

## DIGITALIZACIJA DIGITALIZATOROM CHERRY Mk. IV

Branimir PETROVIĆ, Vladimir PETROVIĆ — Rijeka\*

*SAŽETAK.* U radu su opisane osobitosti digitalizatora, njegove sustavne pogreške i metode njihovog uklanjanja, te metode digitalizacije. Navedena su i neka osobna iskustva, te preporuke o povećanju točnosti digitalizacije i metodama digitalizacije. Digitalizator se u geodetskoj struci i u ostalim tehničkim strukama koristi već relativno dugo, a digitalizacija se vrlo često spominje kao jedna od mogućih metoda vektorizacije katastarskih planova i stvaranja baza podataka. Svrha je ovog rada da popuni oskudni izbor postojeće literature o ovom uređaju (osim one koja se dobiva samom kupovinom), kao i moguća razmjena iskustava, te što kvalitetnijeg i svrhovitijega korištenja digitalizatora kao mjernog instrumenta, a ne kao jednostavne jedinice za pretvorbu analognih podataka u digitalni oblik.

### 1. DIGITALIZATOR I NJEGOVE OSOBITOSTI

Digitalizator pripada u standardnu opremu geodetskog ureda. Kao vanjska jedinica računala služi uglavnom za unos i pretvorbu grafičkih podataka u numeričke (koordinate, koordinatne razlike točaka, duljine, kutove, površine). Pritom treba obratiti pozornost na osobitosti i deklariranu točnost digitalizatora koja neposredno utječe na točnost digitaliziranih podataka.

Komplet digitalizatora čine:

- tablet, koji je ploča debljine oko 1 cm, sa zasebnim napajanjem (ispravljač);
- kabel za komunikaciju, kojim se uspostavlja veza između digitalizatora i računala, a služi za prijenos podataka u računalo;
- pokazivač (s 4 do 16 tipaka), koji služi za registraciju koordinata na tabletu. Pokazivač može biti i u obliku olovke. Međutim, kako je točnost digitalizacije takvog pokazivača niža od  $\pm 0.5$  mm, taj se tip u nastavku neće ni razmatrati.

Na tržištu ima mnogo tipova i tehničkih izvedaba digitalizatora. Oni se uglavnom razlikuju po veličini (od formata A3 do formata A0), rezoluciji, točnosti te cijeni. Današnji stupanj razvoja tehnologije omogućuje standardne rezolucije do 40 linija po milimetru (0.025 mm). Za razliku od digitalizatora,

\* Branimir Petrović, dipl. inž. el., A. Barca 16, Rijeka, Vladimir Petrović, dipl. inž., Geodetski zavod, F. Kresnika 33, Rijeka.

grafički tableti imaju uglavnom manju rezoluciju i slabije su točnosti, te se zbog toga koriste u druge svrhe. Pri kupovini treba obratiti pozornost na to da grafički tableti fizički izgledaju jednako kao i digitalizatori. Cijena digitalizatora, ovisno o deklariranoj točnosti ( $\pm 0.5$  mm do  $\pm 0.1$  mm) i formatu, u rasponu je od 2.000 DEM do oko 20.000 DEM, pa i više. S više razloga i iz osobnog iskustva ne preporučujemo kupovinu digitalizatora formata A0, kao npr.:

- zbog mnogo veće cijene digitalizatora formata A0 u odnosu na manje formate;
- zbog kalibracije digitalizatora (što je format veći, treba više točaka opaziti);
- zbog formata geodetskih planova i karata (manji od formata A1).

## 2. SUSTAVNE POGREŠKE DIGITALIZATORA

Na temelju iskustva utvrđene su sljedeće sustavne pogreške digitalizatora:

- 1 — promjena dimenzija tableta uslijed vanjskih utjecaja;
- 2 — utjecaj vanjskih magnetnih polja;
- 3 — ekscentričnost nitnoga križa;
- 4 — »mrtvi hod«;
- 5 — nelinearnost tableta.

### 2.1. Promjena dimenzija tableta uslijed vanjskih utjecaja

Najveći utjecaj na promjenu dimenzije tableta mogu imati velike promjene u temperaturi i vlažnosti zraka. Digitalizator je najčešće smješten u radnoj prostoriji uz računalo, koja je vrlo često klimatizirana, pa se taj utjecaj može gotovo i zanemariti. U tehničkim podacima proizvođač digitalizatora redovito propisuje granične vrijednosti za temperaturu (od  $0^{\circ}$  C do  $55^{\circ}$  C) i vlagu (relativna vlažnost zraka: od  $5\%$  do  $90\%$ ) u radnim prostorima.

### 2.2. Utjecaj vanjskih magnetnih polja

Ako u radnoj prostoriji nema posebnih uređaja koji generiraju magnetna polja (osim računala), dostatno je odmaknuti digitalizator od računala nekoliko decimetara.

Treba ovdje napomenuti da se za učvršćenje lista na tablet nikako ne smiju koristiti kovinski utezi zbog deformacije magnetnog polja digitalizatora.

### 2.3. Ekscentričnost nitnoga križa

Ekscentričnost nitnoga križa određena je udaljenošću središta magnetne osi zavojnice i presjecišta iscrtanoga nitnoga križa. Tu veličinu jednostavno je ispitati i lako utvrditi digitalizacijom jedne točke na tabletu. Naime, treba digitalizirati istu točku više puta, tako da se svaki put pločica nitnoga križa zakrene u odnosu na rub tableta za određenu kutnu vrijednost (od  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$ ). U slabijih tehničkih izvedaba nitnoga križa (križ na plastičnoj pločici) ekscentričnost može iznositi i do  $\pm 0.2$  mm. Taj utjecaj se može ukloniti iz rezultata mjerenja načinom digitalizacije. Postupak se sastoji u tomu da za cijelo vrijeme digitalizacije pločica nitnoga križa ima istu orijentaciju s obzirom na

položaj tableta. Poštujući takav postupak, umanjuje se i utjecaj moguće osobne sustavne pogreške operatera.

U nekih izvedaba nitni križ je urezan u plastičnu pločicu te se zbog toga može pojaviti i njegova paralaksa. Također, kod takve izvedbe nitnoga križa, pri digitalizaciji treba koristiti danje svjetlo, jer umjetno stvara sjenu urezanoga nitnoga križa, što će sigurno smanjiti kvalitetu dobivenih podataka.

#### 2.4. »Mrtvi hod«

Ta se sustavna pogreška pojavljuje pri promjeni smjera pomicanja pločice nitnoga križa po korisnoj površini tableta te može imati vrijednosti i do  $\pm 0.4$  milimetra. Ona se može uočiti i izmjeriti pomicanjem pokazivača u sva četiri smjera (usporedno s rubom tableta) i digitalizacijom jedne (iste) točke. U svakom drugom smjeru uočava se zbirni utjecaj kašnjenja i po jednoj i po drugoj osi digitalizatora. Kao i pri ekscentričnosti, i taj se utjecaj može ukloniti iz rezultata metodom mjerenja. Naime, sve točke treba digitalizirati pomicanjem nitnoga križa samo u jednom izabranom smjeru do točke koju želimo digitalizirati. Taj izabrani smjer treba biti pod kutom od približno  $45^\circ$  u odnosu na koordinatne osi tableta (odnosno rub tableta), jer su tada veličine utvrđenih kašnjenja po jednoj i po drugoj osi tableta konstantne vrijednosti i istog predznaka. Ako je pomicanje bilo preveliko, dostatno je vratiti pokazivač milimetar unatrag i ponovno ga pomicati u istom izabranom smjeru do točke.

U kvalitetnijih izvedaba digitalizatora (a ujedno i skupljih) ta je sustavna pogreška uklonjena (dijelom programski, a dijelom s pomoću elektroničkih sklopova). I u takvih digitalizatora dobro je ispitati tu pogrešku na raznim položajima korisne površine tableta. Naime, iz iskustva je utvrđeno da u takvih digitalizatora, iako imaju deklariranu točnost od  $\pm 0.1$  mm, na pojedinih pozicijama i dalje postoji utjecaj te pogreške te iznosi do  $\pm 0.2$  mm. Stoga se preporučuje da se i na takvim digitalizatorima predloženim načinom mjerenja ukloni utjecaj te pogreške na podatke digitalizacije.

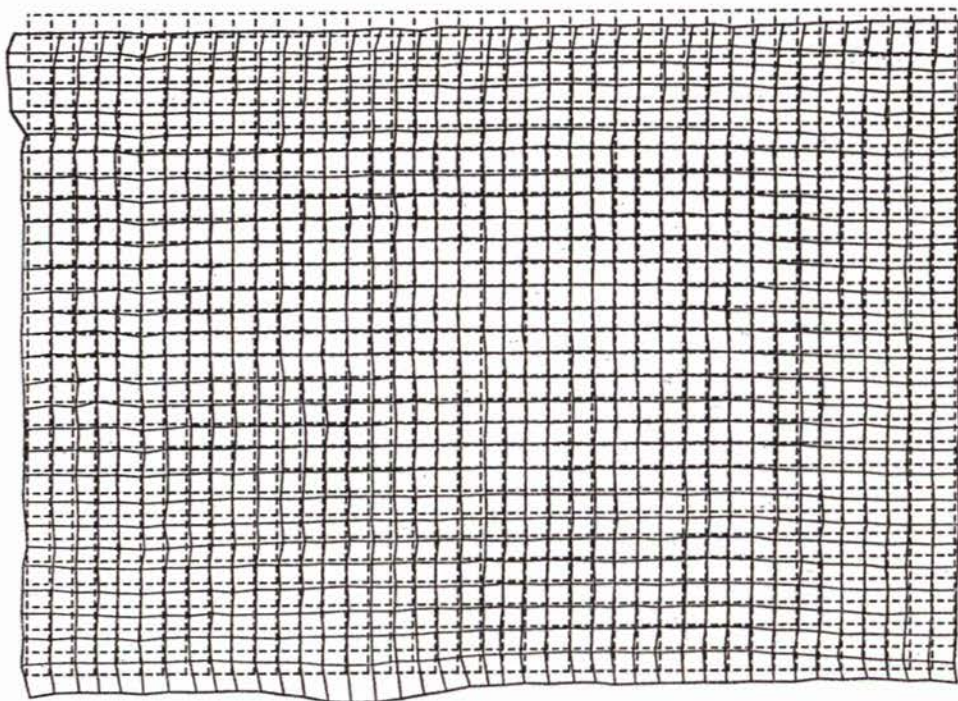
#### 2.5. Nelinearnost tableta

Pod pojmom nelinearnost tableta ne misli se na odstupanje površine tableta od idealne ravnine, jer je taj utjecaj zanemarivo malen. Nelinearnost tableta očituje se u nesavršenoj izvedbi rastera unakrsne mreže vodova u tabletu, tj. u njihovoj međusobnoj neparalelnosti te nejednolikom razmaku na cijeloj korisnoj površini tableta. Korisna površina tableta je ona površina na kojoj digitalizator može dati podatke o trenutnom položaju pokazivača. Ona je redovito za nekoliko centimetara manja u odnosu na ukupnu veličinu tableta.

Da bi se ispitao taj utjecaj na rezultate mjerenja, treba na stabilnoj foliji iscrtati centimetarsku mrežu i digitalizirati svaku točku centimetarske mreže unutar korisne površine tableta. Centimetarsku mrežu treba orijentirati usporedno s rubovima tableta radi lakše kasnije obrade i praćenja registracije digitaliziranih točaka. Točke centimetarske mreže treba digitalizirati poštujući sve navedene upute o digitalizaciji (točka 2.) i s lupom koja ima povećanje barem tri puta. Tako se iz rezultata mjerenja mogu ukloniti svi utjecaji ostalih sustavnih pogrešaka digitalizatora te postići točnost utvrđivanja veličine ne-

linearnosti unutar  $\pm 0.1$  mm. Iz tako dobivenih rezultata možemo ocijeniti kvalitetu digitalizatora. Iskustvom je utvrđeno da na rubnim dijelovima korisne površine tableta nelinearnost može biti i veća od  $\pm 0.5$  mm. To je pojas širine približno 1 do 2 centimetra od ruba korisne površine tableta.

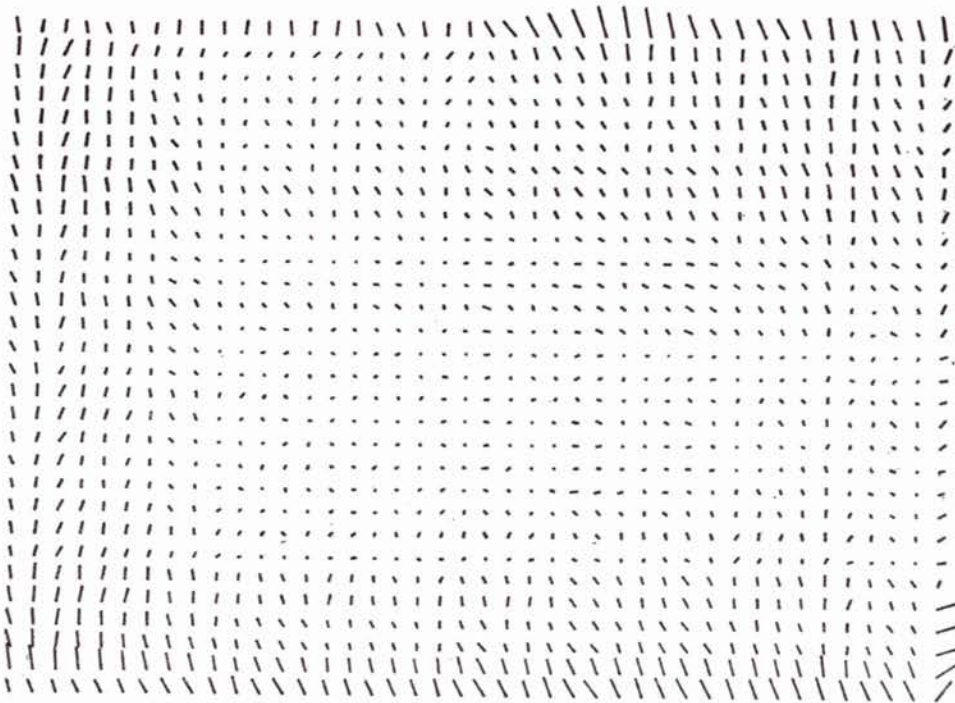
U pripadajući softver za digitalizaciju može se unijeti korekcija mjerenja svih izmjerenih točaka centimetarske mreže. Za sve ostale izmjerene točke mjerenja se mogu korigirati za vrijednosti nelinearnosti unutar jednog centimetra linearnom interpolacijom s najmanjim korakom, koji odgovara rezoluciji digitalizatora (0.025 mm). Na taj se način utjecaj nelinearnosti digitalizatora može smanjiti na vrijednost ispod  $\pm 0.1$  mm.



Slika 1. Prikaz odstupanja unakrsne mreže vodova digitalizatora tipa CHERRY od idealne. Odstupanja od centimetarske mreže pokazana su u odnosu 10:1

Na slici 1. predočena je nelinearnost digitalizatora tipa CHERRY Mk. IV formata A3. Idealna centimetarska mreža je iscrtana crtkano, a pune crte slikovito pokazuju digitalizirani raster tableta. Odstupanja od centimetarske mreže su pokazana u odnosu 10 : 1.

Na slici 2. je grafički prikaz vrijednosti korekcija za svaki pojedini centimetar u odnosu 10 : 1. Korekcijska vrijednost za svaku točku centimetarske mreže pokazana je kao rezultanta nelinearnosti za oba smjera osi tableta. Obje slike su napravljene uz pomoć aplikacije za digitalizaciju (autor aplikacije je Branimir Petrović, dipl. ing.), a koja je ispitana na dva digitalizatora u Geodetskom zavodu — Rijeka u tijeku 1991. godine.



Slika 2. Grafički prikaz vrijednosti korekcija za svaki pojedini centimetar u odnosu 10:1.

Za kalibraciju digitalizatora koristimo iscrtanu centimetarsku mrežu kao etalon, te ona svakako treba biti što kvalitetnija. Današnji ploteri mogu je brzo iscrtati s visokom točnošću (boljom od  $\pm 0.05$  mm).

Za cijeli taj postupak treba izabrati sunčan dan, jer su plastične stabilne folije osjetljivije na promjenu vlažnosti zraka nego na temperaturu (i do 0.3 mm/m).

### 3. DIGITALIZACIJA

U ovom poglavlju su ilustrirani problemi digitalizacije te prijedlozi njihovog otklanjanja, kako je to riješeno u softveru za digitalizaciju koji je instaliran u Geodetskom zavodu — Rijeka.

#### 3.1. Digitalizacija usuha lista

U napravljenoj aplikaciji za digitalizaciju ugrađen je modul:

- za grafičku podršku prikaza digitalizacije,
- za kalibraciju digitalizatora,
- za digitalizaciju i kompenzaciju usuha lista te
- za iscrtavanje baze podataka na ploteru.

Na ekranu računala tako dobivamo prikaz digitaliziranih točaka u numeričkom i grafičkom obliku.

Prije svake digitalizacije aplikacija upućuje operatera da digitalizira usuh lista. Usuh lista određuje se digitalizacijom četiriju točaka pravokutne mreže (poznate po koordinatama, obično decimetarske mreže), koje čine pravokutnik u smislu koordinatnih razlika, bez obzira na moguću veliku grafičku deformaciju na samom listu. Taj način omogućuje i digitalizaciju listova dvostrukih mjerila (npr. 200/500, 100/1000, itd.), koja se često koriste za prikaz raznih profila, odstupanja i slično.

Kada na listu ne postoji decimetarska mreža, može se iznad ili ispod lista učvrstiti iscertana decimetarska mreža na stabilnoj plastičnoj foliji. Digitalizacijom takvih listova usuh lista ostaje neodređen, a koordinate digitaliziranih točaka mogu biti u lokalnom koordinatnom sustavu.

Tako digitaliziran i riješen usuh lista omogućuje digitalizaciju svih vrsti kopija listova ili dijelova listova (ozalid, fotokopija, itd.) s točnošću koja je praktično jednaka točnosti digitalizacije izvornika. Pogotovu to dolazi do izražaja kada nam izvornik nije dostupan ili je uništen, kao i pri podjeli posla na više operatera kako bi se digitalizacija obavila u što kraćem vremenu.

Svi parametri usuha pohranjuju se na disk računala, kao i izvješće o digitalizaciji pojedinog lista ili ponovljenoj digitalizaciji lista, skupa sa svim digitaliziranim točkama. Na taj je način omogućena jednostavna kontrola obavljene digitalizacije, kao i nastavka istog postupka i svih daljnjih operacija nad tako oblikovanom bazom podataka.

### 3.2. Digitalizacija točke i zakrivljene linije

Pri digitalizaciji pojedinačnih točaka treba se pridržavati svih navedenih uputa (točka 2.) kako bi se postigla točnost digitalizacije pojedinačne točke od  $\pm 0.1$  mm. Iskustvom je utvrđeno da je to moguće postići bez uporabe lupe, poštujući upute iz točke 2.

Gotovo svi digitalizatori omogućuju kontinuiranu digitalizaciju neprekidne linije tako da automatski registriraju trenutne pozicije pokazivača u određenim vremenskim intervalima (1 do 100 točaka u sekundi). Zbog već navedenih sustavnih pogrešaka digitalizatora, jasno je da takav način digitalizacije ne treba koristiti. Krivulje treba digitalizirati kao poligone, a na područjima veće zakrivljenosti digitalizaciju točaka progustiti po potrebi.

### 3.3. Digitalizacija kao jedna od metoda vektorizacije katastarskih planova

U posljednje doba mnogo se govori o digitalizaciji i vektorizaciji katastarskih planova. Zapravo se pritom misli na pretvorbu grafičkog dijela katastarskog operata u numerički oblik koji bi kao takav trebao biti prezentiran i održavan u računalu.

Iako postoji više razrađenih metoda vektorizacije planova, s obzirom na potrebnu opremu, osim računala, ističe se uporaba skanera i digitalizatora.

Skener se koristi u poluautomatiziranim ili automatiziranim metodama, a digitalizator se spominje kao neautomatizirana metoda.

Nedostatak automatiziranih metoda je prvenstveno u velikom početnom uloženoj kapitalu, kao i u otežanoj kontroli velike količine podataka što se digitaliziraju, u velikoj količini suvišnih i nepotrebnih podataka, u kontroli kvalitete digitalizacije. Za točnost takve digitalizacije u literaturi se navodi

podatak od  $\pm 0.1$  mm, iako za taj podatak nema detaljnijih analiza. Pri tim metodama ističe se još problem »vučenja« plana pri skeniranju, problem usuha, problem »nevidljivosti« i gustog detalja, kriteriji prevođenja podataka iz rasterskog u vektorski oblik, problem »nekvalitetnih« planova itd. Nije bez značenja ni vrijeme potrebno za obuku stručnog osoblja u svladavanju opreme i tehnologije.

Digitalizacija digitalizatorom relativno je jeftina i jednostavna, ali spora metoda. Da bi se taj nedostatak u brzini koliko-toliko ublažio, može se obaviti podjela cijelog posla na više operatera. Jedan operater može u danu digitalizirati od 1000 do 3000 točaka, a ako se odmah obavlja i vektorizacija, tada to iznosi do 300 parcela. Te procjene temelje se na iskustvu u dugogodišnjem računanju površina parcela u Geodetskom zavodu — Rijeka. Mogućnost kontrole kvalitete digitalizacije digitalizatorom opisana je ranije, u točkama 2. i 3.

Digitalizacijom točaka dobivamo niz koordinata te u tom obliku treba dati i ocjenu točnosti obavljene digitalizacije. Izrazi za računanje točnosti svih ostalih elemenata stvorene baze podataka (npr. duljina, pravac, kut, površina i dr.) mogu se izvesti na temelju poznate točnosti koordinata točaka.

Točnost digitalizacije plana neposredno ovisi o mjerilu. Stoga baze podataka dobivene digitalizacijom planova raznih mjerila treba pohranjivati i održavati odvojeno. Naime, u poznatim CAD aplikacijama i GIS sustavima (AUTOCAD, CADDY, ARC/INFO, SYSTEM-9, itd.) moguće je točnost koordinata pojedine točke zapisati u obliku atributa, dok točnost jednostavnih prostornih elemenata baze (npr. duljine, pravca, kuta, površine, itd.) još nije primjereno riješena.

Svrhovito je prije cjelovite digitalizacije katastarskih planova i tvorbe baza podataka oblikovati više manjih baza podataka (od nekoliko tisuća do stotinjak tisuća digitaliziranih točaka) te ispitati sve zahtjeve korisnika takve baze.

#### 4. ZAVRŠNE OPASKE

Danas je teško snalaziti se zbog raznolike opreme raznih proizvođača i softvera i mogućih ponuđenih cjelovitih rješenja, kao posljedice brzog razvoja informatike. Isto tako je, za naše uvjete, velik problem visoka nabavna cijena tih proizvoda, a ujedno je vrijeme zastarijevanja i napuštanja tehnologije svedeno na svega nekoliko godina. Zato ponuđena rješenja treba uzeti s mnogo opreza i rezerve, jer se za test-modele često koriste idealni i za tu svrhu prilagođeni podaci. Isto tako, treba imati na umu i to da su hardver i softver najčešći proizvod informatičara, koji ne mogu spoznati ili ne spoznaju svu problematiku geodetske struke. Stoga je cilj ovog rada da doprinese što boljem razumijevanju i primjeni novih tehnologija.

#### LITERATURA

- Feil, L. (1989): Teorija pogrešaka i račun izjednačenja — prvi dio, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.  
Fras, Z. (1991): Digitalizacija katastarskih planova skanerom. Geodetski list, 1—3, 35—49.

- Gabrijelčić, B. (1991): Računalno vođenje dokumentacije na osobnim računalima. *TREND Elektronika u primjeni*, Zagreb, 46, 73—75.
- Macarol, S. (1985): *Praktična geodezija*, Tehnička knjiga, Zagreb.
- Ninkov, T. (1991): Napomene uz članak »Digitalizacija katastarskih planova skanerom«. *Geodetski list*, 7—9, 293.
- Solarić, M. (1980): Algoritam za određivanje površine likova digitalizatorom i kompjutorom. *Geodetski list*, 10—12, 211—215.
- Stemberger, D. (1986): Analiza određivanja veličina većih teritorijalnih jedinica korištenjem savremenih metoda i postupaka sa primenom na teritoriju SFRJ. Doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd.
- Tomlinson, R. (1991): »The Value and Problems of GIS in Government«, *ARC News*, 1991., Redlands, USA, 4, 43—44.
- »CHERRY ELECTRICAL PRODUCTS LTD« (1989): *CHERRY DIGITISER Model Mk. IV. Users Manual*, Herts, United Kingdom.

### DIGITIZING WITH THE DIGITIZER CHERRY Mk, IV

This article presents some characteristics of digitizer and its systematic errors and some methods to reach better quality of digitalisation. There is also given some authors' experience and recommended notice about it. Digitisers are used in survey practice for a long time ago, but today it is one of choice in creating and updating database of cadastral maps. The purpose of this article is to give more information about digitiser and digitalisation methods.

Primljeno: 1992-06-08