

UDK 91:528:629.783 GPS: 659.2.011.56
681.3:65.012.45 GIS
Prethodno priopćenje

INTEGRIRANJE GPS PODATAKA U GIS

Zdravko GALIĆ – Zagreb*

SAŽETAK. U preglednom obliku predloženo je jedno idejno rješenje programske podrške za integriranje prostornih podataka zahvaćenih pomoću GPS tehnologije u GIS okoliš. Ukratko su opisane relevantne GPS metode mjerenja, istaknute dvije tehnike apstrakcije kojima se umanjuje složenost modeliranja u GIS-u, problem transformiranja koordinata, kao i sustavni čimbenici koji su utjecali na pristup predloženom rješenju.

1. UVOD

Izgradnja geoinformacijskih sustava (GIS) zasigurno je jedna od složenih oblasti u kojoj je potrebno riješiti više ozbiljnih stručnih i tehničkih problema. Samo neki od tih problema su na zadovoljavajući način riješeni u drugim tehnologijama, kao što su sustavi za upravljanje bazama podataka (DBMS) ili računarski podržano projektiranje (CAD). Naime, osnovna namjena GIS-a je radikalno promijenjena u odnosu na vrijeme kada se smatralo da mu je primaran zadatak tzv. »digitalna kartografija«. I dok je »digitalna kartografija« jedan od ciljeva suvremene kartografije uopće, GIS je u principu namijenjen za modeliranje i analizu geografski povezanih resursa odnosno (prostornih) podataka, s mogućnošću manipuliranja tim podacima u različitim oblicima, kao i dobivanja njihovog dodatnog značenja (Goodchild, 1987).

Temeljne poteškoće u izgradnji GIS-a su prouzročene izuzetno velikom količinom prostorno povezanih podataka, samom njihovom prostornom strukturom i širokim spektrom različitih aplikacijskih zahtjeva nad tim podacima. Ove poteškoće izazivaju različite probleme koji se mogu klasificirati u sljedeće četiri grupe (Newell, 1989.):

- prikupljanje podataka
- performanse cjelokupnog sustava
- prilagodba konkretnoj primjeni
- integracija s drugim sustavima.

Za većinu primjena u kojima se zahtijeva krupnije mjerilo, potrebno je imati na raspolaganju dobro struktuirane i vektorizirane planove (karte). Za takve primjene, potrebna točnost može biti u opsegu od nekoliko centimetara do npr. 1 metra. Za potrebe prikupljanja podataka, do sada su se uglavnom koristile četiri

* Dr. Zdravko Galić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb.

metode, a za ilustraciju navodimo i njihovu cijenu i točnost za mjerilo 1:1000 (Konecny, 1989.):

	cijena [\$/km ²)	točnost
– klasični premjer	10000	cm
– fotogrametrijski premjer	4000	dm
– digitalizacija	1000	m
– skaniranje	500	m

Pored očevidne razlike u omjeru cijena/točnost, sljedeći problem kod korištenja nekih metoda je prikupljanje topoloških informacija. Nedostatak odgovarajućih kvalitetnih rješenja za zahvatanje topoloških informacija može prouzročiti izuzetno sporu implementaciju GIS-a. Značajan napredak je postignut korištenjem skaniranja i vektorizacije (Nimz, 1988.), a primijetan je i razvoj posebnih, topoloških editora (Visvalingan et al., 1986.). Naročite poteškoće se javljaju kod korištenja deformiranih planova i karata kao izvora podataka zbog njihove umanjene pouzdanosti i točnosti.

S druge strane, GPS (Global Positioning Systems – globalni pozicijski sustavi) tehnologija se, zbog svoje ekonomičnosti i točnosti u određenim fazama prikupljanja i ažuriranja podataka, nameće kao potencijalno djelotvorna. Ova tehnologija se u izgradnji GIS-a upotrebljava uglavnom na sljedeća tri načina:

- osnovni geodetski radovi
- premjer za potrebe izrade planova i karata kao izvora informacija za GIS
- direktno prikupljanje podataka za GIS.

Korištenje GPS tehnologije za potrebe osnovnih geodetskih radova u domaćoj je literaturi detaljno obrađeno (Bilajbegović, 1991. kao i radovi Bilajbegović i Solarić, 1990. itd.). Kako se i u okviru znanstvenog projekta »Osnovni geodetski radovi prostornog informacijskog sustava Republike Hrvatske« istraživanja uglavnom obavljaju u jednoj specifičnoj domeni primjene ove tehnologije, eksperimentalnim istraživanjem smo pokušali realizirati vlastiti prototip sustava za integriranje GPS podataka u jedan GIS. Dio rezultata tih istraživanja je i predmet razmatranja u ovom radu.

2. GPS METODE MJERENJA U POSTUPKU PRIKUPLJANJA PODATAKA ZA GIS

Satelitski globalni pozicijski sustavi (GPS) i GPS uređaji omogućuju određivanje položaja točaka na Zemlji, odnosno određivanje i mjerenje:

- *koordinata točaka* u Svjetskom geodetskom koordinatnom sustavu WGS'84 (u odnosu na centar mase Zemlje – težište)
- *koordinatnih razlika* između dviju ili više točaka (istodobnim mjerenjem u diferencijalnom načinu rada).

Metode rada s GPS uređajima mogu biti:

- *statička*, kada prijamnici miruju za vrijeme mjerenja; vrijeme mjerenja se kreće u intervalu od 15 min. do nekoliko sati, što ovisi o udaljenosti točaka i potrebnoj točnosti.
- *kinematička*, kada se prijamnik (antena) prenosi od točke do točke, tako da se kontinuirano primaju signali sa satelita.

Osim ovih dviju osnovnih metoda rada s GPS uređajima, razvijene su i brza statička metoda (Rapid Static), korak i idi (Step & Go), pseudokinematička (Pseudokinematic), itd.

Sa jednim GPS prijamnikom mogu se direktno odrediti koordinate točke u Svjetskom geodetskom sustavu WGS'84 s projektiranom točnošću od 2 do 10 m za Pi kôd, odnosno od 20 do 200 m za C/A kôd. Ta točnost položajnog određivanja za potrebe GIS-a često je nedovoljna, stoga se koristi određivanje (mjerenje) koordinatnih razlika (Gibbons, 1990.). Naime, mjerenjem koordinatnih razlika između 2 ili više GPS uređaja, može se postići znatno veća točnost. Tako se na primjer u statičkom modu rada postiže točnost od 1 m do 5 mm + 1 ppm, a u kinematičkom modu rada od 3 m do 1 cm + 1 ppm, što naravno ovisi i o vrsti GPS uređaja i proizvođača. Takva točnost određivanja koordinatnih razlika je u većini slučajeva zadovoljavajuća za potrebe prikupljanja podataka za GIS.

Budući da se za potrebe GIS-a mora skupljati velika količina podataka, to je ekonomski optimalna primjena kinematske metode u realnom vremenu (RTK – Real-time Kinematic) (Quirion, 1993.) Ta metoda mjerenja slična je standardnoj kinematskoj metodi, a za njenu realizaciju potrebna je telemetrijska veza s GPS uređajem na osnovnoj referentnoj stanici.

Treba istaknuti kako danas većina komercijalno raspoloživih GPS sustava za premjer, odnosno za prikupljanje informacija, posjeduje mogućnost unosa alfanumeričkih podataka (atributa) za snimljene objekte, što je od posebne važnosti kod direktnog prikupljanja podataka za GIS.

3. GIS OKOLIŠ

Za potrebe ovog dijela istraživanja korišten je sustav modularnog GIS okoliša (Modular GIS Environment System – MGE/SX) na radnoj stanici CLIPPER s operacijskim sustavom CLIX (Inergraphova implementacija AT&T Unix System V). Ovaj sustav omogućuje:

- definiranje GIS projekata
- unos prostornih podataka
- prostornu analizu
- upravljanje prostornim podacima
- prikaz prostornih podataka.

Softverski proizvodi pomoću kojih je izgrađen ovaj sustav, prikazani su na slici 1:

MGE Basic Administrator (MGAD)	MGE Base Mapper (MGMAP)
MGE Basic Nucleus (MGNUC)	
Relational Interface System (RIS)	MicroStation
INFORMIX RDBMS	
UNIX (CLIX)	

Slika 1. MGE softverska struktura

Korišteni sustav ne posjeduje eksplicitnu podršku za integriranje GPS podataka, jer (prema Intergraph, 1993.a) izvori prostornih informacija iz kojih je moguće obaviti prikupljanje podataka jesu:

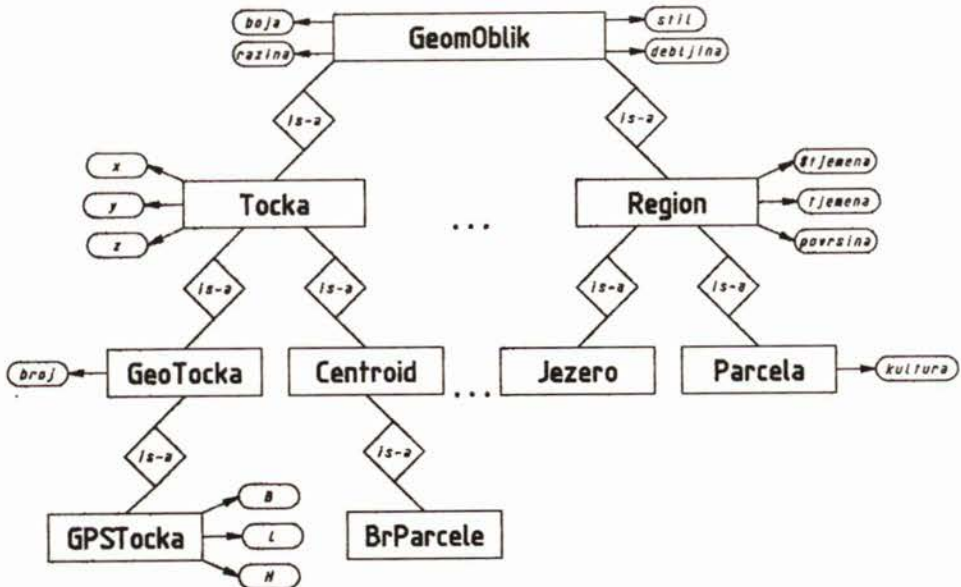
- klasični planovi i karte
- aerofotogrametrijski i satelitski snimci
- grafički podaci u digitalnom obliku (TIGER, DIME, MicroStation)
- tekstualni podaci.

3.1. Modeliranje podataka

Proces preslikavanja realnog svijeta, onako kako ga vidi korisnik, u bazu podataka ili GIS, naziva se *konceptualno projektiranje*. *Konceptualna shema*, kao rezultat projektiranja, morala bi obuhvatiti sve relevantne entitete (objekte), odnose među njima, kao i *uvjete integriteta* u jednoj globalnoj i konzistentnoj reprezentaciji. Ova shema modelira konkretnu aplikaciju baza podataka na *metainformacijskoj* razini i integralni je dio projekta u GIS-u. Zapravo, ona definira ispravnu reprezentaciju realnog svijeta, ali ne i trenutačno stanje baze podataka odnosno GIS-a. Model podataka koji se koristi u ovom procesu naziva se *semantički model*, za razliku od *implementacijskog modela* koji može biti relacijski, objektno-orientirani, ili neki drugi (Galić, 1991.).

Za potrebe reduciranja kompleksnosti aplikacija, u procesu modeliranja, odnosno konceptualnog projektiranja, koriste se određeni oblici apstrakcije. Apstrakcijom se model realnog svijeta, koji treba reprezentirati, dekomponira u *hijerarhiju apstrakcija*, kombinaciju agregacija i generalizacija (Alagić, 1988.). Kako je za razumijevanje modeliranja, ne samo u korištenom GIS okolišu, nego i u nekim drugim GIS sustavima, od posebnog značenja generalizacija, definirat ćemo je prema Smithu, (1977.): *generalizacija je apstrakcija koja omogućuje klasi pojedinih entiteta da bude generički zamišljena kao jednostavan entitet*.

Dakle, generalizacija se koristi radi grupiranja sličnih entiteta koji mogu biti opisani njihovim generičkim tipom. Na taj način su nerelevantni atributi pojedinač-



Slika 2. Shematski prikaz primjera generalizacije

nih entiteta izostavljeni u generičkom tipu entiteta, tj. generički tip posjeduje atribute koji su zajednički za sve pojedinačne entitete. Kolekcija pojedinačnih entiteta (podtipova entiteta) $E_{ind}^1, \dots, E_{ind}^n$ u shemi opisana je jednim entitetom E_{gener} . U tom slučaju, E_{ind}^i su uzajamno disjunktivi tipovi entiteta, tj.:

$$E_{ind}^i \cap E_{ind}^j = 0 \quad \text{za } 1 \leq i, j \leq n, i \neq j.$$

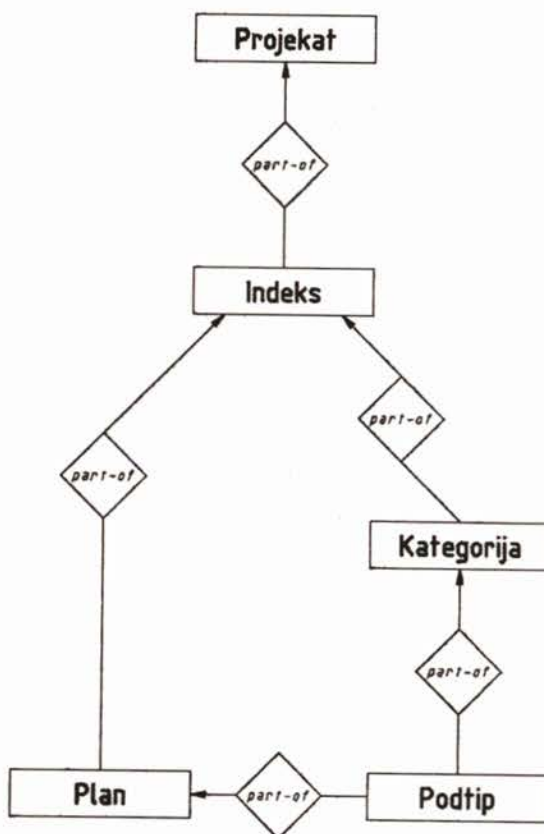
Stoga generalizacija modelira tzv. is-a (je) odnos koji znači da entitet e_{ind} tipa E_{ind}^i is-a (je) entitet tipa E_{gener} , odnosno njegov *podtip*.

Agregacija je oblik apstrakcije kojom se entiteti tipova modeliraju kao jedan entitet na višoj razini. Važan odnos među entitetima na nižoj razini i novim tipom entiteta je tzv. *part-of* (*dio-od*) odnos kojim se definira da je entitet na višoj razini komponiran od entiteta na nižoj razini. Tako se *part-of* agregacijom često oblikuje *hijerarhija agregacija* (sl. 3).

Prostorne informacije u korištenom GIS okolišu reprezentiraju se dvojako:

- u grafičkoj formi kao *planovi* (*karte*)
- u negrafičkoj formi kao *tabele*.

Grafičke informacije su fizički pohranjene u MicroStation datotekama (engl. MicroStation design files), a svaki prostorni objekt je na planu, kao i na razini



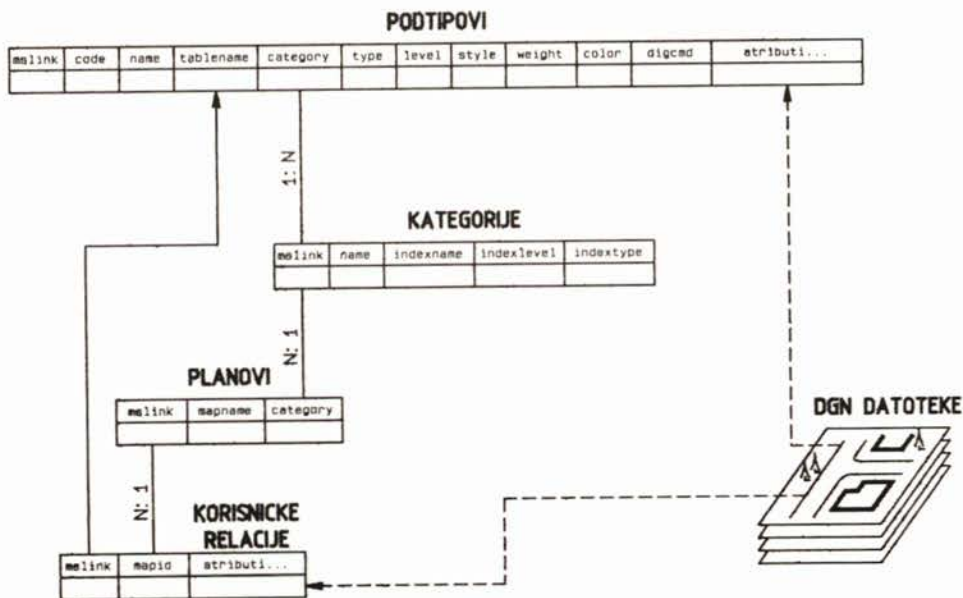
Slika 3. Agregacija sistemskih entiteta

cijelog sustava, reprezentiran (generaliziran) kao podtip jednog od sljedećih generičkih tipova entiteta:

- točka
- linija
- ograničena površina (region, poligon)
- centroid
- oznaka (tekst)
- nedefiniran (od strane sustava; korisnički definiran)

(Ovdje treba istaknuti da se u korištenom GIS-u, kao i u nekim drugim sustavima, umjesto podtip generičkog tipa entiteta, koristi engleski izraz *feature*, a za generički tip entiteta *feature type*.) Skup primjeraka jednog ili više podtipova generičkih entiteta čini jedan plan (kartu), a svi primjerci jednog podtipa obično se nalaze na jednoj *razini* (engl. level, layer) u MicroStation datoteci. Različiti podtipovi se mogu zajedno s jednim ili više planova (datoteka), s kojima su prostorno ili tematski povezani, logički spojiti u *kategoriju*. Po istom kriteriju, kategorije se grupiraju u *indekse*, a skup indeksa logički definira jedan *projekt*. (sl. 3).

Vežu izmisliti grafičkih i negrafičkih informacija korisnik ostvaruje tako, što u procesu definiranja entiteta, koji su podtipovi generičkog tipa, kreira tablicu atributa (relaciju) za taj podtip. Pored naziva tog entiteta, koji mora biti jedinstven u okviru skupa toga podtipa, definira se njegov generički tip (točka, linija, ..., korisnikov tip), kategorija, tip indeksa itd. Definiranje projekta podrazumijeva i kreiranje relacije koja sadrži attribute za sve kasnije kreirane entitete, vezu s relacijom kategorija, kao i vezu s relacijom koju je definirao korisnik, a koja sadrži sve negrafičke attribute svakog pojedinog entiteta (sl. 4).



Slika 4. Sustavna povezanost različitih oblika prostornih informacija (dio)

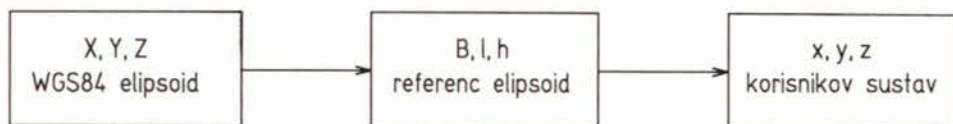
4. TRANSFORMIRANJE PODATAKA I PROGRAMSKA PODRŠKA

Većina GPS sustava namijenjenih za prikupljanje podataka, pored prostornih atributa (koordinata točaka), omogućuje i zapisivanje ostalih relevantnih atributa objekata. Obje vrste atributa moraju se transformirati u oblik u kojem se fizički reprezentiraju u GIS-u, pa postupak transformiranja čine:

- transformacija GPS koordinata u ravninu projekcije definirane za projekt
- implementiranje grafičke reprezentacije snimljenih objekata
- unos/ažuriranje (negrafičkih) atributa odgovarajućih relacija.

4.1. Transformacija koordinata

Definiranje *projekta* podrazumijeva i definiranje geodetskog datuma, elipsoida, kao i koordinatnog sustava (u našem slučaju Gauss-Krügerova projekcija). Kako je GPS tehnologija utemeljena na WGS84 datumu, potrebno je obaviti transformaciju koordinata u korisnikov koordinatni sustav. Opći model transformacije koordinata prikazan je na slici 5.



Slika 5. Opći model transformacije koordinata

Poznato je da se za definiranje zemaljskog koordinatnog sustava koriste zapravo dva referentna sustava: elipsoid za položajno definiranje i geoid za visinsko definiranje. Odnos između ovih dvaju sustava definiran je undulacijom geoida, tj. razlikom visina geoida u odnosu na elipsoid. U općem slučaju, za transformaciju koordinata iz jednog prostornog pravokutnog sustava u drugi pravokutni sustav, potrebno je odrediti tri translacije i tri rotacije koordinatnih osi te jedan faktor mjerila. Ovi parametri definiraju tzv. *7-parametarsku* transformaciju.

Državni koordinatni sustav Republike Hrvatske definiran je na temelju 36 točaka stare austrougarske triangulacije. Kako su mjerenja u ovoj triangulacijskoj mreži izvedena potkraj prošloga i na početku ovoga stoljeća (Bilajbegović, 1993.) razmotren je problem orijentacije koordinatnih osi državnog koordinatnog sustava u odnosu na globalni geocentrični koordinatni sustav WGS84 i navedeni u transformacijski parametri za prijelaz iz WGS84 koordinatnog sustava u državni koordinatni sustav za jedan dio Republike Hrvatske. Zbog nehomogenosti državne mreže i nedovoljnog broja točaka u WGS84 sustavu, transformacijski parametri se moraju definirati za pojedinu regiju (Bilajbegović, 1993.) odnosno GIS projekt.

4.2. Programska podrška za pretvorbu podataka

S obzirom na raspoloživi skup generičkih tipova u datom sustavu, očividno je da je GPS tehnologijom moguće obaviti direktno zahvatanje prostornih atributa onih objekata koji su podtipovi ili agregacija jednog ili više predefiniраниh tipova: točka, linija i ograničena površina. Ovo stoga, što se GPS mjerenjem određuju

koordinate jedne točke, a linija i ograničena površina (region) su definirani s najmanje dvije odnosno tri točke. Također, moguće je i direktno zahvatanje podataka onih objekata koji su podtip generičkog tipa što ga je definirao korisnik za svoje potrebe. S druge strane, raspoloživi skup generičkih tipova entiteta, utemeljen je i na činjenici da dio sustava za upravljanje i manipuliranje podacima u grafičkom obliku (MicroStation, sl. 1), posjeduje i sljedeće *elemente* [Intergraph, 1993.b):

```

...
typedef struct {
    long    x;
    long    y;
    long    z;
} Point3d;

typedef struct {
    Elm_hdr   ehdr;           /* zaglavlje elementa */
    Disp_hdr  dhdr;           /* zaglavlje prikaza elementa */
    Point3d   start;          /* pocetna tocka *.
    Point3d   end;            /* krajnja tocka */
} Line_3d;

typedef struct {
    Elm_hdr   ehdr;
    Disp_hdr  dhdr;
    short     numvert;        /* broj tjemena */
    Point3d   vertice[1];     /* niz tjemena */
} Line_String_3d;           /* i ogranicena povrs */
(1)

typedef struct {
    Elm_hdr   ehdr;
    Disp_hdr  dhdr;
    byte      font;
    ...
    char      string[1];     /* niz znakova */
} Text_3d;

typedef struct {
    Elm_hdr   ehdr;
    Disp_hdr  dhdr;
    short     signature;
    ...
    ...                       /* aplikacijski specificni tipovi */
    ...
} Ms_appdata;
...

```

MDL (MicroStation Development Language) je primarni programski okoliš za razvoj aplikacija u korištenom GIS sustavu. Utemeljen je na ANSI standardu programskog jezika C, a značajno proširenje čini izuzetno bogat skup funkcija

koje omogućuju razvoj grafičkih aplikacija, kao i pristup sučelju prema relacijskim bazama podataka (RIS, sl. 1). RIS (Relational Interface System) je generičko SQL sučelje prema bazi podataka (DB2, INFORMIX, Ingres, Oracle, Rdb i Sybase). Aplikacija komunicira s RIS-om (predaje mu npr. SQL upit) koji prevodi u protokol razumljiv od strane konkretnog sustava baza podataka. Poslije izvršene radnje nad bazom podataka, protokol se odvija u suprotnom smjeru i rezultat te radnje predaje se aplikaciji.

Objekti za koje su prikupljeni podaci GPS tehnologijom, programskom podrškom moguće je preslikati u grafičke elemente i fizički pohraniti u pripadnu MicroStation datoteku. Ovo preslikavanje je u potpunosti utemeljeno na predočnim grafičkim elementima (1). Isto tako, za svaki objekt se unose/ažuriraju negrafički atributi u relaciji (KORISNIČKE RELACIJE, sl. 4). Opći algoritam na kojemu se temelji programska podrška za pretvorbu i unos GPS podataka u MGE sustav opisat ćemo u apstraktnoj formi sljedećom C-funkcijom:

```
void gps_2_gis (void) {
    boolean entiteti_obrađeni;
    . . .
    opci_setup ();
    do {
        ucitaj_entitet ();
        transformacija ();
        nadji_dgn_i_relacije ();
        unesi_entitet_u_dgn ();
        azuriraj_relacije ();
    } while (!entiteti_obrađeni);
    opci_cleanup ();
    . . .
}
```

5. ZAKLJUČAK

Prikupljanjem prostornih atributa podataka za potrebe izgradnje i održavanja GIS-a upotrebom modernih sustava utemeljenih na GPS tehnologiji, moguće je, u određenim fazama tog postupka, ostvariti značajne uštede uz zadovoljavajuću točnost. U postupku integriranja podataka, ukoliko se ne posjeduje odgovarajuća softverska podrška, treba riješiti problem njihove pretvorbe i ugradbe u interni oblik za GIS. Iako je kod malog broja sustava moguće obaviti pretvorbu podataka zbog nepostojanja GIS standarda, što je jedna od općih poteškoća u ovoj oblasti, problem se u principu rješava za svaki sustav posebno.

Kao što je i predočeno u radu, rješenje ovog problema u velikoj mjeri ovisi o arhitekturi sustava, modelu podataka i njegovoj fizičkoj realizaciji. U svakom slučaju, pažljivom analizom problema, detaljnim poznavanjem sustavnih osobina, raspoloživošću potrebnih sredstava za razvoj aplikacija, ovaj problem treba riješiti tako da se što je moguće više uklopi u opću prilagodbu sustava konkretnoj aplikaciji odnosno namjeni GIS-a.

6. ZAHVALA

Zahvaljujem Ministarstvu znanosti Republike Hrvatske na financijskoj potpori istraživanja u sklopu znanstvenog projekta »Osnovni geodetski radovi prostornog informacijskog sustava Republike Hrvatske«, posebice voditeljima projekta, kolegama s Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu: prof. dr. Miljenku Solariću i prof. dr. Asimu Bilajbegoviću, koji su svojom potporom i razumijevanjem inicirali i omogućili predočena istraživanja.

LITERATURA

- Alagic, S. (1988.): Object-Oriented Database Programming, Springer-Verlag, New York.
- Bilajbegović, A., Solarić M. (1990.): GPS tehnologija u službi izvođenja i održavanja premjera, Savjetovanje »Katastar nepokretnosti«, Ilidža, Zbornik radova, 241–251.
- Bilajbegović, A., Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. (1991.): Osnovni geodetski radovi – suvremene metode – GPS, Tehnička knjiga, Zagreb.
- Bilajbegović, A. (1993.): Istraživanje ovisnosti parametara transformacije koordinata o njihovim težinama, 38. međunarodni godišnji skup KoREMA, Zbornik radova, 1. svezak, 362–366.
- Galić, Z. (1991.): Principi programiranja i baza podataka, Rukopis udžbenika, Sarajevo.
- Gibbons, G. (1990.): On track with GPS, GPS world.
- Goodchild, M.F. (1987.): A Spatial Analytical Perspective on Geographical Information Systems, International Journal of GIS, Vol. 1, No. 4.
- Intergraph Corporation (1993.a): MGE Basic Nucleus, Vol. I, Huntsville, Alabama.
- Intergraph Corporation (1993.b): MicroStation Development Language, Huntsville, Alabama.
- Konecny, G. (1989.): Current Status of Geographic and Land Information Systems, Keynote address, AM/FM Newsletter, Vol. 4, No. 1.
- Newell, R.G., Theriault, D.G. (1989.): Ten Difficult Problems in Building a GIS, Smallworld Technical Paper 1, Smallworld Systems Ltd., Cambridge, England.
- Nimz, H. (1988.): Scanning und Vectorisierung – Software zur Erfassung von Katasterplanwerken, Proc. AM/FM European Conference IV.
- Quirion, C. (1993.): Real-time Kinematic: Practical Survey Applications of Advanced GPS Technology, GIM, Vol. 7, 79–82.
- Smith, J.M., Smith, D.C.P. (1977.): Database Abstractions: Agregation and Generalisation, ACM Transactions on Database Systems, Vol. 2, 2, 105–133.
- Visvalingam, M., Wade, P., Kirby, G.H. (1986.): Extraction of Area Topology from Line Geometry, Proc. Auto-Carto, London.

INTERGRATION OF GPS DATA INTO GIS

The paper overviews an approach to build software support for integration of spatial data captured by GPS technology into one particular GIS environment. The relevant GPS methods of surveying, two abstractions for decreasing modelling complexity in GIS environment, as well as in several other systems, and the important aspects of the system influence on software design are also presented.

Primljeno: 1994–07–18