

UDK 347.235.11:528:91
347.235.11:681.3:65.012.45
Originalni znanstveni članak

KONCEPCIJSKI MODEL VIŠENAMJENSKOG KATASTARSKOG SUSTAVA ZASNOVANOG NA MJERENJIMA

Taher B. BUYONG, Werner KUHN i André U. FRANK – Beč*

SAŽETAK. Na mjerenjima zasnovani višenamjenski katastarski sustav rabi mjerenja kao osnovni nositelj metričkih informacija. Taj se koncept ostvaruje time da se omogućiti obustava obrade geodetskih informacija sve dok nisu potrebne metričke informacije. Izjednačenje po najmanjim kvadratima je alat koji se koristi za obradu mjerenja, a (grafičko) korisničko sučelje izravnim upravljanjem osigurava prikladnu interakciju sa sustavom. Baza podataka mjerenja omogućava praktično upravljanje mjerenjima i s njima povezanim podacima. Prednosti sustava zasnovanog na mjerenjima uključuju inkrementalnu implementaciju**, lakoću obnavljanja, poboljšanje točnosti tijekom vremena, ispravnu integraciju različitih podatkovnih slojeva, te očuvanje izvornih informacija.

Višenamjenski katastarski sustav je okvir koji na razini parcele podržava sveobuhvatne zemljišne informacije kao što su korištenje zemljišta, vegetacija, građevine, mineralni izvori, rizici od poplava, komunalije, prihodi, i populacija. On koristi katastar zemljišta kao svoju osnovu. U upravi svake države katastar je potpuni i ažurni službeni registar ili popis zemljišnih parcela koji (ovisno o konkretnoj državi, nap. prev.) sadrži informacije o parcelama glede njihova položaja i protezanja, i drugih pripadnih podataka kao što su vlasništvo, prava, korištenje, i vrijednosti (Dale and McLaughlin 1988).

Uglovi parcela se najprije koriste za definiranje geometrije tih parcela. Poslije se, zajedno s drugim točkama kojima je utvrđen položaj u prostoru, koriste za povezivanje i ispravnu registraciju zemljo-odnosnih podataka, poput podataka o

* Dr. Taher B. Buyong, o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. André U. Frank, Vertr. Ass. Dipl.-Ing. Dr. Werner Kuhn, Abteilung für Geoinformation und Landesvermessung des Instituts für Lndersvermessung und Ingeniergeodäsie der Technischen Universität Wien, A – 1040 Wien, GuBhausstrasse 27-29 / 127. I, Österreich.

Izvorni članak »A Conceptual Model of Measurement-Based Multipurpose Cadastral Systems« objavljen u *URISA Journal*, 1991, Vol. 3, Nr. 2, 35-49, s dopuštenjem autora preveo Zvonimir Kopjar, dipl. inž., Ured za katastarsko-geodetske poslove, Stanka Vraza 4, Varaždin.

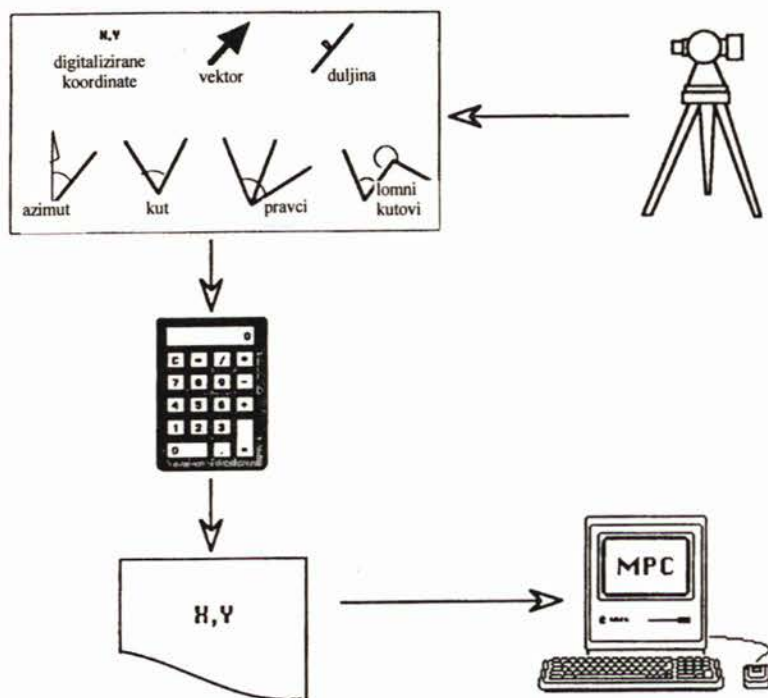
** U izvornom tekstu koriste pojam »inkrementalne implementacije« (postupna provedba, provedba »dio po dio«) da bi opisali pristup prostornoj realizaciji katastarskog sustava, kod kojeg se ne ide na široke zahvate izmjere već se sustav podacima puni postupno, dio po dio, svakodnevnim pojedinačnim mjerničkim aktivnostima (nap. prev.).

vrsti tla, vegetaciji, topografiji, hidrologiji i komunalijama. Sve te različite vrste podataka, koje čine višenamjenski katastarski sustav, obično se shvaćaju kao razdvojeni slojevi nadograđeni na katastarskom sloju (Dale and McLaughlin 1988; NRC 1980). Ta vrsta višenamjenskoga katastarskog sustava zasniva se na nizu prethodno uspostavljenih, te dovoljno potpunih i točnih točaka geodetske osnove.

Jedna studija Nacionalnog istraživačkog sabora SAD (National Research Council, NRC 1980) pokazuje da na svim razinama vlade postoji kritična potreba za boljim višenamjenskim katastarskim sustavom kako bi se poboljšali postupci prometa nekretninama, stvorila osnova za pravednije oporezivanje te za pribavljajnje traženih informacija za upravljanje resursima i prostorno planiranje. Da bi se pomoglo vladama na lokalnim razinama u razvoju višenamjenskih katastarskih sustava, Nacionalni istraživački sabor je potom predložio sljedeće korake implementacije višenamjenskoga katastarskog sustava (NRC 1983):

- 1) uspostava mreže stalnih geodetskih točaka,
- 2) priprema osnovnih karata (planova),
- 3) priprema katastarskog sloja,
- 4) održavanje registra parcela i odnosnih datoteka,
- 5) održavanje veze između katastra i drugih zemljo-odnosnih podataka.

To rezultira koordinatno zasnovanim pristupom, a sustav implementiran prema takvim postupcima naziva se koordinatnim katastarskim sustavom. Osnovna ideja koordinatno zasnovanog sustava prikazana je na slici 1.



Slika 1. Mjerenja se obrađuju, a u koordinatno zasnovani sustav pohranjuju se dobivene koordinate

S takvom metodom implementacije povezano je više problema i to zbog segmentirane naravi tog procesa. Prvo, niz operacija poput predloženih zahtjeva velika početna ulaganja te dugo čekanje prije negoli se ostvare koristi od sustava. To čini prijedlog višenamjenskoga katastarskog sustava teško prolaznim u političkoj areni. Brojni pokušaji implementiranja višenamjenskoga katastarskog sustava susreli su se s financijskim teškoćama tijekom svog početnog razdoblja (Bauer 1982; Wentworth 1989). Drugo, višenamjeski katastar koji je na početku zasnovan na točnom mjerenju s vremenom prirodno propada budući da je teško održavati točnu geometrijsku osnovu u koordinatnom obliku. Činjenica je da se koordinate ne mogu održavati; zastarjele se vrijednosti koordinata odbacuju i zamjenjuju novima. Zemlje s dugim iskustvom u takvim sustavima planiraju periodične napore na njihovu obnavljanju (Kolbl 1987).

Ovim se člankom pokušava opisati model višenamjenskoga katastarskog sustava kod kojeg implementacija ujedinjuje sve gornje procese što ih prepuruča Nacionalni istraživački sabor na jedinstven način, i to korištenjem mjerenja kao osnovnih podataka. Međutim, diskusija o detaljima takve implementacije – kao što su strukture podataka koje ona traži – izostavljena je da bi članak zadržao razumnu duljinu. Također je važno da literatura o višenamjenskim katastarskim sustavima odvaja koncepte uključene u kompjutorski program od mehanizama njihove implementacije.

U sljedećem dijelu navode se radovi u vezi s ovim člankom. Potom slijedi diskusija koncepta i problema svojstvenih koordinatno zasnovanim katastarskim sustavima. Zatim se raspravlja o mrežama stalnih geodetskih točaka primijenjenima u izmjeri zemljišta. Potom se prikazuju koncepti i prednosti katastarskog sustava zasnovanog na mjerenjima, nakon čega slijedi diskusija arhitekture takvog sustava: baze podataka mjerenja, geometrijskog modula i korisničkog sučelja. Na kraju se daje zaključak.

RELEVANTNI RADOVI

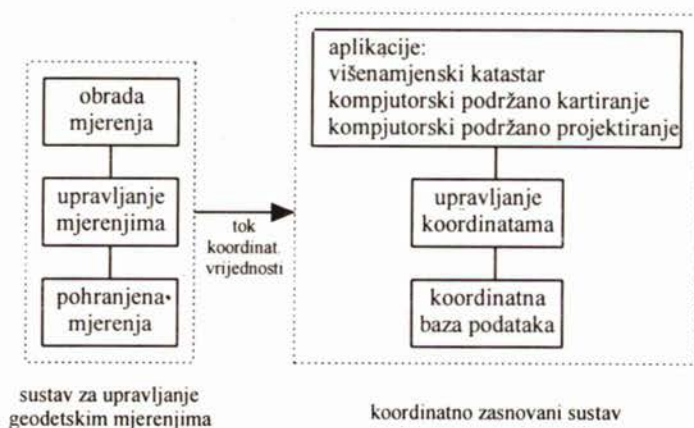
The National Geodetic Survey (NGS) dovršila je ponovno izjednačenje Državanoga geodetskoga referentnog sustava (NGRS) na sjevernoamerički datum 1983 (NAD 83) (Schwarz 1989). Međutim, za neke je regije otkriveno da imaju slabu relativnu točnost usprkos općenitom poboljšanju NGRS. Ethridge (1989) opisuje uporabu baze podataka mjerenja za obnovu koordinata NGRS u područjima u kojima je njihova relativna točnost bila nezadovoljavajuća.

Jacobi (1988) raspravlja o tome kako se neslaganja koordinatnih vrijednosti koja su nastala nakon obnove ili osuvremenjivanja digitalne karte mogu eliminirati ako su pohranjena izvorna fotogrametrijska mjerenja detaljnih točaka i geodetska mjerenja stalnih geodetskih točaka. U takvom aranžmanu nova se mjerenja kombiniraju sa starim mjerenjima i dobno izjednačavaju da bi se zadržao jedinstveni niz koordinatnih vrijednosti točaka na karti pri svakom njezinu obnavljanju. To je suprotno uobičajenoj praksi (u posljednje vrijeme, čini se, i u nas, nap. prev.) da se nakon određivanja koordinata točaka njima pridružena izvorna mjerenja odbacuju, što kasnije obnavljanje karte čini teškim (slika 1).

Hintz (et al. 1988), Hintz i Onsrud (1990) i Elfick (1989) opisuju sustave za upravljanje geodetskim mjerenjima. Glavni je cilj takvih sustava da učinkovito upravljaju mnogobrojnim geodetskim mjerenjima svojstvenima svakom katastarskom sustav. Opisani sustavi pohranjuju katastarska mjerenja i omogućavaju periodično obnavljanje niza koordinatnih vrijednosti pomoću izjednačenja svih

povezanih mjerenja. Pohanjanje terenskih katastarskih mjerenja umjesto koordinata, koje se iz njih masovno izvode, rezultira sustavima koji su prilagodljivi, pogodni za promjene i koji sadrže potencijal da budu pravno podržani (Moreno and Onsrud 1990; NSF 1989).

Premda se Ethridgeov rad bavi obnovom NGRS-a, Jacobijev rad rezvizijom digitalne fotogrametrijske karte, a radovi HINTZA I Elficka u prvom redu geodetsko-katastarskim sustavima, svi imaju nekoliko zajedničkih karakteristika: (1) mjerenja su objekti druge klase, (2) to su u osnovi sustavi za upravljanje mjerenjima kao podrška koordinatno zasnovanim sustavima, i (3) izračunate koordinate vrijednosti prenose se u tako podržane sustave. Te su karakteristike prikazane na slici 2.

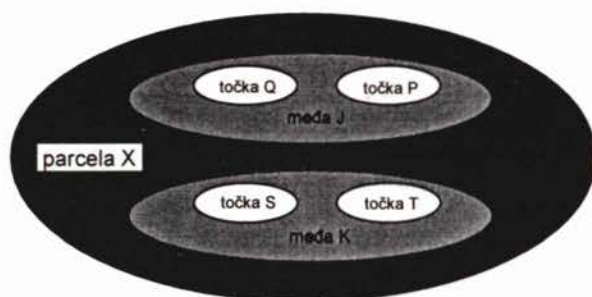


Slika 2. Sustav za upravljanje geodetskim mjerenjima kao podrška koordinatno zasnovanom višenamjenskom katastarskom sustavu

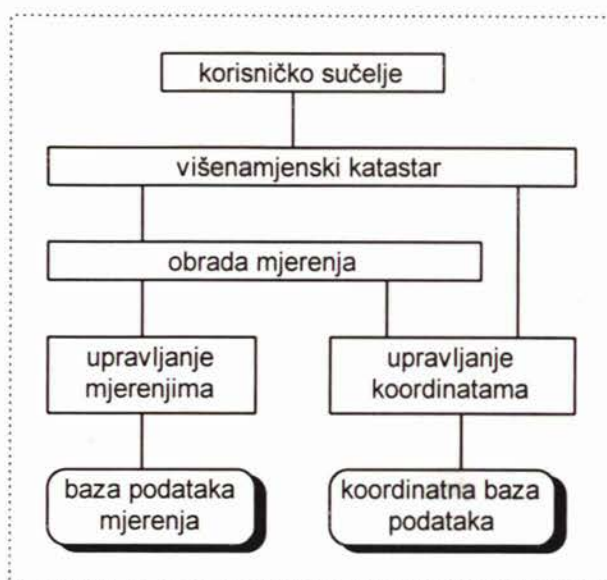
Kjerne i Dueker (1988) raspravljaju kako sadašnji pristupi implementacijama katastarskih sustava ne obuhvaćaju prostorne odnose između katastarskih objekata onako kako se oni geodetski određuju. Zna se samo položaj objekta u smislu koordinata, dok se znanje o tome zašto je objekt na tom mjestu gubi. Oni napominju da modeliranjem katastarskih podataka uz korištenje objektno orijentirane paradigme (Atkinson et al. 1989), katastarski sustavi postaju sposobni da: (1) prate lanac operacija koje vode do toga da se određeni objekt nađe na određenu mjestu, i (2) da aktualiziraju položaj objekta bez potrebe ponovnog provođenja postupka rekonstrukcije koordinata. Objektno orijentirana struktura također dopušta prilagodljivost u redosljednosti unosa podataka u katastarski sustav i stoga dozvoljava lakšu reviziju i obnavljanje. Slika 3. prikazuje taj objektno orijentirani koncept gdje, na primjer, parcela X i međna crta J znaju ako točka P promijeni svoj položaj.

Rad objavljen u ovom članku nastavlja radove Ethridgea, Jacobija, Hintza i Elficka, te integrira rad Kjerne i Duekera. Time se uklanja jaz koji razdvaja sustave za upravljanje mjerenjima i (koordinatne) sustave koje ovi podržavaju; na mjerenjima zasnovan višenamjenski katastarski sustav integrira sustav za upravljanje geodetskim mjerenjima i višenamjenski katastarski sustav (slika 4.). Međutim,

to nije samo integracija. U takvom postavu (1) mjerenja su objekti prve klase; (2) mjerenja su osnovni nositelj metričke informacije; i (3) sustav za upravljanje mjerenjima igra dominantnu ulogu. Učinkovito upravljanje mjerenjima i podacima koji su povezani s njima zahtijeva bazu podataka mjerenja. Koordinatna pak baza podataka olakšava operacije kod kojih je prikladnije korištenje koordinata. Također mora biti uključeno prikladno korisničko sučelje.



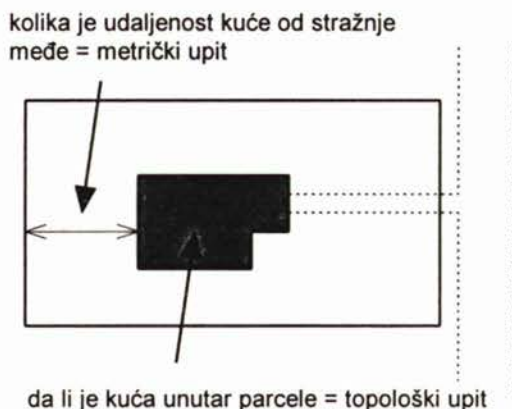
Slika 3. Parcela X sadrži četiri međne crte (od kojih su na slici pojednostavljeno prikazane samo dvije, napr. prev.), a svaka od njih dvije međne točke



Slika 4. Koncepti višenamjenskih katastarskih sustava zasnovanih na mjerenjima

KOORDINATNO ZASNOVANI SUSTAVI

Geometrijski upiti u višenamjenskom katastarskom sustavu mogu se podijeliti na topološke i metričke upite. Topološki upiti bave se informacijama koje su pri topološkim transformacijama nepromjenjive. Metrički se upiti temelje na pojmu udaljenosti. Je li kuća unutar parcele ili nije, topološko je pitanje, dok je pitanje o dužini medne crte metričko. Slika 5. ilustrira te dvije vrste upita.



Slika 5. Topološki i metrički upiti

Načelni koncept koordinatno zasnovanog sustava jest da su pohranjene vrijednosti koordinata glavni izvor podataka koji omogućava odgovore na metričke upite, a i na moguće topološke upite. Npr., ako u koordinatno zasnovanom sustavu postavimo upit o frontovima parcele, ta će se informacija dobiti izračunavanjem dužine medne crte iz koordinatnih vrijednosti krajnjih točaka.

Implementacija koordinatno zasnovanog višenamjenskoga katastarskog sustava započinje uspostavljanjem stabilne geodetske mreže i pripremom osnovne karte (plana). Poslije se mjerenja između uglova parcela i točaka drugih objekata oslanjaju na tu geodetsku mrežu. Tako oslonjene vrijednosti koordinata uglova parcela i drugih interesantnih objekata pohranjuju se u bazu podataka. Od toga trenutka te su koordinate osnovni i jedini nositelj metričke informacije u sustavu, stavljajući izvorna mjerenja van uporabe.

Ta i takva implementacija koordinatno zasnovanog sustava bitno je različita od tradicionalnih metoda mjerenja. U prošlosti su se mjerenja čuvala i brižljivo pohranjivala (obično u obliku terenskih zapisnika) nakon što su se isrtali planovi ili karte. Stara se mjerenja obično koriste za nove poslove koji imaju veze s njima. Na primjer, izvorna mjerenja koriste se za obnovu izgubljenih mednih oznaka ili pak kod parcelacija. Na žalost, princip čuvanja starih mjerenja ugrožen je pojavom kompjutoriziranih katastarskih sustava. Današnji višenamjenski katastarski sustavi izgrađeni su jedino na koordinatama, bez ikakvih veza s mjerenjima.

U mnogim su slučajevima uglovi parcela i drugih objekata zbog brzine i ekonomičnosti digitalizirani sa starih planova i karata. Potom su digitalizirane koordinate transformirane tako da ih se prilagodi osnovnom koordinatnom sustavu geodetske mreže. U takvoj situaciji izvorna mjerenja ne postoje u konstrukciji sustava niti ih se ikada više može konzultirati ako za tim iskrne potreba.

Koordinatno zasnovani višenamjenski katastarski sustavi nose sa sobom više problema. Ti se problemi redaju od vremena početne koncepcije i financiranja sustava pa sve do stvarne implementacije i održavanja. To mnoštvo problema opisivalo je više autora (Bauer 1982; Dale and McLaughlin 1988; Friedley 1989; Hebblethwaite 1989; Masters 1988; Scott 1987); a može ih se grupirati u dvije općenite kategorije: implementaciju i održavanje.

Implementacija

Stvaranje dobrog sloja stalnih geodetskih točaka traži mnogo napora i glavninu ulaganja. Tu su početne prepreke pri implementaciji koordinatno zasnovanog višenamjenskoga katastarskog sustava. Premda su satelitske tehnike pozicioniranja poput globalnoga pozicijskog sustava (GPS) olakšale tu zadaću, njihova je cijena još uvijek izvan granica koje si većina mjesnih uprava poput gradskih i županijskih administracija može priuštiti. Bez obzira na cijenu uspostave stalnih točaka, treba razmotriti i cijenu pretvorbe katastarskih i drugih relevantnih podataka u digitalni oblik da bi ih se pohranilo u bazi podataka, a iskustvo pokazuje da je ta cijena i te kako važna (Parent, Joffe, and Finkle 1989; Thompson 1988).

Budući da se za vrijeme uvođenja sustava pojavljuju mnogi troškovi, implementacija koordinatno zasnovanog sustava traži na početku velika ulaganja. Također, zbog sekvencijalnog postupka implementacije postoji dugo razdoblje od trenutka ulaganja do korištenja sustava. Stoga izabrani čelnici, suočeni s javnim zahtjevom za smanjivanjem poreza i javnih izdataka, smatraju da je teško ulaziti u velika ulaganja tamo gdje javnost ne primjećuje koristi unutar samo par godina. Zbog suočavanja s visokim cijenama i malim neposrednim povratima izabrani se službenici (obično s kratkim mandatom) usredotočuju na druga, kratkoročna pitanja i probleme (Dueker 1987).

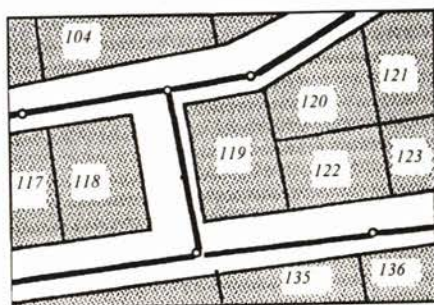
Održavanje

Pitanja vezana uz održavanje uglavnom se kreću oko obnavljanja koordinatne baze podataka i osnovne karte. Ti se problemi mogu organizirati u četiri kategorije: (1) integracija novih mjerenja s postojećim koordinatnim vrijednostima; (2) integracija visokokvalitetnih novih mjerenja s koordinatnim vrijednostima niske kakvoće; (3) kontinuirano mijenjanje koordinatnih vrijednosti uglova parcela; (4) rastući zahtjevi glede točnosti osnovnih karti.

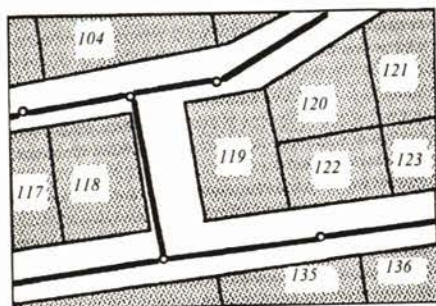
Integracija novih mjerenja s koordinatnim vrijednostima. Integriranje novih mjerenja s pohranjenim koordinatnim vrijednostima koje su bile izračunate iz ranijih mjerenja ili pak digitalizirane iz drugih izvora, zamršen je i skup proces. Ispravna bi metoda bila da se skupe stara mjerenja i ponovno izračunaju koordinatne vrijednosti svih točaka nakon upotpunjavanja s novim mjerenjima. Ta se metoda obnavljanja koordinatne baze podataka malokad koristi zbog vrlo velikih napora oko ponovnog skupljanja ranijih mjerenja, ako su ona još uopće dostupna. Druga je mogućnost korištenja tehnike koreliranog izjednačenja. Međutim, ta metoda zahtijeva varijance i kovarijance točaka iz prethodnih izjednačenja. Premda pohranjivanje varijanci točaka može biti opravdano, pohranjivanje golemog broja kovarijanci odbojni je zadatak. Pohranjivanje kovarijanci za 10.000 točaka moglo bi tražiti pohranu i do $(2 \times 10.000)^2$ vrijednosti.

Integracija visokokvalitetnih mjerenja s koordinatnim vrijednostima niske kakvoće. Postojeće koordinatne vrijednosti u sustavima uglavnom će biti niže kakvoće od novih mjerenja. Te su koordinatne vrijednosti dobivene ili digitaliziranjem s

raznih planova i karata ili izračunavanjem iz starih mjerenja, koja su se izvodila korištenjem manje preciznog instrumentarija a ponekada nepouzdanim postupcima. Integriranje novih mjerenja izvedenih korištenjem instrumenata današnje visoke tehnologije u postojeće skupove koordinata velik je problem. Većina korištenih metoda ne uzima u obzir kakvoću postojećih koordinatnih vrijednosti i novih mjerenja. Kao rezultat toga pojavljuje se opasnost od gubljenja točnosti, jer se nova mjerenja degradiraju uklapanjem u postojeće koordinate vrijednosti. S druge strane, odbacivanje postojećih koordinata rezultiralo bi gubitkom informacija.



(a) relativni položaj crta vodova u odnosu na parcele



(b) crte vodova izgledaju kao da su pomaknute nakon što su uglovi parcela dobili nove koordinate

Slika 6. Katastarski se sloj pojavljuje s pomakom u odnosu na sloj vodova

Učinak promjena (pomicanja) katastarskog sloja. Slojevi prostornih informacija u višenamjenskom katastarskom sustavu obično su integrirani kroz uglove posjeda. Međutim, koordinatne vrijednosti uglova posjeda u katastarskom sloju stalno se obnavljaju zbog npr. novih parcelacijskih mjerenja, otkrivenih grešaka i grubih pogrešaka, te ponovnih izjednačenja osnovnoga geodetskoga referentnog sustava (Hebblethwaite 1989). Budući da se u koordinatno zasnovanom sustavu pohranjuju samo koordinatne vrijednosti, a odbacuju se mjerenja koja spajaju objekte na različitim slojevima, gubi se medij za prenošenje promjena koordinatnih vrijednosti u katastarskom sloju na druge slojeve. Posljedica je toga pomaknutost katastarskog sloja kod preklapanja s drugim slojevima.

Usvajanje novoga geodetskoga datuma (NAD 83) primjer je postupka koji dovodi do takvih promjena. Problem se pojavljuje nakon uključivanja novog

datuma u katastarski sloj, npr. ponovnim izračunavanjem točaka specifičnih za taj sloj, koristeći pritom redefinirane koordinatne vrijednosti geodetskih točaka. Dok su medne točke koje su povezane s geodetskim točkama ponovno izjednačene u novom datumu, točke u svim drugim slojevima još se uvijek odnose na stari datum. Promjena katastarskog sloja u odnosu na druge slojeve koja se očituje kod njihova preklapanja, čini informaciju proizvedenu takvim sustavom nekonzistentnom (slika 6).

Točnost osnovnih karti. Točnost kojom se priprema osnovna karta ovisi o korištenju i vrijednosti zemljišta. Kako se s vremenom korištenje zemljišta mijenja, kakvoća osnovne karte može postati nedovoljna te se onda traži ponovna izmjera radi poboljšanja točnosti. Budući da je općenito nemoguće točno predvidjeti područja na kojima će doći do razvoja, preporuča se postupak da se cijelo područje mjeri po najvišim standardima, te da se osnovne karte pripreme za višu točnost od stvarno opravdane. Takva praksa pripremanja osnovnih karti za mogući budući rast i potrebe koje su još uvijek nesigurne, može biti rasipanje sredstava.

GEODETSKE (KONTROLNE) TOČKE

Većina problema svojstvenih sadašnjim implementacijama višenamjenskih katastarskih sustava povezana je s predodžbom o mrežama geodetskih točaka i hijerarhijskim izjednačenjima. Ponovno promišljanje tih predodžbi otvara novi pogled na određivanje položaja, pa prema tome i na novi način provođenja višenamjenskog katastarskog sustava.

Mreža geodetskih točaka skup je točaka koje mogu i ne moraju biti stabilizirane na terenu, a čije koordinatne vrijednosti moraju biti određene na temelju mjerenja. Koordinatne vrijednosti geodetskih točaka koriste se kao osnova za druga detaljna mjerenja. Mjerenja iz koji se dobivaju koordinatne vrijednosti geodetskih točaka, poznata kao mjerenja u geodetskim mrežama, obično su preciznija od izmjere detalja (NGS 1986).

Koncept mjerenja u geodetskim mrežama i detaljne izmjere posljedica je klasičnih metoda izmjere zemljišta, u prvom redu gledišta o hijerarhijskim mrežnim izjednačenjima (Bomford 1975). Prije široke uporabe računala bilo je nemoguće uspostaviti koordinatne vrijednosti skupa točaka za područje većeg protezanja na temelju jednog jedinstvenog mrežnog izjednačenja. Geodetima su nedostajali računalni alati koji bi omogućili istodobno rješavanje velikog broja jednadžbi. Čak se i metodama korištenim u izjednačenjima malih mreža nastojao smanjiti broj jednadžbi za rješavanje, npr., usvajanjem modela uvjetnih jednadžbi (Bomford 1975).

Problem velike numeričke obrade rješavao se tako da se zadatak razdijelio u manje cjeline uporabom načela hijerarhijskog oblikovanja mreže. Kao posljedica toga pojavile su se različite kvalitete točaka mreže (karakterizirane redom mreže), s različitim razinama točnosti, i hijerarhijom izjednačenja kod koje su koordinatne vrijednosti točaka kvalitetnije mreže upravljale izjednačenjem točaka mreže niže kakvoće. Koordinatne vrijednosti točaka veće kakvoće obično se zadržavaju nepromjenjene (kao »bespogrešne«) u izjednačenjima za određivanje koordinata točaka niže kakvoće.

S dopuštenošću digitalnih računala i uz današnju brzinu izračunavanja, može se odjednom riješiti veliki broj jednadžbi. Veći broj mjerenja može se istodobno izjednačiti pa je prema tome zamišljeno hijerarhijsko dijeljenje mreže najčešće nepotrebno.

Mrežne točke u detaljnim mjerenjima ne treba označavati kao geodetske točke*. Kakvoću mrežnih točaka treba odrediti isključivo iz preciznosti koordinatnih vrijednosti nakon istodobnog izjednačenja mjerenja u mreži; točke visoke kvalitete su točke s preciznijim koordinatnim vrijednostima, tj. s malom varijansom. Da bi se postigle visokokvalitetne točke potrebna su precizna mjerenja dovoljne gustoće, umjesto prividnog dijeljenja točaka u različite kategorije – što su nametnule (ne)moćnosti izjednačavanja.

Višenamjenski katastarski sustavi zasnovani na mjerenjima odgovarati će tom pristupu. Nema razloga da se držimo stare filozofije u doba kad je računalna moć lako dostupna. Ako je već dijeljenje točaka nužno, onda to treba učiniti prostorno (po regijama), a ne hijerarhijski. S prihvaćanjem ove ideje, mogu se očekivati mnoge prednosti.

KONCEPTI SUSTAVA ZASNOVANIH NA MJERENJIMA

Temeljni koncept višenamjenskoga katastarskog sustava zasnovanog na mjerenjima jest da su mjerenja nositelj metričkih informacija (Buyong and Frank 1989). Posljedica je toga da se za obnavljanje baze podataka sustava zasnovanog na mjerenjima s novim mjernim informacijama, zahtijeva samo dodavanje mjerenja bazi podataka. Korisnici mogu neposredno prosljeđivati svoje informacije sustavu. Ponovno izračunavanje koordinata nije imperativ i može se odgoditi sve dok to upiti ne traže. Rasute metričke informacije stalno su ažurne jer se i posljednja mjerenja mogu integrirati u obradu.

Implementacija sustava zasnovanog na mjerenjima zahtijeva da se mjerenja pohranjuju u bazi podataka (Buyong and Frank 1989; Elfick 1989; Ethridge 1989; Frank and Studemann 1984; Hintz and Osrud 1990; Jacobi 1988; Kjerne and Dueker 1988; Weitzman 1989) tako da budu pristupačna za buduću uporabu. Ta mjerenja uključuju mjerenja između visokokvalitetnih točaka (u koordinatno zasnovanim sustavima takva se mjerenja nazivaju mjerenjima geodetskih točaka), izmjeru granica parcela, i izmjeru ostalih interesantnih objekata.

Iako su mjerenja primarni izvor metričke informacije, koordinatne se vrijednosti koriste gdje god je to prikladno. Grafički prikaz, pristup prostornoj bazi, i drugi zadaci koji ne trebaju točnu i ažurnu informaciju, primjeri su kada su koordinate praktične. Koordinatne se vrijednosti pohranjuju da se zadovolje potrebe tih zadataka (Alonso et al. 1988). Prema tome, umjesto ponovnog izračunavanja koordinata svaki put kad se zatraži grafički prikaz pronalaze se njihove pohranjene vrijednosti.

Periodična sveukupna obrada nužna je kada se pojavi potreba za pouzdanom i konzistentnom kopijom koordinatnih vrijednosti. To se može ostvariti na više različitih načina, od kojih spominjemo sljedeća dva: (1) ustrojiti sustav tako da obrađuje mjerenja u određenim pretpostavljenim vremenskim razmacima, npr. noću kad je većina računala uglavnom neopterećena, ili (2) nakon pojavljivanja određenog broja mjernih promjena.

* U američkoj katastarsko-geodetskoj praksi granice parcela (koje su obično velike) određuju se pomoću poligonskih vlakova koji slijede samu među. Mrežu takvih »poligonskih« (a zapravo mednih) točaka autori nazivaju »mrežnim točkama u detaljnim mjerenjima«. Kod nas je način određivanja mednih točaka drukčiji što se i mede, baš kao i ostali detalji, snimaju na poligonsku (i trigonometrijsku) mrežu koja se smatra geodetskom osnovom, pa se tako mora i označavati (nap. prev).

PREDNOST SUSTAVA ZASNOVANIH NA MJERENJIMA

Na mjerenjima zasnovani višenamjenski katastarski sustav ima više praktičnih prednosti pred koordinatno zasnovanom implementacijom sustava. Prednosti su u prvom redu u lakoći ažuriranja, inkrementalnoj implementaciji, u tome što sustav nastaje kao popratni proizvod redovnih djelatnosti, u poboljšanju točnosti s vremenom, ispravnoj integraciji različitih slojeva, zaštiti izvornih informacija, kao i u više ekonomskih koristi.

Ažuriranje. Postojanje i vrijednost svakog pojedinog mjerenja u sustavu zasnovanom na mjerenjima neovisni su o drugim mjerenjima. To olakšava ažuriranje sustava. Nova se mjerenja integriraju jednostavnim dodavanjem mjerenja u bazu podataka. Stara i netočna mjerenja mogu bez teškoća koegzistirati s boljim vrijednostima ili biti izbrisana. Lakoća ažuriranja također omogućuje takvu organizaciju čuvanja podataka u sustavu zasnovanom na mjerenjima, da oni uvijek budu aktivni. Budući da se odgovori na metričke upite obrađuju samo onda kada su potrebni, u to se mogu uključiti i posljednji dostupni podaci. Prema tome, informacije koje daje sustav zasnovan na mjerenjima uvijek su aktualne. Očekuje se da će te prednosti postati još značajnije, funkcionalnost višenamjenskoga katastarskog sustava postajat će sve složenijom, a potražnja za točnim i suvremenim informacijama sve većom.

Inkrementalna implementacija. Implementacija sustava zasnovanog na mjerenjima može započeti s malim područjem koje je od neposredne važnosti, tako da se sustav sa svojom najnužnijom funkcionalnošću može brzo postaviti. S vremenom, kada budu raspoloživi novac i kadrovi, mogu se pripojiti i susjedna područja – dodavanjem odgovarajućih mjerenja u bazu podataka. Također, isprva nezavisno razvijeni »otoci« mogu se poslije spojiti zajedno.

Sustav kao nusproizvod redovnih djelatnosti. Sustavi zasnovani na mjerenjima ne traže posebne i široke zahvate prikupljanja podataka. Postojeća mjerenja, iako nedostatna, formirat će osnovu višenamjenskoga katastarskog sustava koja će se upotpunjavati novim mjerenjima kako ona pristižu. Ta nova mjerenja mogu biti rezultat standardnih svakodnevnih mjerničkih operacija poput parcelacija, spajanja parcela i reambulacijskih mjerenja.

Poboljšanje točnosti. Na mjerenjima zasnovani sustav može se uspostaviti s mjerenjima ograničene točnosti. Naravno, točnost takvih sustava je niska. Međutim, točnost sustava se poboljšava kako on dodavanjem novih mjerenja odrasta. Poboljšanje točnosti može se postići posebnim zahvatima kao što je dodavanje GPS mjerenja ili pak svakodnevnim mjerničkim operacijama. S većim brojem preciznih instrumenata dostupnih mjernicama, katastarska mjerenja iz redovnih aktivnosti svakako će pridonijeti poboljšanju točnosti sustava. Podrška poboljšanju točnosti pritom ne zahtijeva nikakve dodatne troškove budući da sve procedure ostaju iste, ali su podržane višim stupnjem automatizacije i integracije.

Integracija slojeva. U sustavu zasnovanom na mjerenjima drže se i mjerenja koja određuju koordinatne vrijednosti točaka u nekatastarskim slojevima relativno prema uglovima posjeda. Prema tome, promjene u koordinatnim vrijednostima uglova posjeda u katastarskom sloju, nastale zbog bilo kojeg razloga, automatski se preko tih mjerenja prenose na druge slojeve. To je specijalni slučaj koncepta integrirane geometrije (Frank and Kuhn 1986).

Usvajanje novoga geodetskog datuma za katastarske slojeve u višenamjenskom katastarskom sustavu (npr., nedavno usvajanje datuma NAD 83 u zamjenu za NAD 27) neće proizvesti nikakve nesuglasice u sustavima na mjerenjima zato što se koordinatne vrijednosti točaka na svim slojevima izračunavaju po potrebi iz

odgovarajućih mjerenja. Time se osigurava ispravni relativni položaj između točaka na katastarskom sloju i točaka na drugim slojevima kod njihova preklapanja.

Čuvanje izvornih informacija. Sustav zasnovan na mjeranjima čuva izvorna mjerenja i informacije o njihovoj kvaliteti (varijance). Čuvanje izvornih podataka, za razliku od obrađenih podataka (tj. koordinata), pruža dokazni materijal za bilo koju informaciju koju sustav nudi; korisnici mogu odrediti osnovu odgovora na upite. Informacije o kvaliteti mjerenja u sustavu omogućavaju da im se pridruže relativne težine. Predviđa se da će raspoloživost varijanci mjerenja postati jedna od najvažnijih prednosti, budući da korisnici postaju svjesni potrebe očuvanja kvalitete metričkih informacija (Chrisman 1984; Goodchild and Gopal 1989; Robinson and Frank 1985). Sustav s takvim sposobnostima najveći je korak prema cilju – pravno podržanom višenamjenskom katastarskom sustavu (Moreno and Onsrud 1990; NSF 1985).

Ekonomske koristi. Među ekonomske koristi koje proizlaze iz gore raspravljenih tehničkih prednosti ubrajaju se niski početni kapital i kratko vrijeme uvođenja od trenutka ulaganja do korištenja sustava. Prvo, izbjegava se visoka cijena potpune uspostave dobrog sloja geodetske mreže, jer njezino prethodno kompletiranje nije nužno. Na mjeranjima zasnovani sustav također izbjegava cijenu frontalnog pretvaranja podataka s cijelog projektnog područja u digitalni format. Mogućnost postupne implementacije sustava, započinjući s malim područjem od neposredne važnosti, također čini veliki početni kapital nepotrebnim. Drugo, s malim područjem početne implementacije, sustav zasnovan na mjeranjima može se koristiti čim se postavi. Koristi posjedovanja sustava mogu se ostvariti mnogo brže i, najvjerojatnije, sustav može sam sebe financijski izdržavati ako se nametne neka vrsta korisničke pristojbe. Prema tome niska početna cijena, brzi povrat ulaganja i mogućnost da se brzo financijski osamostali, čini ga podobnijim za pridobivanje potpore od fondovskih tijela (vlasti).

ARHITEKTURA SUSTAVA

U zadnja dva odjeljka prikazani su koncepti višenamjenskog katastarskog sustava zasnovanog na mjeranjima i više prednosti koje takav sustav nudi. Najvažnije od svih su ekonomske prednosti, koje su nedvojbeno glavni kriterij za uspješnu implementaciju. U ovom će se odjeljku opisati arhitektura sustava zasnovanog na mjeranjima. Budući da su mjerenja primarni podaci u takvom sustavu, rasprave o oblikovanju njegove arhitekture usredotočuju se na njih.

Baza podataka mjerenja

Mjerenja su apstraktni odnosi koji daju metričku informaciju o nizu točaka. Točke mogu biti medne točke ili druge detaljne točke. Medne točke određuju geometriju parcela, tj. njihov položaj i protezanje. Položaj i protezanje građevina, cesta, rijeka, komunalnih vodova i sličnih obilježja prostora određeni su njima pridruženim detaljnim točkama.

Pohranjena mjerenja mogu se kategorizirati prema njihovu nastanku (izvoru) na: (1) terestrička mjerenja, (2) GPS mjerenja, (3) digitalizirane podatke.

Terestrička mjerenja. Terestrička se mjerenja sastoje od horizontalnih kutova, horizontalnih dužina, pravaca, lomnih kutova i smjernih kutova (azimuta). To su uobičajeni oblici mjerenja što ih nalazimo u geodetskim mrežama. Dok svi drugi tipovi mjerenja daju relativni položaj točaka, mjerenja lomnog i smjernog kuta

(azimuta) daju dodatnu informaciju: omogućavaju orijentaciju mreže poštujući usvojeni referentni okvir.

GPS mjerenja. To je visokotočna kategorija mjerenja i dostupna je samo na izabranim točkama u projektnom području. Zbog svoje visoke točnosti, GPS mjerenja mogu se iskoristiti za određivanje referentnog okvira i za osiguranje homogenog sustava koordinata između izoliranih područja u višenamjenskom katastarskom sustavu. Njihova ih visoka točnost također čini korisnima u obuzdavanju prenošenja pogrešaka iz drugih kategorija mjerenja.

Digitalizirani podaci. To je vjerojatno najjeftiniji tip (pseudo)mjerenja. Digitalizirani se podaci mogu dobiti iz planova i karata izrađenih na papirnom nosioscu ili na foliji. Mogu se koristiti za početno postavljanje sustava, i na početku mogu biti prevladavajućom kategorijom mjerenja, premda to nije zahtjev – sustav zasnovan na mjerenjima može se izgraditi bez ikakvih digitaliziranih podataka. Drugi tipovi mjerenja mogu se poslije postupno uvoditi u sustav. Treba imati na umu da se digitalizirani podaci ne smiju ostaviti da sami pružaju metričku informaciju, jer bi to dovelo samo do drugog koordinatnog zasnovanog sustava.

Točke, linije, i poligoni, uz mjerenja su drugi glavni objekti u bazi podataka. Svaki objekt ima posebne pripadne osobine koje ga opisuju, nazvane atributima. primjeri nekih istaknutih atributa objekata su:

- 1) *Mjerenja* – opažane vrijednosti, varijance, opažatelj i datum opažanja
- 2) *Točke* – broj točke, koordinate, varijance koordinata i tip točke
- 3) *Linije* – tip linije
- 4) *Poligoni* – tip i površina poligona

Geometrijski modul

Da bi sustav zasnovan na mjerenjima pružio upotrebljiv prikaz geometrijskih osobina stvarnoga svijeta, prije davanja bilo koje metričke informacije mjerenja moraju biti obrađena. Obrada mjerenja kombinira dostupna mjerenja, otkriva grube pogreške u njima i ako je potrebno nameće dodatne geometrijske uvjete. Najprikladnija metoda obrade mjerenja je tehnika izjednačenja po najmanjim kvadratima (Mikhail 1976).

Metoda najmanjih kvadrata dopušta da se sve kategorije mjerenja, svaka s različitom točnošću, obrađuju na integrirani način. Mjerenjima se mogu neovisno odrediti težine, a prirodni izbor za težine je recipročna vrijednost varijance mjerenja izražena u nekoj standardnoj jedinici. Doprinos svakog mjerenja koordinatnim vrijednostima određena je prema tome njegovom varijansom. Budući da će mjerenja s malom varijancom imati veliku težinu, njihov će utjecaj na izjednačene koordinatne vrijednosti biti značajniji od utjecaja mjerenja s velikom varijancom. To su željene osobine integracije terestričkih, katastarskih mjerenja niže točnosti ili mjerenja digitaliziranih koordinata s visokotočnim GPS mjerenjima, koja daju optimalno rješenje. Metoda najmanjih kvadrata također omogućuje lako uvođenje nemjerenih podataka, poznatih kao *a priori* informacije, u obradu mjerenja.

Za svaki tip mjerenja potreban je modul za prethodna računanja (predobradu), zbog mješavine raznovrsnih mjerenja i brojnih parametara o kojima je ovisna svaka vrsta mjerenja. Tom se predobradom svaki tip mjerenja priprema za unos u modul izjednačenja po najmanjim kvadratima. Tijekom predobrade mjerenja eliminiraju se mnogi neželjeni ili smetajući parametri i sistematski utjecaji.

U mjerenjima koja su pohranjena u sustav mogu biti prisutne različite grube

pogreške. Sustav će izgubiti svoju pouzdanost ako informacije koje proizvodi sadrže prekomjerne grube pogreške. U modul izjednačenja može se integrirati algoritam za otkrivanje grubih pogrešaka utemeljen na ispravnim statističkim osnovama. Na taj se način *grube pogreške znatne veličine* mogu otkriti prije negoli se informacije počnu izdavati. Postupke za otkrivanje grubih pogrešaka nakon izjednačenja razmatrali su Baarda (1967) i Pope (1976). Te metode otkrivanja grubih pogrešaka mogu se upotrijebiti neposredno nakon obavljanog izjednačenja. Tehnika za otkrivanje grubih pogrešaka prije izjednačenja koju su prikazali Vonderohe i Hintz (1987) može se iskoristiti tijekom faze predobrade mjerenja.

Radi poboljšanja točnosti pribavljenih informacija u izjednačenje se mogu uključiti i geometrijski uvjeti. Jednostavni primjeri geometrijskih uvjeta su okomitost, kolinearnost i paralelnost. Ti su uvjeti korisni u područjima gdje je kakvoća raspoloživih mjerenja nedovoljna za točno određivanje željene geometrije; na primjer, kada su dostupne samo digitalizirane koordinate, niska kvaliteta njihovih vrijednosti čini dodatne uvjete vrijednim dodatkom. Sa stajališta modeliranja podataka nema razlike između mjerenja i uvjeta; na primjer, ne razlikuje se da li je dužina izmjerena kao 10 m, ili je uvjet da bude 10 m (Kuhn 1990). Hesse, Benwell, i Williamson (1990) raspravili su primjenu geometrijskih uvjeta na digitalizirane katastarske podatke u višenamjenskom katastarskom sustavu.

Zbog praktičnih se razloga ne izjednačavaju sva mjerenja koja se nalaze u bazi podataka svaki put kada su potrebne koordinate neke konkretne točke za odgovor na neki upit. Obraditi treba samo mjerenja u susjedstvu područja upita, dakle ona koja znatno utječu na željeni rezultat. Razlog tome je lokalizirana narav širenja mjerničkih informacija (Halmos, Kadar, and Karsay 1974). Sudeći prema eksperimentima obavljenima uz korištenje simuliranih terestričkih podataka, potrebno je uključiti samo ona mjerenja koja se protežu do četiri mjerenja dalje ukoliko područja interesa. Uključivanje udaljenih mjerenja ne poboljšava znatno izjednačene koordinatne vrijednosti točaka na područja upita (Buyong and Kuhn 1990).

Kao što je prije spomenuto, geometrijski modul je alat za dobivanje upotrebljive metričke reprezentacije na temelju mjerenja. Takav bi alat, kao kompletan paket, mogao biti nedostupan na tržištu. Međutim, budući da je ta teorija relativno lako shvatljiva, izrada tog paketa ne izgleda kao najteži zadatak. Na tržištu je već dostupno više dobrih programa za izjednačenje geodetskih mreža s otkrivanjem grubih grešaka i s mogućnostima uvođenja dodatnih uvjeta, kao što su OPTUN (Grundig and Bahndorf 1984), CANDSN (Mephram and Krakiwsky 1984), i STAR*NET (Curry and Sawyer 1989). Geometrijski modul može se izgraditi oko bilo kojeg od tih programa.

Korisničko sučelje

Međudjelovanje izravnim upravljanjem općenito je prihvaćeno kao učinkovit oblik međudjelovanja čovjeka s računalom – što se dokazalo njegovim korištenjem na Macintosh računalima, u Microsoftovoj Windows okolini na IBM-PC mikroručunalima i Unix operativnim sustavima. Ono je naročito prikladno za baratanje prostornim objektima jer koristi prednosti prostornih osobina svojstvenih takvim objektima. Korisničko sučelje za katastarske sustave zasnovane na mjerenjima, treba se dakle temeljiti na konceptu izravnog upravljanja.

Nadalje, korisničko sučelje za sustave zasnovane na mjerenjima mora podržavati objekte koji korisniku nešto znače, a to su različiti tipovi mjerenja (poput kutova, dužina i pravaca); točke (poput mednih i detaljnih točaka); linije (poput

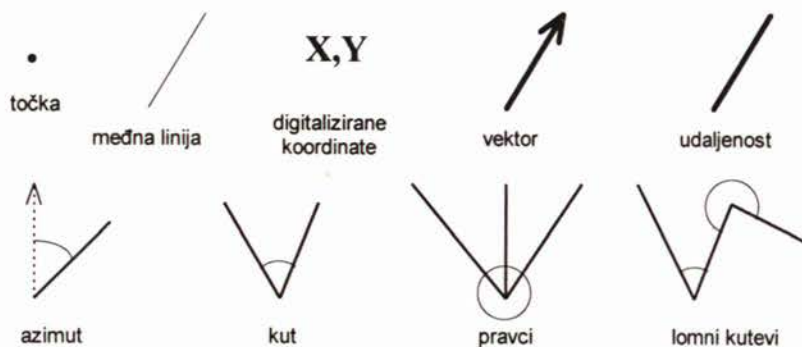
mednih i detaljnih linija); i poligonalni objekti (poput parcela i zgrada). Predvidjeti treba niz operacija za manipulaciju objektima: operacije za unos, ispravljanje i brisanje potrebne su za pohranjivanje, modificiranje i brisanje objekata u bazi podataka, a operacija pretraživanja potrebna je za traženje objekata u bazi podataka kada je poznata najmanje jedna njihova atributna vrijednost.

Najvažniji zahtjev za korisničko sučelje izravnim upravljanjem jest vizualizacija objekata kojima se manipulira (Shneiderman 1987). Bez prikazivanja različitih objekata na zaslonu, izravno upravljanje nije moguće. Slika 7 prikazuje moguće reprezentacije različitih tipova mjerenja.

Operacije korisničkog sučelja mogu se prikazati kao stavke u izbornicima, organizirane u obliku »padajućih« izbornika. Grupira ih se prema njihovu značenju shodno korisnikovu zadatku. Na primjer, operacije izravno vezane uz katastarske objekte kao što su unos, ispravljanje i brisanje, grupiraju se zajedno i odvajaju od operacija koje se tiču prikaza na zaslonu.

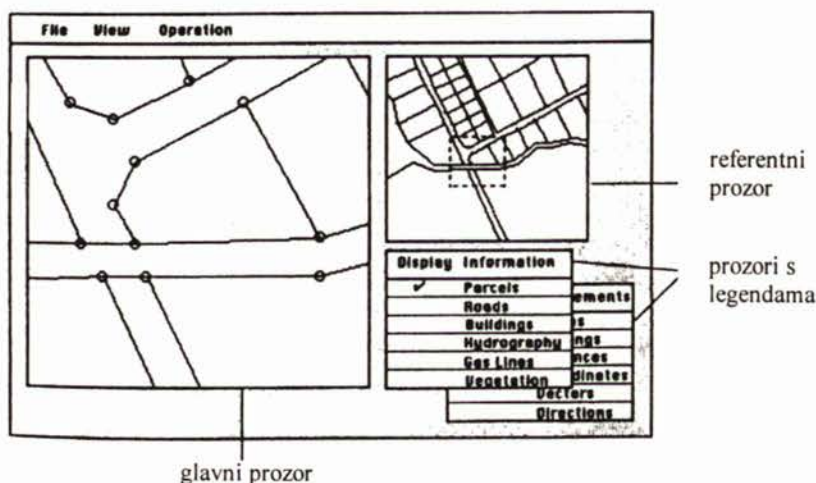
Prikaz koji pokazuje sve objekte na nekom području, ne vodi učinkovitom međudjelovanju čovjek-računalo, i to zbog ograničene veličine zaslona na monitoru, kao i zbog ograničene mogućnosti ljudskog zapažanja složenosti grafičke reprezentacije. Pri zadanom tipičnom području višenamjenskoga katastra čije protezanje može biti reda veličine više tisuća kvadratnih kilometara, uz dostupnost više vrsta objekata koji su ponekada nagomilani na svega nekoliko izabranih mjesta, očito se mora osigurati način za smanjenje složenosti prikaza na ekranu.

Smanjenje složenosti prikaza na ekranu može se postići učinkovitim korištenjem višestrukih prozora (Herot 1982; Jackson 1990). Mali referentni prozor koristi se za pregled cijele scene, a veći i glavni prozor za prikaz isječka izabrane scene u krupnijem mjerilu. Dva prozora s legendama dozvoljavaju korisniku da za prikaz na zaslonu izabere samo određene tipove objekata; *jedan sadrži specifično s različite tipove mjerenja*, dok drugi sadrži ostale objekte. Slika 8 prikazuje različite prozore korisničkog sučelja pri čemu se u glavnom prozoru prikazuju samo parcele.



Slika 7. Grafički reprezentanti različitih vrsta mjerenja

Također se moraju osigurati sučelja za prijenos podataka mjerenja iz sustava za prikupljanje podataka, kao što su automatski terenski registratori podataka, fotogrametrijski triangulacijski sustavi i GPS prijemnici. Takva sučelja omogućavaju praktičan i lak unos mjerenja koja proizlaze iz tih sustava. Ispravljanje tih mjerenja može se izvesti na isti način, nakon što su pohranjena u sustavu.



Slika 8. Korištenje različitih prozora u svrhu smanjenja složenosti prikaza

ZAKLJUČAK

Višenamjenski katastarski sustav zasnovan na mjeranjima koristi podatke mjerjenja kao osnovni nositelj metričkih informacija. Taj se koncept ostvaruje dopuštajući obustavu obrade mjerjenja sve dok odgovarajuće informacije nisu potrebne.

Baza podataka mjerjenja, geometrijski modul i korisničko sučelje tri su glavne sastavnice arhitekture sustava zasnovanog na mjeranjima. Geometrijski modul sadrži predobradu mjerjenja i algoritme za otkrivanje grubih grešaka. Učinkovito upravljanje mjeranjima ostvaruje se pomoću baze podataka mjerjenja. Korisničko sučelje koje na vrlo jednostavan način predstavlja korisniku smislene objekte, nužno je za sustav.

Prednosti sustava zasnovanog na mjeranjima pred koordinatno zasnovanim sustavima značajne su. Implementacija ne zahtijeva prethodno upotpunjavanje mreže geodetskih točaka. Za početak, na mjeranjima zasnovani sustav može se provesti unutar malog područja od neposredne važnosti, a proširiti u kasnijim fazama kad to bude opravdano potrebama i omogućeno raspoloživim sredstvima. Prema tome, traži se niži početni kapital i omogućava brži povrat ulaganja. Nova se mjerjenja mogu lako integrirati, a sveukupna se preciznost sustava s vremenom poboljšava, kako se dodaju nova i bolja mjerjenja. Promjene položaja uglova parcela automatski se preko pohranjenih mjerjenja prenose na druge nekatastarske slojeve. Izvorne informacije koje određuju položaj uglova parcele i njihova točnost također su zadržane u sustavu.

Evolutivni i inkrementalni pristup izgradnji višenamjenskoga katastarskog sustava zasnovanog na mjeranjima je privlačan. Njegova je implementacijska strategija prikladna za lokalne uprave poput gradskih i županijskih. To su organizacije koja zaista trebaju višenamjenski katastarski sustav, ali im nedostaju fondovi za provođenje te ideje; razlog je to što implementacija koordinatno zasnovanog sustava zahtijeva dovršenje za njega bitnih pripremnih zadataka prije njegova korištenja.

Zahvale

Autori žele zahvaliti National Geodetic Survey na financijskoj potpori ovog projekta. Dodatna podrška oko relevantnih radova, koji su korisni za ovu temu dobivena je od National Science Foundation pod odobrenjem No. SES-8810917. Autori su također zahvalni Lotharu Grundigu, Karstenu Jacobsenu i Raymondu Hintzu zbog mnogih plodonosnih diskusija.

A. Frank, W. Kuhn i prevoditelj zahvaljuju Adrijani Car s Abteilung für Geoinformation Wien na pregledu i korekturi hrvatskog prijevoda članka, te na korisnim sugestijama.

LITERATURA

- Alonso, R., Barbara, D., Garcia-Molina, H., and Abad, S. (1988): »Quasi-Copies: Efficient Data Sharing for Information Retrieval Systems«, In *Advances in Database Technology-EDBT'88*, ed. by J. W. Schmidt. S. Ceri and M. Missikof, 443–468, Springer Verlag, New York.
- Atkinson, M., DeWitt, D., Maier, D., Altair, F.B. Dittrich, K., and Zdonik S. (1989): »The Object-Oriented Database System Manifesto«, *Proceedings of the Deductive and Object-Oriented Database Conference*, 40–57 Kyoto, Japan.
- Baarda, W. (1967): »Statistical Concepts in Geodesy«, *Publications on Geodesy New Series 2(4)*, Netherlands Geodetic Commission, Delft, The Netherlands.
- Bauer, K.W. (1982): »Problems of Political Support at the Local Level for the Development of Technically Sophisticated Land Information Systems«, *Proceedings of the International Symposium on Land Information at the Local Level*, Aug 9–12, 13–24, Orono, Maine.
- Bomford, G. (1975): *Geodesy*, Clarendon, Oxford.
- Boosler, J.D. (1987): »Geographical Information Systems and NAD 83«, *Proceedings of the International Geographic Information Systems (IGIS) Symposium*, Nov 15–18, Vol. 2, 297–304, Arlington, Virginia.
- Buyong, T.B., and Frank, A.U. (1989): »Measurement-Based Multipurpose Cadastre«, *Proceedings of the ACSM/ASPRS Annual Convention*, Apr 2–7, Vol. 5, 58–66, Baltimore, Maryland.
- Buyong, T.B., and Kuhn, W. (1990): »Local Adjustment for Cadastral Measurement Databases«, *Proceedings of the ACSM/ASPRS Annual Convention*, March 18–23, Vol. 3, 19–27, Denver, Colorado.
- Chrisman, N. (1984): »The Role of Quality Information in the Long-Term Functioning of a Geographic Information System«, *Proceedings of the 6th International Symposium on Computer Assisted Cartography*, 303–312, Washington D.C.
- Curry, S., and Sawyer, I. (1989): »STAR*NET: Rigorous 2D and 3D Network Adjustment Program«, *Proceedings of the ACSM/ASPRS Annual Convention*, April 2–7, Vol. 269–277, Baltimore, Maryland.
- Dale, P.F., and McLaughlin J.D. (1988): *Land Information Management*, Oxford University Press, New York.
- Dueker, K.J. (1987): »Multi-Purpose Land Information Systems: Technical, Economic and Institutional Issues«, *Proceedings of the 8th International Symposium on Computer-Assisted Cartography*, Mar 29-Apr 3, 1–11, Baltimore, Maryland.
- Elfick, M.H. (1989): »Management of Land Boundary Information«, *Proceedings of the 31st Australian Survey Congress*, 103–113, Hobart, Australia.
- Ethridge, M.M. (1989): »Does the National Geodetic Reference System Need to be Upgraded?«, *Point of Beginning*, 1989, October/November, 26–34.
- Frank, A.U., and Kuhn, W. (1986): »Cell Graphs: A Provable Correct Method for The Storage of Geometry«, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Spatial Data Handling*, Jul 5–10, 411–436, Seattle, Washington.

- Frank, A.U., and Studemann, B. (1986): »Datenstruktur von Messdaten«, Paper presented at the International Course for Engenering Surveys, Graz, Austria.
- Friedley, D. (1989): »Digital Cadastral Mapping Maintenance Issues in Local Government LIS/GIS Programs.« Paper presented at the URISA Annual Conference, Aug 6-10, Boston, Massachusetts.
- Goodchild, M.F., and Gopal, S. Ed. (1989): *The Accuracy of Spatial Databases*, Taylor & Francis, New York.
- Grundig, L., and Bahndorf J. (1984): »Accuracy and Reliability in Geodetic Network – Program System OPTUN«, *Journal of Surveying Engineering*, Vol. 110, no. 2, 133-145.
- Halmos, F., I. Kadar, and Karsay, F. (1974): »Local Adjustment by Least Squares Filtering«, *Bulletin Geodesique*, 111, 21-51.
- Hebblethwaite, D.H. (1989): »Concepts for Coping with a Shifting Cadastral Model.« *The Australian Surveyor*, Vol. 34, no. 5, 486-493.
- Herot, C.F. (1982): »Graphical User Interfaces«, in *Human Factors and Interactive Computer Systems*, edited by Y. Vassiliou, 83-103, Alex, Norwood.
- Hesse, W., Benwell, G.L., and Williamson, I.P. (1990): »Optimizing, Maintaining and Updating the Spatial Accuracy of Digital Cadastral Databases«, *The Australian Surveyor*, Vol. 35, no. 2, 109-119.
- Hintz, R.J., Blackham, W.J., Dana, B.M., and Kang, J.M. (1988): »Least Squares Analysis in Temporal Coordinate and Measurement Management«, *Surveying and Mapping*, Vol. 48, no. 3, 173-183.
- Hintz, R.J., Onsrud, H.J. (1990): »Upgrading Real Property Boundary Information in a GIS.«, *URISA Journal*, Vol. 2, no. 1, 2-10.
- Jackson, J.P. (1990): »Developing an Effective Human Interface for Geographical Information Systems Using Metaphors.« *Proceedings of the ACSM/ASPRS Annual Conference*, Mar 18-23, Vol. 3, 117-125, Denver, Colorado.
- Jacobi, Ole (1988): »Error Propagation in Digital Maps«, *Proceedings of the XVI Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, Jul 1-10, Vol. 3, 348-356, Kyoto, Japan.
- Kjerne, D., and Dueker, K.J. (1988): »Modelling Cadastral Spatial Relationship Using Smalltalk-80«, *Proceedings of the GIS/LIS'88 Conference*, Nov 30-Dec 2, Vol. 1, 373-385, San Antonio, Texas.
- Kolbl, O. (Ed.) (1987): »Proceedings of the Workshop on Cadastral Renovation«, Ecole Polytechnique Federale, Lausanne, Switzerland.
- Kuhn, W. (1990): »From Constructing Towards Editing Geometry«, *Proceedings of the ACSM/ASPRS Annual Convention*, Mar 18-23, Vol 1, 153-164, Denver, Colorado.
- Masters, E.G. (1988): »Upgrading a Digital Graphic Database«, *Proceedings of the URPIIS 16*, 384-391, Sydney, Australia.
- Mephram, M.P., and Krakiwsky, E.J. (1984): »CANDSN: Computer Aided Network Design and Adjustment System«, *The Canadian Surveyor*, Vol. 38, no. 2, 99-114.
- Mikhail, E.M. (1976): *Observations and Least Squares*, Dun-Donnelly, New York.
- Moreno, R.J., and Onsrud H.J. (1990): »Legally Supportable Cadastral Information System«, *Proceedings of the ACSM/ASPRS Annual Convention*, Mar 18-23, Vol. 1, 275-279, Denver, Colorado.
- National Geodetic Survey (1986): *Geodetic Glossary*, Department of Commerce, Rockville, Maryland.
- National Research Council (1980): *Needs for a Multipurpose Cadastre*, National Academy Press, Washington DC.
- National Research Council (1983): *Procedures and Standards for a Multipurpose Cadastre*, National Academy Press, Washington DC.
- National Science Foundation (1985): »Report of The Workshop on Fundamental Research Needs in Surveying, Mapping, and Land Information Systems«, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Parent, P., Joffe, B., and Finkle, R. (1989): »Estimating the Cost of Building Your AM/GIS Database«, *Proceedings of the GIS/us'89*, Nov 26-30, Vol. 1, 143-151, Orlando, Florida.

- Pope, A.J. (1976): »The Statistics of Residuals and the Detection of Outliners«, NOAA Technical Report NOS 65, NGS 1, Department of Commerce, Rockville, Maryland.
- Robinson, V.B., and Frank, A.U. (1985): »About Different Kinds of Unvertainty in Collections of Spatial Data«, *Proceedings of the 7th International Symposium on Computer Assisted Cartography*, Mar 11-14, 440-449, Washington D.C.
- Schwarz, C.R. (1989): *North American Datum of 1983*, National Geodetic Survey, Rockville, Maryland 1989.
- Scott, C.M. (1987): »Land Base Maintenance«, *Proceedings of the AM/FM International Conference X*, Jul 20-23, 299-302, Snowmass, Colorado.
- Schneiderman, B. (1987): *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Addison-Wesley, New York.
- Thompson, R.W. (1988): »The Reality of Data Conversion«, *Proceedings of the AM/FM International Educational Conference XI*, Jul 18-21, 664-671, Snowmass, Colorado.
- Vonderohe, A.P. and Hintz, R.J. (1987): »Automated a priori Blunder Detecton in Hirozontal Control Networks«, *Surveying and Mapping*, Vol. 47, no. 4, 259-268.
- Weitzmann, E. (1989): »Measurement Database for Property Mapping«, Paper Presented at the URISA Annual Conference, Aug 6-10, Boston, Massachusetts.
- Wentworth, M.J. (1989): »Implementation of a GIS Project in a Local Government Environment: The Long and Winding Road«, *Proceedings of the URISA Annual Conference*, Aug 6-10, Vol. 2, 198-209, Boston, Massachusetts.

A CONCEPTUAL MODEL OF MEASUREMENT-BASED MULTIPURPOSE CADASTRAL SYSTEMS

A measurement-based multipurpose cadastral system uses measurements as the basic carrier of metric information. This concept is realized by allowing the processing of the measurements to be suspended until metric information is needed. Least squares adjustment is the tool used to process the measurements and a direct manipulation user interface provides appropriate interaction with the system. A measurement database furnishes convenient management of measurements and related data. The advantages of a measurement-based system include incremental implementation, easy of updating, improvement of accuracy over time, correct integration of data layers, and preservation of background information.