

UDK 912(084.3):681.32
Prethodno saopćenje

DIGITALIZACIJA KATASTARSKIH PLANOVA SKANEROM

Zmago FRAS — Ljubljana*

SAŽETAK: Izloženi su prvi rezultati projekta skaniranja katastarskih planova. U prvom redu razmatraju se mogućnosti i ekonomski učinci upotrebe linijskog skanera u procesu A/D konverzije katastarskih planova. Dobiveni rezultati jasno ukazuju da je budućnost digitalizacije katastarskih planova u skaniranju.

1. UVOD

U svijetu, a u posljednje vrijeme i u nas, prisutni su velika želja i interes za organiziranim memoriranjem i obradom prostornih podataka u vođenju različitih evidencija, pri donošenju odluka i projektiranju zahvata u prostor. Takve zahtjeve možemo efikasno i racionalno riješiti samo konverzijom svih prostornih podataka (geometrija i karakteristike) u digitalan oblik, koje poslije toga automatizirano analiziramo pomoću računala. Svi ti podaci moraju biti organizirani u informacijskom sistemu, poznatom pod imenom geografski informacijski sistem (GIS). On je samo jedan između podsistema u širem prostornom informacijskom sistemu.

Troškovi izgradnje takvog sistema vrlo su visoki. Najveći dio tih visokih troškova odnose postupci prikupljanja, odnosno transformacije analognih podataka o prostoru u digitalni oblik. Na osnovi iskustava u svijetu ovaj dio iznosi između 50% i 60% cjelokupnih troškova izgradnje geografskih informacijskih sistema. S ekonomskog gledišta potpuno je jasno da je najveću pažnju potrebno usmjeriti na probleme prikupljanja analognih podataka i njihove konverzije u digitalni oblik.

Takvim problemima bave se u svijetu već duže vremena. Zbog intenzivnijih razmišljanja o izgradnji GIS-a u Sloveniji ova je problematika u posljednje vrijeme aktualna i kod nas. Svjetska iskustva sigurno su interesantna i mogu nas mnogo čemu naučiti, ali izravno preuzimanje tuđih rješenja nije bilo, pa i neće biti, praktički nikad efikasno.

Zbog toga smo odlučili da pokušamo pronaći postupke i rješenja za A/D-konverziju geodetskih grafičkih originala, koji bi u danom vremenu i danim uvjetima davali najbolje rezultate.

U ovom radu prikazano je interesantno rešenje za A/D-konverziju katastarskih planova pomoću skaniranja. Pored toga su izloženi i prvi rezultati

projekta (dobiveni na osnovi testovnog primjera) o mogućnostima i ekonomskoj primjerenosti linijskog skanera u procesu A/D-konverzije katastarskih planova.

2. DIGITALIZACIJA GRAFIČKIH ORIGINALA

U postupku izgradnje grafičke baze geografskog informacijskog sistema u njegovoj početnoj fazi najviše rada odnosi se na konverziju već postojećih podataka o prostoru, koji su dani u analognom (grafičkom) obliku, u odgovarajući digitalni oblik.

Sadržaj grafičkih originala možemo konvertirati u digitalni oblik na više načina:

- ručno (definiranje koordinata samostalnih karakterističkih točaka s mjerilima i prijenos tako dobivenih koordinata u računalu),
- poluautomatski (konverzija grafičkih originala s vektorskim digitalizatorima),
- automatski (konverzija cjelokupnog sadržaja grafičke osnovice u digitalni oblik skaniranjem).

Sve do naših dana najviše je primjenjivan poluautomatski način A/D-konverzije grafičkih originala. Bez obzira na mnogobrojne nedostatke (dugotrajan, naporan postupak, konačni rezultati sadrže i osobne greške operatera, ...) takvog načina A/D-konverzije grafičkih originala, sve do danas davana mu je prednost ispred automatskog, najviše zbog visokih cijena skanera u odnosu na skroman i jednostavan grafički sadržaj katastarskih planova i nedorađenog softvera za vektorizaciju rasterskih slika. Razvoj računarske tehnologije ide dalje. Umjesto skupih skanera, kojima se moglo raditi samo u kombinaciji s velikim računalima, na tržištu je moguće pronaći i jako kvalitetne skanere po pogodnijim cijenama, kojima je moguće upravljati i pomoću PC računala. Osim toga, iz dana u dan dolazi na tržište novi softver za vektorizaciju, koji sve više zadovoljava konačnog potrošača.

3. CILJEVI

Da bismo izbjegli subjektivne faktore u izboru postupaka i rješenja A/D-konverzije katastarskih planova, najprije smo definirali opće ciljeve koje odabrano rješenje treba ispuniti. Osnova za definiranje ciljeva bio je kvocijent između efikasnosti rješenja i financijskih sredstava potrebnih za njegovo realiziranje (efikasnost/sredstva), naravno s obzirom na tehničke specifičnosti A/D-konverzije katastarskih planova. Na taj smo način definirali slijedeće ciljeve:

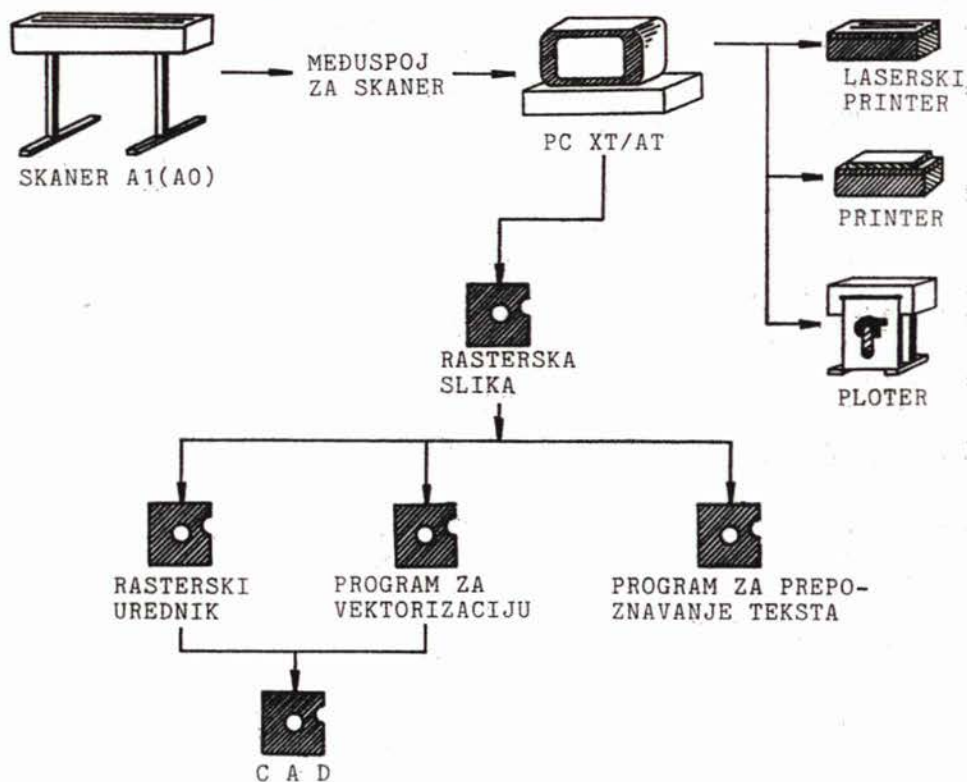
- * rješenje mora ispuniti zahtjeve projekta digitalizacije katastarskih planova za područje cjelokupne republike,
- * rješenje treba biti operacionalno na razini PC računala,
- * podaci dobiveni kao rezultat obrade moraju biti izravno prenosivi u GIS,
- * rješenje mora u maksimalnoj mjeri isključivati subjektivne faktore koji utječu na brzinu dobivanja i kvalitetu konačnih rezultata,

- * točnost konačnih rezultata treba biti u granicama grafičke točnosti katastarskih planova,
- * konačno rješenje mora, u najvećoj mjeri, zahvatiti već izrađen i testiran softver.

Od mogućih načina digitalizacije grafičkih originala zahtjeve gore postavljenih ciljeva u cjelini ispunjava jedino automatski način A/D-konverzije grafičkih originala.

4. AUTOMATSKI SISTEM ZA A/D-KONVERZIJU GRAFIČKIH ORIGINALA

Blokdiagram ovakvog sistema prikazuje slika 1.



Sl. 1. Automatski sistem za A/D konverziju grafičkih originala

Na osnovi sheme vidi se da sistem sastavljaju:

- * hardver — skaner, računalo, jedinica za prikazivanje podataka, memorijske jedinice,
- * softver za obradu skaniranjem dobivenih podataka.

Proces transformacije rasterskih podataka u vektorski oblik (vektORIZACIJA; tome možemo dodati još postupak prepoznavanja tekstova) najslabija je

točka automatskih sistema za A/D-konverziju grafičkih originala. Tim se problemom u svijetu bavi velik broj ustanova, a rješenja koja bi u cjelini rješavala ovaj problem još su u istraživačkoj fazi. Veći dio tih istraživačkih projekata usmjeren je u traženje rješenja na rasterskoj razini, što zahtijeva i nabavu specijalnog i skupog hardvera (specijalni grafički procesori, veliki memorijski kapaciteti...).

U ovom je momentu na tržištu po razumnim cijenama dostupan samo softver koji rješava problem ove transformacije bez specijalnih zahtjeva (zadržavanje pravokutnosti objekata, glatke i jednostavne linije, prepoznavanje grafičkog i opisnog sadržaja originala...). Specijalni zahtjevi rješavaju se na vektorskoj razini.

U odnosu na ciljeve koje smo definirali u uvodu, prihvatili smo i nedostatke koje donose standardna rješenja. Na osnovi testovnog primjera željeli smo saznati stupanj primjerenosti takvih rješenja s točke tehničkog (da li je takvo rješenje uopće moguće realizirati) i ekonomskog gledišta (ako je to rješenje moguće realizirati, koliko je vremena i sredstava potrebno za njegovu realizaciju).

5. TESTOVNI PRIMJER

Kao osnovicu za testiranje izabrali smo katastarski plan s jako gustim sadržajem u mjerilu 1 : 2880, precrtan na foliju. Radna površina za testiranje iznosila je oko 320 x 210 mm (vidi prilog br. 1).

Za mjeru efikasnosti našeg rješenja odabrali smo rezultate poluautomatske A/D-konverzije područja identičnog području koje smo skanirali. Oba postupka završili smo na razini prijenosa u GIS. U analizi postupaka ograničili smo se na potrošeno vrijeme i tačnost konačnih rezultata, koji su odlučujući faktori pri izboru sistema za A/D-konverziju grafičkih originala.

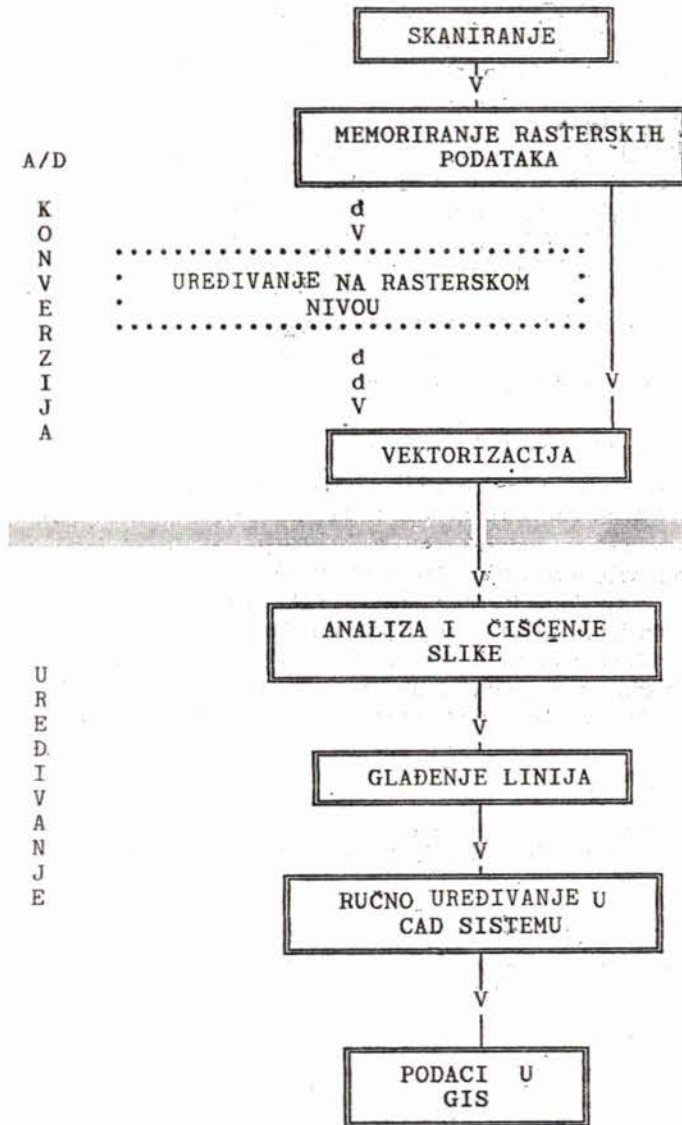
U slijedećim redovima ograničit ćemo se samo na opći opis postupaka u vezi s automatskom A/D-konverzijom — skaniranjem, a u slijedećoj glavi objavit rezultate analize za automatski i poluautomatski način A/D-konverzije.

5.1. Proces A/D-konverzije katastarskih planova skaniranjem

Cjelokupan projekat podijelili smo u dva dijela, koji su međusobno vezani samo na osnovi protoka podataka. Slika 2 prikazuje aktivnosti u procesu A/D-konverzije pomoću skanera i pripreme tako dobivenih podataka za prijenos u GIS.

5.1.1. Prva faza — A/D-konverzija katastarskih planova

Najprije smo tražili ponude o skanerima i odgovarajućem softveru na domaćem tržištu. U kontaktima koje smo imali nažalost nismo došli ni do koga tko bi nam u traženom terminu omogućio testiranje sastavnih dijelova ponuđenog sistema. Zbog toga smo se okrenuli zapadnoj Europi i za naš test odabrali sistem izrađen u firmi System Partner iz Zapadne Njemačke, koji je svojim karakteristikama i sastavnim dijelovima barem na papiru ispunjavao definirane kriterije.



Sl. 2. Proces A/D konverzije katastarskih planova skaniranjem

Krajem travnja 1990. u Münchenu smo pogledali djelovanje cjelokupnog sistema i obavili skaniranje (rezolucija 300 dpi) testovne osnove i fazu vektorizacije rasterske slike. Podatke rasterske i vektorske slike memorirali smo na disketama za kasniju analizu.

Karakteristike skanera nismo posebno provjeravali. Napredak u tehnologiji A/D-konverzije grafičkih originala danas je takav da naši zahtjevi o rezoluciji 300—400 dpi ne tangiraju maksimum mogućnosti takvih sistema. Skaner kojim smo obavili A/D-konverziju po konstrukciji je vrlo jednostavan i robusan. Skaniranje se vrši linijski, tako da efekat netačne mehanike može biti samo »vučenje« slike, što u postupku pretkalibracije možemo matematički korigirati.

Kvalitetu i točnost rezultata skaniranja i vektorizacije analizirali smo pomoću rezultata A/D-konverzije istog originala, realizirane na digitalizatoru Calcomp na IGF. Rezultat međusobne analize sadrži prilog br. 2.

5.1.2. Druga faza — analiza i obrada vektorizirane slike

Ovoj smo fazi u našem projektu posvetili najveću pažnju i najveći dio našeg inovativnog rada. Osnovni cilj našeg rada bio je slijedeći: ako u ovoj fazi uspijemo na relativno jednostavan način doći do traženih rezultata (vidi ciljeve), nema više ozbiljnih stručno-tehničkih problema i ograničenja za upotrebu skanera kao instrumenta A/D-konverzije katastarskih planova u oblik koji je primjeren za izravan prijenos u GIS.

U rješavanju toga problema najprije smo podatke vektorizacije analizirali (pronašli strukturu vektorizirane slike), a poslije toga pristupili smo transformaciji vektorizirane slike u oblik primjeren za izravan prijenos u GIS.

5.1.2.1. Analiza vektorizirane slike

Rezultate analize vektorizirane slike usporedili smo s rezultatima dobivenim digitalizatorom Calcomp. Nekoliko karakteristika prikazano je u tabeli br. 1.

Tabela 1.

ANALIZA			
		SKANER	DIGITALIZATOR
veličina .dxf datoteke	...	2.6 MB	0.3 MB
broj polilinja	...	10300	3200
prosječna dužina polilinja	...	2.3 mm	5.0 mm
broj strana u polilinjii	...	3.0	1.4
kratke slobodne linije	...	15%	/
slijepe polilinije	...	29%	/
kuće	...	1%	4%
manje petlje	...	4%	/

Rezultati iz tabele br. 1 nisu baš optimistički. Oko 50% sadržaja vektorizirane slike je suvišno. Osim toga, i vizualni efekat na ovom stupnju (vidi prilog br. 3) ne govori u prilog skaniranja. Slika je prepuna podataka s različitih razina, koji se ne unose zajedno u GIS (npr. u GIS unosimo samo granice parcela, a njihove brojke tek kasnije).

Jedini pozitivan podatak analize bio je taj da je vektorizirana slika sastavljena od polilinja, a slična struktura zapisanih podataka postoji i u GIS-u.

5.1.2.2. Uređivanje (čišćenje) vektorizirane slike

Sve naše aktivnosti svele su se sada na smanjivanje negativnih karakteristika rezultata skaniranja. Postojale su dvije mogućnosti, ručno ili automatizirano korigiranje (editiranje) vektorizirane slike. Budući da smo željeli da rezultat našeg rada bude jednostavan, moderan i nezamoran postupak A/D-konverzije katastarskih planova, odlučili smo sami izraditi aplikacijski softver pomoću kojeg ćemo efikasno uređivati vektoriziranu sliku.

Izradili smo pet modula, koji su međusobno vezani prijenosom podataka. Upotrijebili smo programski jezik C++ i tako u praksi isprobali prednosti objektnog programiranja. Pri izradi algoritama najbitnija su nam bila dva cilja. Prvo, da ne izgubimo nijedan podatak, nego da ih selekcioniramo u različite razine u odnosu na različit stupanj važnosti odnosno karakteristika, a drugo, da automatskom obradom ne mijenjamo mjesta čvorova (zadržat ćemo osnovni kostur slike). Samostalni moduli rješavaju slijedeće probleme:

- modul F1 — na posebnu razinu izdvaja samostalne kuće i zatvorene petlje (cenzus smo definirali na osnovi rezultata analize na empirijski način);
- modul F3 — na samostalnu razinu izdvaja kratke slijepe i slobodne polilnije (cenzus smo definirali na osnovi rezultata analize na empirijski način);
- modul F2 — sastavlja u cjelinu sve polilnije koje imaju na čvorovima samo jednog susjeda;
- modul F4 — izdvaja »zljepke« (cenzus smo definirali na osnovi analize na empirijski način);
- ALIGN — izvršava glaćenje polilinja;
- TODXF — podatke koji su preostali konvertira u dxf format.

Konačan rezultat poslije upotrebe ovih modula prikazan je u prilogu br. 4. O obliku i organizaciji algoritma i softverskoj realizaciji modula detaljnije se govori u članku Tomaža Gvozdanovića »AUTOMATIZIRANO UREĐENJE VEKTORSKE SLIKE KATASTARSKOG PLANA« (u tisku).

Ostatak nepoželjnog sadržaja odstranili smo ručno u AutoCAD-u. Za elemente koji su odstranjeni ručnim uređivanjem zauvijek gubimo podatke. Konačan rezultat prikazan je u prilogu br. 5.

6. ANALIZA REZULTATA

Za jednostavniju analizu postupaka A/D-konverzije katastarskih planova definirali smo logičke granice. Prva takva granica bio je završetak A/D-konverzije katastarskih planova, a druga završetak obrade (uređivanje, čišćenje slike) digitaliziranih podataka, odnosno stupanj prije prijenosa grafičkih podataka u GIS.

Vrijeme potrošeno za A/D-konverziju (digitalizaciju) grafičkog originala za oba postupka prikazano je u tabeli br. 2.

Tabela 2.

DIGITALIZACIJA		
	SKANER	DIGITALIZATOR
definiranje praga (treshold) ...	3.0 min.	/
skaniranje (300 dpi) ...	1.0 min.	/
točkasta digitalizacija ...	/	300.0 min.
rastersko uređivanje ...	/	/
vektorizacija ...	11.0 min.	/
zajedno	15.0 min.	300.0 min.

Vrijeme potrošeno za uređivanje i »čišćenje« digitalnih podataka u oba postupka prikazuje tabela br. 3.

Tabela 3.

UREĐIVANJE (ČIŠĆENJE)		
	SKANER	DIGITALIZATOR
analiza slike ...	15 min.	/
automatsko definiranje kuća i petlji (2x) ...	4 min.	/
automatsko definiranje slijepih i slobodnih linija (2x) ...	2 min.	/
sastavljanje linija ...	3 min.	/
gladenje ...	3 min.	/
automatsko sastavljanje čvorova ...	/	5 min.
ručno uređivanje ...	165 min.	55 min.
zajedno	192 min.	60 min.

Cjelokupno, za digitalizaciju i uređivanje potrošeno vrijeme iznosi (vidi tabelu 4):

Tabela 4.

	SKANER	DIGITALIZATOR
ZAJEDNO	207 min.	360 min.

Rezultate sinteze gore opisanih postupaka možemo skupiti u:

	SKANER	DIGITALIZATOR
broj skaniranih listova/godinu*	1600	/
broj obradenih listova/godinu*	130	77

* godina = 230 radnih dana

Pomoću specijalnog hardvera (grafičke kartice) možemo vrijeme ručnog uređivanja pri automatskom načinu A/D-konverzije katastarskih planova skratiti barem za 30%, što u konačnom efektu iznosi 30—35 obrađenih listova više na godinu.

Obavezna početna financijska sredstva koja omogućuju startanje sistema o kojima je riječ u našem radu (nabavka hardvera i softvera) sadrži tabela br. 5.

Tabela 5.

	SKANER	DIGITALIZATOR
cjena hardvera	35.000 DEM	20.000 DEM
cjena softvera	35.000 DEM	?

7. ZAKLJUČAK

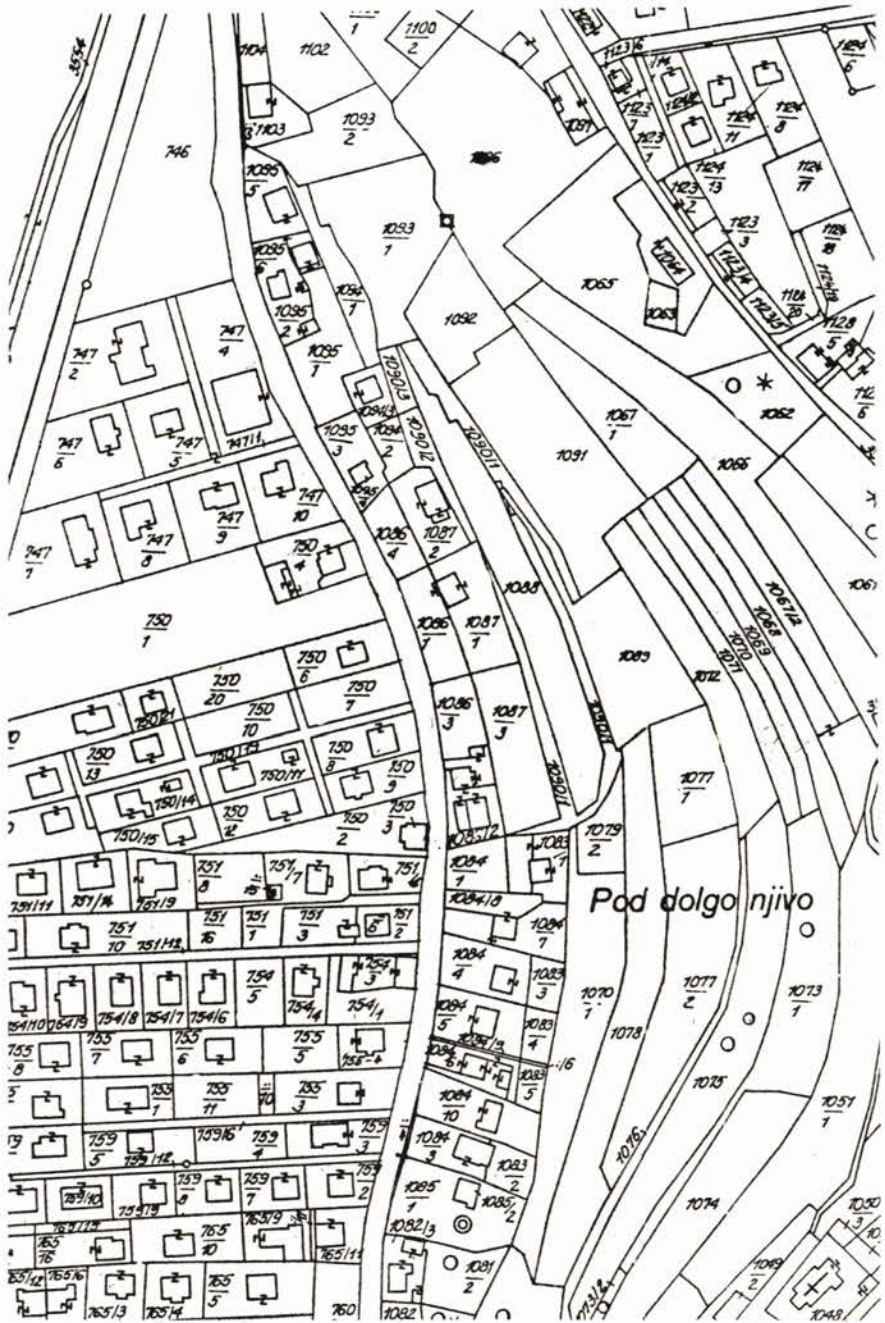
Zahtjevi potrošača za automatiziranom A/D-konverzijom grafičkih originala veoma su različiti. Za strojare i arhitekte postupak A/D-konverzije grafičkih originala stvarno je automatizirani postupak jer u velikom broju primjera trebaju digitalnu sliku samo kao mogućnost memoriranja sadržaja na prikladniji (moderniji) način. Kod A/D-konverzije katastarskih planova nije bitno jedino to da sadržaj plana bude konvertiran u digitalni oblik automatski, nego taj digitalni oblik mora ispunjavati uvjete vezane uz upotrebljivost podataka u geografskom informacijskom sistemu (granice parcela moraju biti u obliku vlaka, brojevi parcela kao labele, a osim toga ne smijemo zaboraviti na točnost A/D-konverzije, ...).

Odlučujući faktor za primjenu automatske A/D-konverzije na području digitalizacije katastarskih planova jest softver. Općoj primjeni namijenjen, već duže vrijeme izrađen softver jest kvalitetna osnova, ali u praksi od njega nije moguće očekivati tražene rezultate.

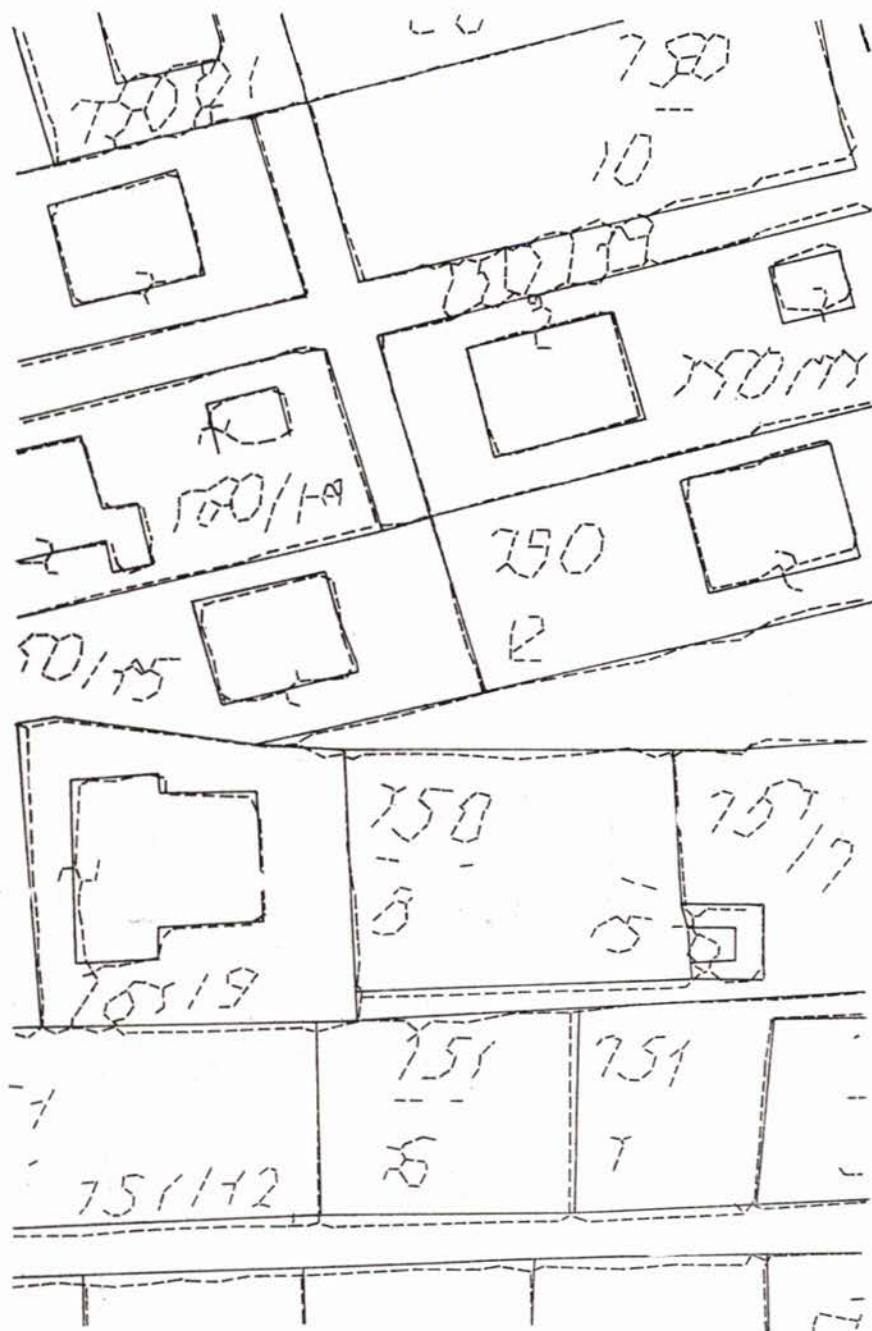
Aplikativna rješenja, prilagođena specijalnim zahtjevima, možemo u principu rješavati na dvije razine — rasterskoj ili vektorskoj. Zbog jednostavnosti vektorskih podataka (katastarski planovi imaju jedino linijski sadržaj, koji je relativno rijedak), rješavanje problema na vektorskoj razini za sada je jednostavnije i brže od rješenja na rasterskoj razini.

Na osnovi rezultata dobivenih na testovnom primjeru možemo zaključiti da automatska A/D-konverzija katastarskih planova ima mnogobrojne prednosti u odnosu na poluautomatsku, koja je do našeg vremena bila najviše upotrebljavana. Ali što se tiče financijskih sredstava potrebnih za nabavku sistema, već na prvi pogled poluautomatska A/D-konverzija jeftinija je od automatske. Ako pogledamo mogućnosti budućeg razvoja postupaka, brzo uviđamo da poluautomatskim načinom A/D-konverzije katastarskih planova u smislu brzine i racionalizacije ne možemo više mnogo toga napraviti. Cjelokupan postupak u najvećoj mjeri ovisan je od čovjeka (operatera), od kojeg ni na koji način ne možemo tražiti da radi brže (fizička ograničenja) i točnije. Velik problem postoji i u dugotrajnom, napornom i dosadnom poslu, zbog čega je za kontinuiran rad obavezno imati veći broj operatera. Za nešto više po-

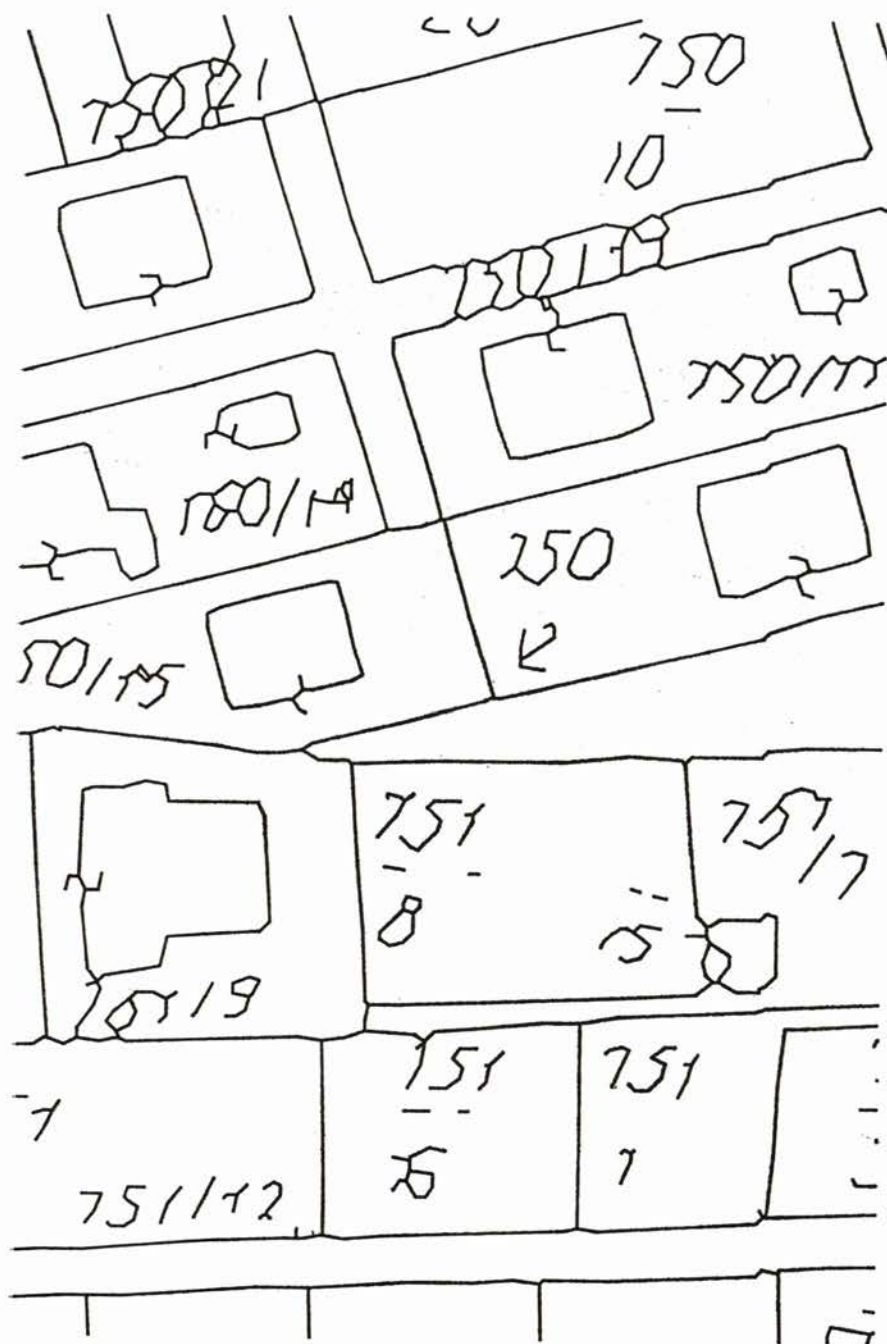
Prilog 1: Kopija isječka katastarskog plana u mjerilu 1:2880



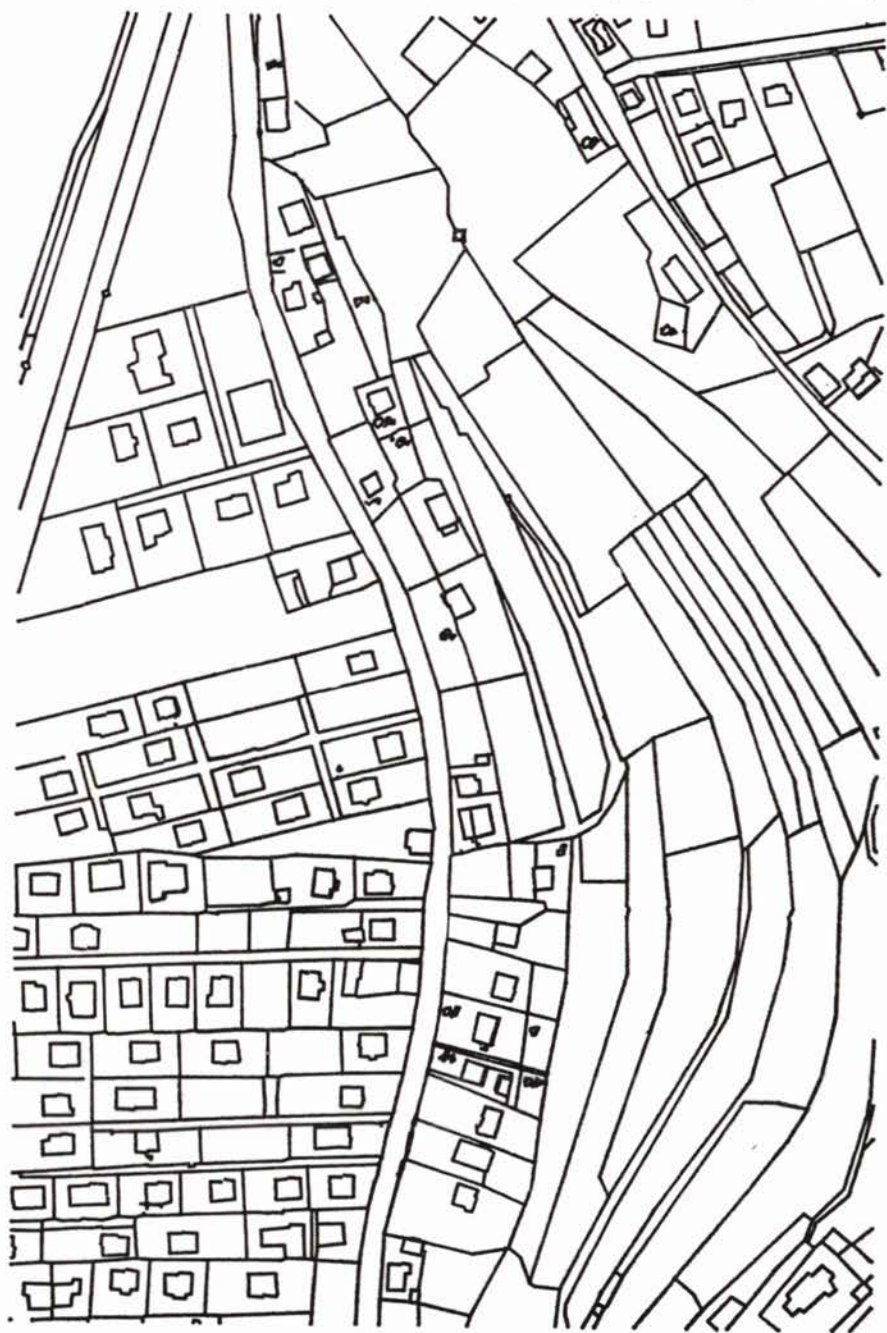
Prilog 2: Usporedba rezultata digitalizacije (povećanje) - - - skaner; ——— digitalizator CALCOMP



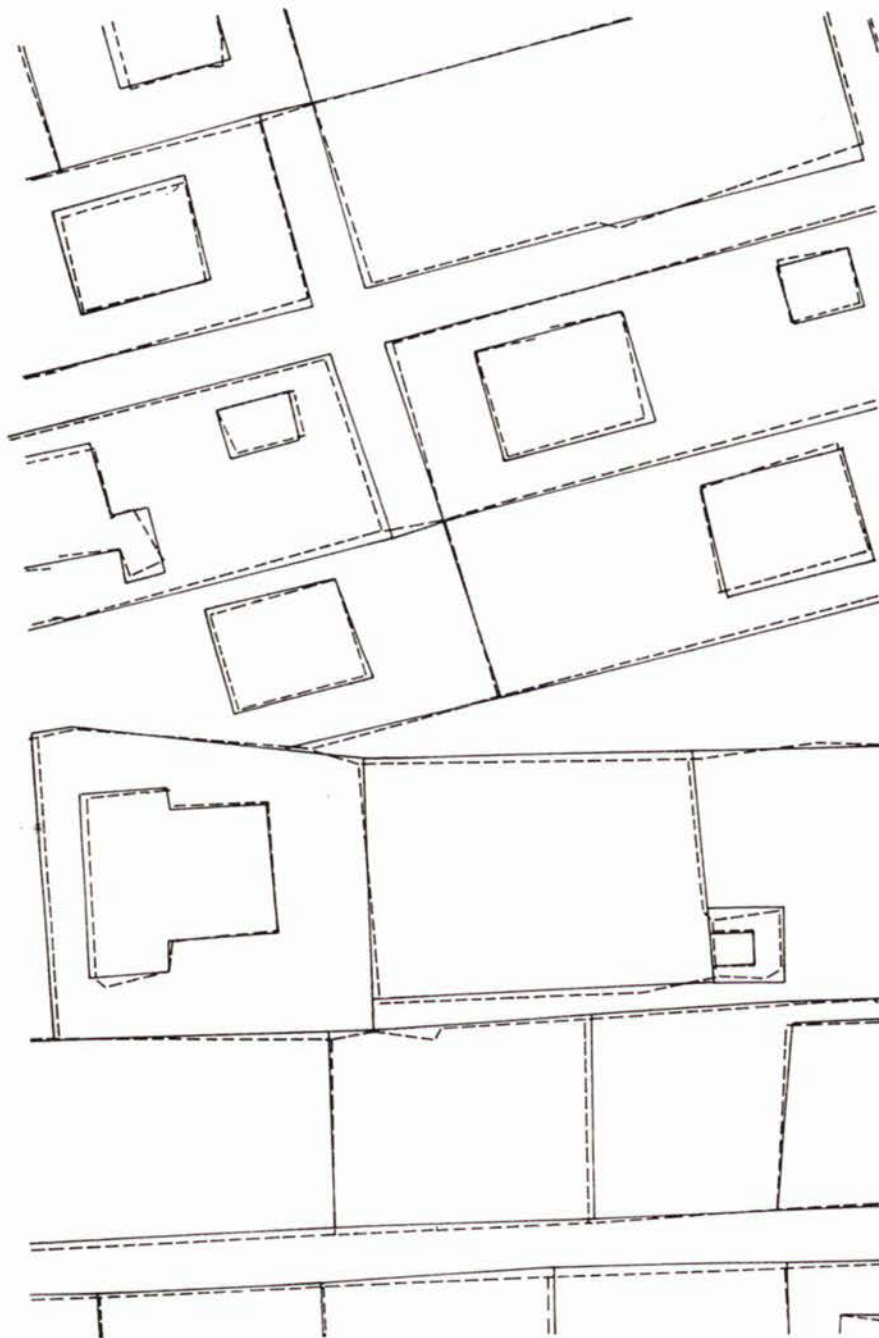
Prilog 3: Rezultat vektorizacije isječka katastarskog plana digitaliziranog skanerom (povećanje)



Prilog 4: Konačan rezultat automatskog čišćenja slike prije ručnog uređivanja



Prilog 5: Konačan rezultat — usporedba
----- skaner; ————— digitalizator CALCOMP



trošenih financijskih sredstava u početnoj fazi odmah dobijemo sistem bez ograničenja subjektivne prirode. Brzina konačnih rezultata ovisi samo od efikasnosti algoritama i karakteristika upotrijebljenog hardvera.

Naravno da postupak A/D-konverzije katastarskih planova nije interesantan (financijski) za samostalne geodetske kuće ako bi morale nabaviti cjelokupan hardver i softver. Realno bi bilo organizirati jedan ili najviše dva centra za područje cjelokupne republike, kojih bi osnovna zadaća bila digitalizacija/skaniranje katastarskih planova, a po želji samostalnih potrošača mogli bi raditi i cjelokupnu obradu podataka (uređivanje, prijenos podataka u GIS).

Ako još u proljeće nismo bili sigurni, danas sa sigurnošću tvrdimo da je budućnost digitalizacije katastarskih planova u skaniranju. Pritom ne mislimo da će to biti za dvije, tri ili pet godina, već sutra.

CADASTRAL MAPS DIGITIZING USING A SCANNER

First results of cadastral maps scanning project are presented. Possibilities and economic effects of line scanner used for A/D conversions of cadastral maps are emphasized. Obtaining results clearly show that the future of cadastral maps digitizing is in scanning.

Primljeno: 1990-11-12