u datoteku nazvanu bibliotekom ćelija, iz koje ih korisnik poziva i unosi (kopira) u desig-datoteku. Ćelije su zapravo grafički elementi koji će biti frekventno rabljeni (simbol za kotu, livadu, drvo).

<p>Linija</p> 	<p>Crtanje bloka</p> 	<p>Tekst</p> 
<p>String linija</p> 	<p>Zarotirani blok</p> 	<p>Tekst iznad linije</p> 
<p>String linija u "stream" modu</p> 	<p>Crtanje lika</p> 	<p>Tekst ispod linije</p> 
<p>Krivulja</p> 	<p>Ortogonalni lik</p> 	<p>Tekst uzduž linije</p> 
<p>Krivulja u "stream" modu</p> 	<p>Pravilni poligon</p> 	<p>Tekst u liniji</p> 
<p>Luk</p> 	<p>Krug</p> 	<p>Podršeni tekst</p> 

Slika 2. Struktura elemenata crteža i princip unosa

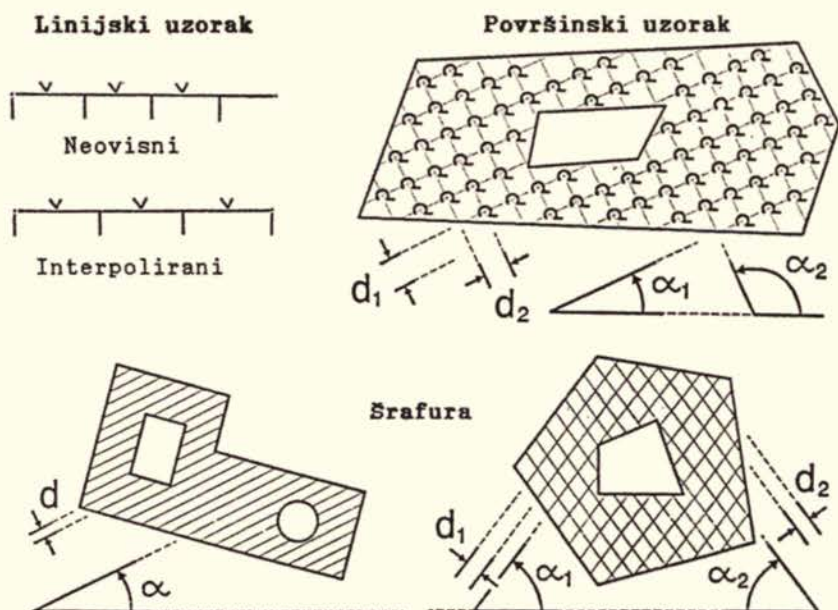
U design-datoteku ćelije se unose po principu aktivnih elemenata odnosno pod aktivnim mjerilom i aktivnim kutom.

MCS omogućuje automatsko postavljanje simbola (uzoraka) uzduž linije i unutar zatvorene površine. Postoje četiri osnovna tipa uzoraka. Površinski uzorci (slobodno kreirani) automatski se postavljaju u zatvoreni površinski element (elipsu, krug, fence) ili u kompleksni oblik po zadanom rasporedu (sl. 3).

Kao i za sve do sada spomenute elemente prikaza, i za tekst kao element prikaza unutar MCS-a postoji velik broj opcija (sl. 2). Uporaba teksta u design-prikazu definira se s nekoliko aktivnih tekst-parametara, a oni uključuju boju, veličinu (visinu-širinu), fontove, a moguća je i prilagodba. I za uporabu teksta možemo koristiti mogućnost dinamičkog unosa, dimenzioniranje i manipulaciju.

#### b) Kontrolni elementi (parametri crtanja)

Parametri elemenata crtanja (aktivni parametri) određuju boju, debljinu, vrst linije, sloj elementa. Drugi parametri, npr. veličina, orijentacija elemenata, određeni su informacijom koja se specificira grafički ili preko tastature.



Slika 3. Princip šrafure, površinskih i linijskih uzoraka

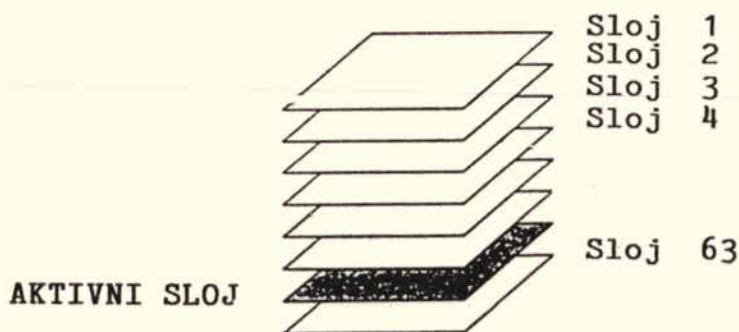
Tako svi elementi smješteni u design-prikaz imaju skup parametara koji definiraju kako su oni crtani. Ti parametri mogu se zadavati pojedinačno ili su definirani u skupu, a aktiviraju se aktiviranjem UCM naredbe.

Pri crtanju elemenata MCS permanentno sprema tablicu za aktivne parametre i koristi njihove vrijednosti u svakom kreiranju elemenata.

Parametri koji se dodjeljuju elementima crteža i postaju aktivni pri pokretanju naredbe za crtanje elemenata (važniji za kartiranje) jesu:

Sloj (level) određuje sloj u koji MCS smješta element crteža, a svojstveni su informacijskim sustavima prostora.

Elementi crteža mogu biti raspoređeni u 63 sloja, koji mogu biti individualno prikazani ili isključeni iz logičke cjeline.



Slika 4. Princip slojeva

Koncepcija sloja analogna je ideji transparentnosti (koncepcija folija), a slojevi mogu biti položeni jedan iznad drugog u bilo kojoj kombinaciji i samostalno (sl. 4). Elementi prikaza mogu se premještati iz sloja u sloj.

Mreža (grid) je pravokutna mreža, a to je niz točaka i križića, na određenom intervalu, koji su prikazani na ekranu tijekom unosa. Dvostruko je značenje te mreže: vizualna indikacija razmaka ili kao pomoć unosu točaka s obzirom na takvo uniformno raspoređene točke u crtežu. Udaljenost između točaka specificira operater.

Mreža je samo vizualni dodatak i nema značenje točaka unosa.

Boja je jedan od atributa koji se dodjeljuju elementu crteža. Postoji 7 osnovnih boja i 256 kombinacija. Različitost može definirati uporabu pera pri crtanju na ploteru.

Debljina linije (težina) definira jednu od 31 mogućnosti definiranja linija koje kreira MCS.

Vrst linije (tip) je parametar koji određuje 8 tipova linija (puna, isprekidana itd.).

Aktivni kut je broj između  $0^\circ$  i  $360^\circ$  koji će biti rabljeni za orijentaciju pri unosu teksta, ćelije (signature) ili linije.

Navedeni i ostali parametri definiraju se u skupu parametara u sklopu UCM naredbe i aktiviranjem naredbe postaju aktivni tako da operater pokretanjem naredbe za određeni element ne mora o njima razmišljati već se oni automatski unose i čine crtež.

#### 4.2.4. Modificiranje i manipulacije elementima

U kartiranju i crtanju (konstrukcijama) potrebno je često obaviti manipulacije s nekim grafičkim elementima, i za to je u MCS-u predviđen skup manipulativnih naredaba.

Nakon izbora (select) naredbe, MCS traži da se identificira element za manipulaciju i ako je nađen željeni, potvrđivanjem (accept) obavi se manipulacija, npr. brisanje elementa crteža.

Neke od mogućnosti su: repositioniranje, kopiranje, parcijalno brisanje, produžetak linija, umetanje točaka u liniju, promjena sloja, boje, visine teksta...

Jedno od svojstava MCS-a jest da se elementi (komponente) crteža svrstavaju i spremaju u design datoteku kao cjeline i tada se pojavljuju kao kompleksni elementi (sastavljeni od više primitivnih elemenata), ali jedinstvenog entiteta.

I s takvim kompleksnim elementima moguće su manipulacije, jer su komponente smještene sekvencijalno u design datoteku (moguće ih je kopirati, rotirati, pomicati itd.).

Želimo li modificirati cijeli jedan dio crteža, koristit ćemo tzv. ogradu (fence): zatvorenom linijom omeđimo područje za manipulaciju i nakon toga se izabrana manipulacija odnosi na sve elemente unutar ograde. Od takve cjeline, primjerice, možemo napraviti samostalnu datoteku za crtanje na ploteru.

Radi ilustracije, na slici 5. pokazana su tri osnovna slučaja za manipulacije s ogralom.





Slika 5. Princip manipulacije s ogradom (editiranje)

#### 4.2.5. Još neke mogućnosti MCS-a u kartiranju

Digitalizaciju planova MCS omogućuje uključanjem u hardversku konfiguraciju digitalizirajućeg tableta.

Crtanje na ploteru moguće je izravno iz MCS-a ili iz DOS-a (ako smo prethodno napravili plot-datoteku u MCS-u).

Prijenos podataka u AutoCAD ostvaruje se kreiranjem DXF datoteke.

Reference files (datoteke) su design datoteke koje pozivamo drugoj design datoteci za pregled ili vezu. Unutar takve datoteke ne možemo ništa raditi s elementima, ali ih možemo identificirati u svrhu konstrukcijskih potreba.

Primjerice, u izradbi karata opis lista sa svim relevantnim elementima koji su standardni memoriran je kao jedan design-prikaz, a pri stvaranju plot-datoteke komponira se s glavnim prikazom pozivajući ga kao reference-datoteku, ili, u područjima koja su prije kartirana a sada kartiramo dalje, prijašnji prikaz, zbog veze, pozivamo kao reference-datoteku.

Istodobno se u jednu design-datoteku mogu pozvati 32 reference-datoteke, a ako to kombiniramo s uporabom slojeva kojih može biti 63, jedan prikaz može biti segmentiran u (32x63) 2016 segmenata.

## 5. ZAKLJUČAK

Realizacija fotogrametrijskih sustava podržanih računalom podiže proces grafičkog na razinu digitalnoga kartiranja, a sama digitalna obrada uključuje sve prednosti (konverzije, baze podataka) u masovnoj obradi podataka.

Računalska i softverska-CAD podrška konvencionalnim analognim fotogrametrijskim instrumentima u ovom je trenutku vrlo aktualna u našoj fotogrametrijskoj praksi. Takvi sustavi omogućuju da se analogni stereoinstrumenti, koji u našoj, a i u svjetskoj fotogrametrijskoj praksi, zauzimaju dominantno mjesto po brojnosti koriste za digitalno kartiranje.

Ta tehnologija automatski nameće zadatke u vezi s modifikacijom važećih i izradbom novih geodetsko-kartografskih propisa.

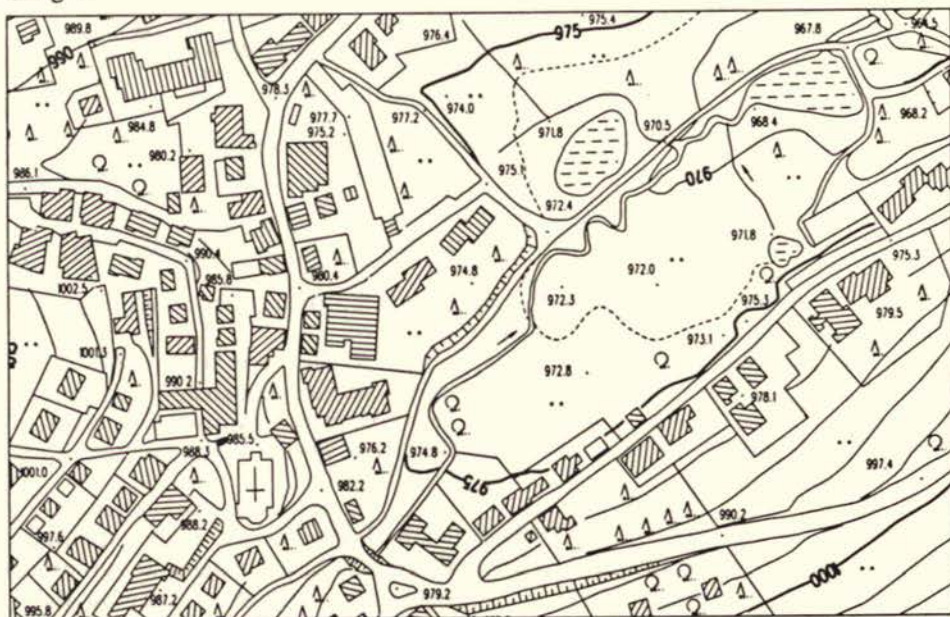
O korisnicima ovisi razvoj specifičnosti tehnologije, što MCS omogućuje, a to praktički zahtijeva svaki zadatak.

Budući korisnici moraju donijeti zaključke o svim prednostima u odnosu na klasično, a ovdje ćemo spomenuti samo jednu. Budući da se radi finalni proizvod, nepotreban je rad crtača koji je trajao najmanje onoliko koliko i samo kartiranje. Za izradbu matrice karte na nekom standardnom nositelju

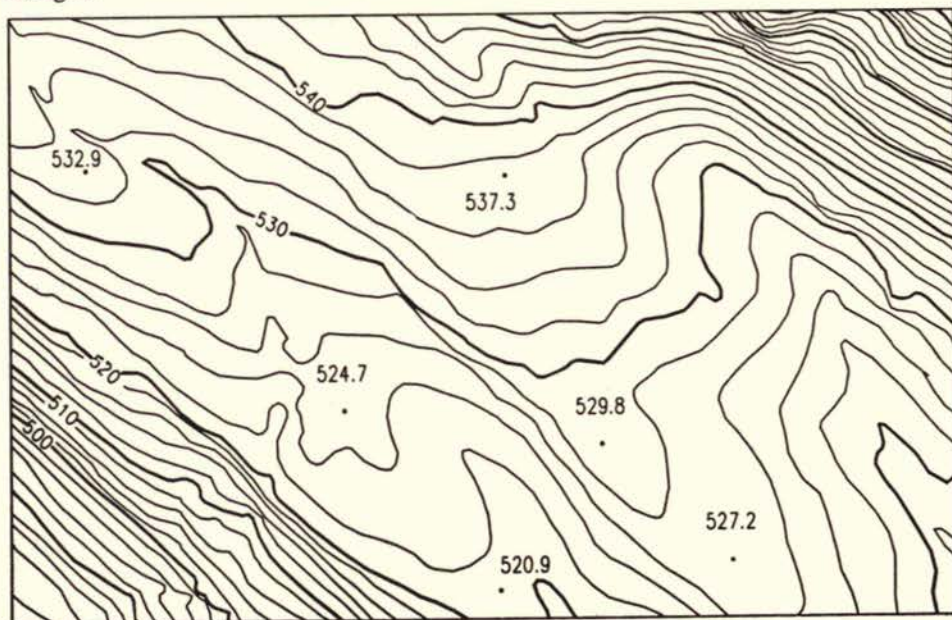
troši se samo vrijeme plotera. O kvaliteti prikaza nije ni potrebno govoriti (kvaliteta linija i ujednačenost crteža).

Kao ilustracija, članku su priložena dva primjera reprodukcije needitirana kartiranja izrađena tehnikom graviranja na ploteru (prilozi 1 i 2).

Prilog 1.



Prilog 2.



## SYSTEMAP/MICROSTATION — SYSTEM FOR DIGITAL RESTITUTION ON THE ANALOGUE STEREO-INSTRUMENTS, SUPPLIED BY THE COMPUTER

In this article we present the functional principle of the analogue-digitaly restitution by system SystemMap/MicroStation. The basic possibilities of hardware-software package have been shown, also as a principle of collecting data and the way of making geodetic support with an emphasis on a software package MicroStation, as a main factor which enable that classic analogue photogrammetry fits to today's request.

Primljeno: 1992-10-15