

UDK 007:681.3:656.1
Prethodno saopćenje

OPTIMALNO KORIŠTENJE PROMETNICA NA PODRUČJU RZ ALPE—JADRAN POMOĆU AUTOMOBILSKOG INFORMACIJSKOG SISTEMA (AIS)

Adrijana CAR — Grac*

SAŽETAK. *Automobilski informacijski sistemi (AIS) nastali su kao potreba reguliranja sve kaotičnijeg stanja u prometu. Uz upotrebu najsuvremenije kompjutorske tehnologije stvoreni su inteligentni sistemi koji bi trebali preuzeti ili ulogu aktivnog suvozača, ili ulogu tzv. prometnog informacijskog sistema (PIS). U Evropi, a i u svijetu, postoji već nekoliko industrijskih rješenja, koja čak dostižu razinu prototipa (Travelpilot, Carin, ...).*

U članku je opisan razvoj takvog jednog sistema, koji je, pod nazivom AIS, nastao na Odjelu MGGI. Na početku, riječ je općenito o AIS-u (nastanak, svrha, podjele), a zatim se daje pregled njegovih osnovnih funkcija: pozicioniranje, određivanje optimalne rute i navođenje na cilj. U nastavku je predstavljeno prvobitno nastalo testno područje Graz — Innere Stadt. Zatim slijedi detaljan opis testnog područja Alpe — Jadran, s posebnim osvrtom na sličnosti i razlike tih dvaju testnih područja, lokalnog i regionalnog.

1. UVOD

U velika otkrića ovog stoljeća svakako spada otkriće motornog vozila, koje je s vremenom postalo naprosto nezamjenjivo transportno sredstvo, kako ljudi, tako i materijalnih dobara.

Automobil pruža, kao nijedno drugo (kopneno) transportno sredstvo, slobodu u izboru ciljeva, putova i brzina. No, ta dobra svojstva izazivaju sve veće probleme: promet je sve gušći, brzine rastu, velik broj žrtava i nenadoknadv materijalna šteta u nebrojenim nesrećama, ekološki problemi. Ti i bezbroj drugih problema zaokupljaju znanstvenike širom svijeta. Kao rezultat

* Adrijana Car, dipl. inž. geodezije, Institut za teoretsku geodeziju Tehničkog Sveučilišta u Gracu, Odjel za matematičku geodeziju i geoinformatiku (MGGI), Steyrergasse 30, A-8010 Graz.

Ovaj se članak temelji na znanstvenom radu nastalom u vremenu od 01. 03. do 30. 06. 1990. na prethodno spomenutom Odjelu MGGI u okviru stipendije koju mi je dodijelila austrijska pokrajina Štajerska kao članica RZ *Alpe-Jadran* (vidi Car 1990).

Na poziv Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu A. Car održala je predavanje pod istim naslovom u Zagrebu 26. 11. 1990.

njihovih istraživanja nastali su tzv. automobilski informacijski sistemi (AIS), čiji je razvoj (bio) moguć samo uz pomoć najsuvremenije kompjutorske tehnike. Zadaća tih inteligentnih sistema je višestruka: pružiti pomoć i savjet vozaču, osigurati potrebne sigurnosne uvjete u prometu, rasteretiti prometnu mrežu, stvoriti ekonomičnija prometna pravila, te voditi računa o ekološkim problemima (npr. racionalizacija goriva).

Ta problematika nije mimošla ni našu sredinu. Idejni začetnik projekta pod imenom AIS jest profesor Hans Sünkel s odjela MGGI Instituta za teoretsku geodeziju Tehničkog sveučilišta u Gracu, a u njegovoj realizaciji pored doc. dr. N. Bartelmea i dr. M. Wiesera sudjeluje i nekolicina studenata izradom diplomskih (vidi Car 1989, Grick 1989, Sand 1989) i seminarskih radova (vidi Stückelberger 1990), te Geodetska uprava Graca.

Projekt AIS predstavlja, između ostalog, specifično područje tzv. geoinformacijskih sistema (GIS)*. U njegovu razvoju primjenjuju se područja matematičke geodezije i ona vezana uz kompjutorsku grafiku.

2. AIS OPĆENITO

AIS-e možemo podijeliti u dvije osnovne grupe.

Navigacijski sistemi imaju zapravo ulogu *aktivnog suvozača*. Njihove osnovne funkcije su pozicioniranje, određivanje optimalne rute, te navođenje na cilj (navigacija). Od njih se traže odgovori na slijedeća pitanja: *Gdje se nalazim?, Gdje leži moj cilj?, Vožnja kojim ulicama je optimalna?, U kojem smjeru na slijedećem raskršću skrenuti?, Koje mogućnosti zaobilaznja postoje?*

Ove sisteme možemo podijeliti u dvije podgrupe (vidi Car 1989):

samostalni sistemi: kompletni softver i hardver (npr. ekran, CD-player, vidi Wright 1990, računalo) i pomoćni uređaji (npr. elektronički kompas, senzori na kotačima, ...) ugrađeni su u vozilo, a zadovoljavaju obično sve tri prethodno navedene funkcije;

sistemi s potporom izvana: primaju izravno u *cocpit* signale koje emitiraju sateliti (GPS, vidi Gantz 1990, Hein 1989, Lang 1990), odašiljači ugrađeni u stupove uz rub ceste, te pojedinačne radiostanice (prometne vijesti). Neki od tih sistema služe za pozicioniranje, a neki mogu služiti i u svrhu traženja optimalne rute i navigacije.

U Evropi i svijetu postoji niz industrijskih rješenja, od kojih su neka na razvojnoj ljestvici popela čak i iznad razine prototipa (vidi Hoffmann 1990, Kanise 1990, Lerch 1989, Stegers 1989):

samostalni sistemi:

CARIN: Car Information and Navigation System (Philips)

Travelpilot: EVA: Elektronischer Verkehrslotse für Autofahrer (Bosh-Blau-punkt)

sistemi s potporom izvana:

LISB: Leit- und Informationssystem Berlin

* Geoinformatika (geoinformacijski sistemi) vrlo je mlada znanost, koja se bavi sakupljanjem, pohranjivanjem, nadopunom, korekcijom i obradom geopodataka (prostorni podaci u najširem smislu, npr. geodetske koordinate točaka, satelitske snimke ...). Kao rezultat takve obrade dobije se model (kompjutorska slika, apstrakcija) realnog svijeta, koja je neovisna o području primjene i otvorena spram inovacija (proširenja) sistema (Bartelme 1989a, Bartelme 1989b).

AMTICS: Advanced Mobile Traffic Information and Communication System (Japan)

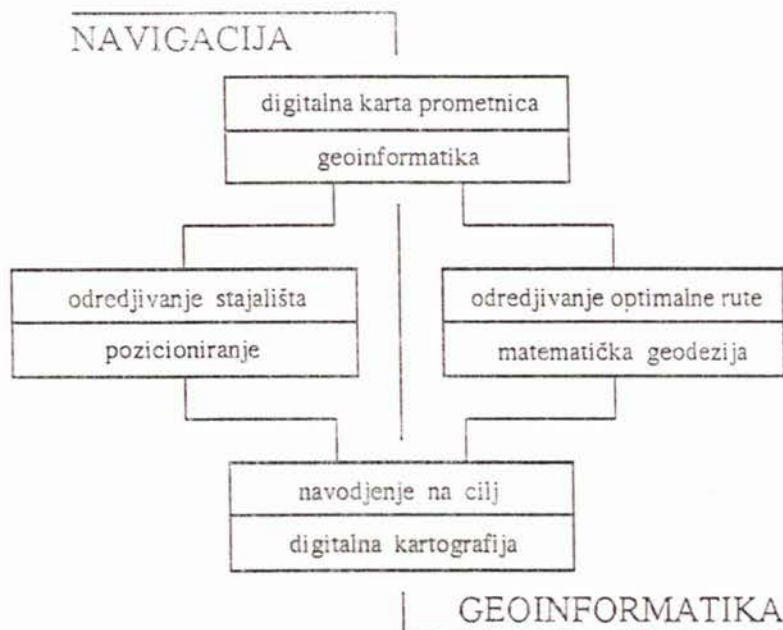
GPS: Pathfinder Series (Trimble Navigation, USA),

GPPS (Ashtech Inc., USA).

AIS kao geoinformacijski sistem (GIS). Osnovu tih sistema čini u prvom redu digitalna karta prometnica, čija je tematika ovisna o korisniku. Uz pomoć metoda optimiranja moguće je rješavati i zadatke tipa najkraćeg puta od A do B, kružnog putovanja . . . , pa je stoga njihova primjena posebno značajna za zadatke planiranja prometa, u službi pomoći (hitna pomoć, vatrogasci, policija . . .), turističkih informacija, itd. U literaturi se takvi sistemi nazivaju još i prometni informacijski sistemi (PIS).

3. AIS — KONCEPCIJA

Osnovne komponente općenitog AIS-a, prikazane na slici 1, u uskoj su vezi s geodezijom. Iz objašnjenja komponenti također će biti vidljivo da svaka od njih ima različitog udjela u koncepciji AIS-a kao navigacijskog odnosno kao geoinformacijskog sistema.



Sl. 1: AIS — komponente

Digitalna karta prometnica jest slika, prikaz prometne mreže, tj. prometnih površina, obično u obliku *čvor—brid—strukture*. Ta struktura odgovara tzv. *grafu*, koji se upotrebljava za prikaz elemenata modela: *geometrije* (položaj svake pojedinačne točke), *topologije* (način međusobnog povezivanja toča-

ka) i *tematike* (značenje točaka odnosno njihovih veza). ČVOR kao geometrijski objekt predstavlja npr. raskršće (tj. sjecište dviju ili više osi prometnica) u krupnom mjerilu, ili naselje u sitnom mjerilu, a jednoznačno je određen položajnim koordinatama i visinom. Spojnica dvaju čvorova zove se BRID, a tom vezom se ostvaruje topologijski odnos (*biti povezan*) između ta dva čvora. Tematika je svakom elementu modela pridružena u obliku tzv. ATRIBUTA (npr. regulirano raskršće, planinski prijevoj, kategorija ceste, stanje ceste...).

Pozicioniranje, tj. određivanje stajališta, odgovara na pitanje *Gdje se nalazim?* Način na koji se ono provodi ovisi o vrsti sistema za pozicioniranje. U praksi je pozicioniranje uglavnom zadatak *samostalnih* sistema, a realizirano je pomoću veze senzora na kotačima i magnetne sonde. Senzori na kotačima (npr. kod ABS-a) šalju na osnovi različitog broja impulsa lijevog i desnog kotača kratkotrajno stabilnu informaciju o promjeni smjera kretanja vozila i omogućuju određivanje prevaljenog puta (trajektorije) preko sumiranja impulsnih razlika (vidi Siebold (1989). Magnetne sonde daju dugotrajno stabilne informacije. Prilagodivanje prevaljenog puta (trajektorije) putu na karti je daljnji način pozicioniranja, koji nazivamo *map matching* (vidi Siebold 1989, Sünkel 1988, Car 1989). Potporu samostalnom sistemu za pozicioniranje mogu pružiti *uredaji za vođenje* (odašiljači, prijemnici na stupovima uz cestu ili semaforima odnosno u samom vozilu na način kako su realizirani kod LISB-a — Leitinformationssystem Berlin, vidi Lerch 1989).

Geodezija nudi alternativne metode pozicioniranja za samostalne sisteme, kao što su kombinacija inercijalnih sistema s giroskopom ili (za izvangradska područja) GPS, koji već polako nalazi primjenu u navigaciji kopnenih vozila (vidi Hein 1989, Stegers 1989). Evo i nekoliko podataka o točnosti koju možemo od određenih sistema očekivati:

senzori na kotačima (ABS)	± 10 cm/100 m
Travel-Pilot — na cilju	± 20 m
GPS — rel. točnost (stat.)	do 10^{-6} — 10^{-7}
— dif. kin. pozicioniranje	± 1 — 2 cm/1 km
— broadcast efemeridi	± 12 m
— precizni efemeridi	± 2 — 5 m

Pri određivanju optimalne rute primjenjuju se metode kombinatoričkog optimiranja (koje također spada i u matematičku geodeziju) u svrhu određivanja *najkraćeg puta* od startne do ciljne točke uz pretpostavku da se do cilja može doći (jednosmjerne ulice) i uz napomenu da *geometrijski* najkraći put ne mora ujedno biti i optimalni put s obzirom na *vrijeme* (gradski promet u »špici« i izvan nje; vidi Wieser 1990). Najkraći put moguće je odrediti i s obzirom na *tematiku* (turistička putovanja).

Na osnovi najkraćeg puta mogu se rješavati i slijedeći zadaci:

kružni put: koji je najkraći put od A preko B, C, ... nazad do A? (npr., problem poštunoše, trgovačkog putnika itd.);

stabla udaljenosti: do kojih se ciljeva unutar zadane udaljenosti može doći (npr.: tarifne zone u gradskom javnom prometu)?;

problem centra: za koje je ciljeve (dva ili više) maksimalna udaljenost od zadanog centra (stajališta) minimum? (npr.: gdje postaviti stanicu hitne pomoći tako da je udaljenost do pojedinih dijelova grada (ciljeva) minimalna?).

Optimiranje postaje neizostavan dio jednog AIS-a čim se preko njega počne upravljati (navigirati) kolonama vozila (naročito robni transporti, vidi Sena 1990), te ako se AIS primjenjuje kao PIS u planiranju prometa.

Navođenje na cilj, u literaturi poznato i pod nazivima *prometna navigacija* ili *navigacija motornih vozila* (KFZ-Navigation), koristi se informacijama dobivenim pozicioniranjem i optimiranjem. Možda bi i termin *teragacija* — navigacija kopnom, pri čemu je navigacijski (*teragacijski*) uređaj ugrađen u vozilo (vidi Kanajet 1978) — bio prikladan kao naziv za navigaciju kopnenih motornih vozila. Zamislite pored upravljača mali *monitor*, ugrađen na komandnoj ploči automobila, s prikazanim planom grada, na kojem je prikazana momentalna pozicija vozila (pozicioniranje), željeni cilj i ev. smjer zračne linije i udaljenost do cilja (trenutno stanje kod *Travel-Pilota*). Prikaz optimalne rute i zvučne upute za vožnju su poželjni.

Primjer AIS-a nastalog na Odjelu za matematičku geodeziju i geoinformatiku TU u Gracu pojasnit će nam svaku od komponenti i, svakako, njihovu ulogu u kompletnom sistemu.

4. AIS NA ODJELU MGGI

4.1. Općenito

Prvobitno je AIS bio zamišljen kao *samostalni sistem za navigaciju vozila*. Osnovu AIS-a čini digitalna karta prometnica. Za pozicioniranje i navođenje na cilj upotrebljavale bi se informacije dobivene od *senzora na kotačima* (ABS), a razmišljalo se i o integraciji GPS-uređaja u tu svrhu. Prilagodivanjem trajektorije na zadani (optimalni) put (tj. navođenje na cilj) proveli bismo pomoću *map matching* metode (teoretske postavke iznesene su u mom diplomskom radu, vidi Car 1989, Sünkel 1988). Nažalost, nismo imali mogućnosti AIS ugraditi u vozilo, pa smo odlučili krenuti u područje GIS-a, tj. AIS-u dodati sposobnost jednog PIS-a, ne umanjujući pritom važnost njegovih osnovnih funkcija *pozicioniranja, traženja optimalne rute i navođenja na cilj*. U njegovu razvoju koristimo se matematičkom geodezijom i geoinformatikom.

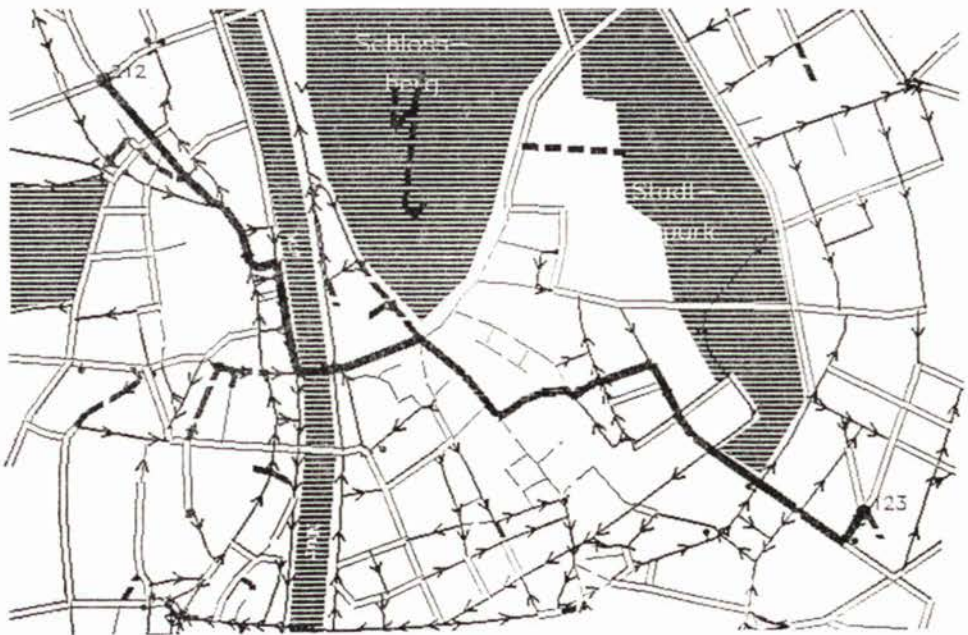
AIS je zapravo programski paket sa slijedećim karakteristikama:

- hardver: VAX 2000/32000,
- softver: VMS 5.3, Fortran 77 s DEC-dodacima,
- grafika: GKS-GRAL i GKS-Dec*, UIS-rutine,
- indeksno-sekvencijalna organizacija podataka,**

* Graphisches Kern System je standardan, o hardveru i o primjeni neovisan bazni (osnovni) softverski sistem za dvodimenzionalnu kompjutorsku grafiku. GKS predstavlja vezu (interface) između programskih jezika (Fortran, Pascal, C...) i grafičkih uređaja. Na svim računalima omogućava jedinstven zahvat u kompjutorsku grafiku, pa je moguće istim programom koristiti se na raznim računalima (vidi Buchlars & Buhtz 1986.).

** Indeksno-sekvencijalna organizacija podataka već postoji na VAX-računalima s Fortranom 77 i njene smo prednosti (npr. izravan pristup podacima, tabelarna organizacija podataka...) i iskoristili.

- *čvor-brid-struktura*,
- grafički prikaz digitalne karte prometnica s obzirom na geometriju, topologiju i tematiku,
- meni-tehnika: glavni i niz podmenija (pogodno za korisnika, vidi Stückelberger 1990),
- pomoćne funkcije za korisnika (u menijima):
zumiranje,
informacije (atributi) o čvorovima i bridovima,
simboli (linijski, točkasti, površinski) i njihov grafički prikaz,
interaktivno unošenje teksta, linija i površina
- prilagođivanje trajektorije zadanom putu
- Zadaci optimiranja obuhvaćaju određivanje najkraćeg puta od A do B (sl. 2)

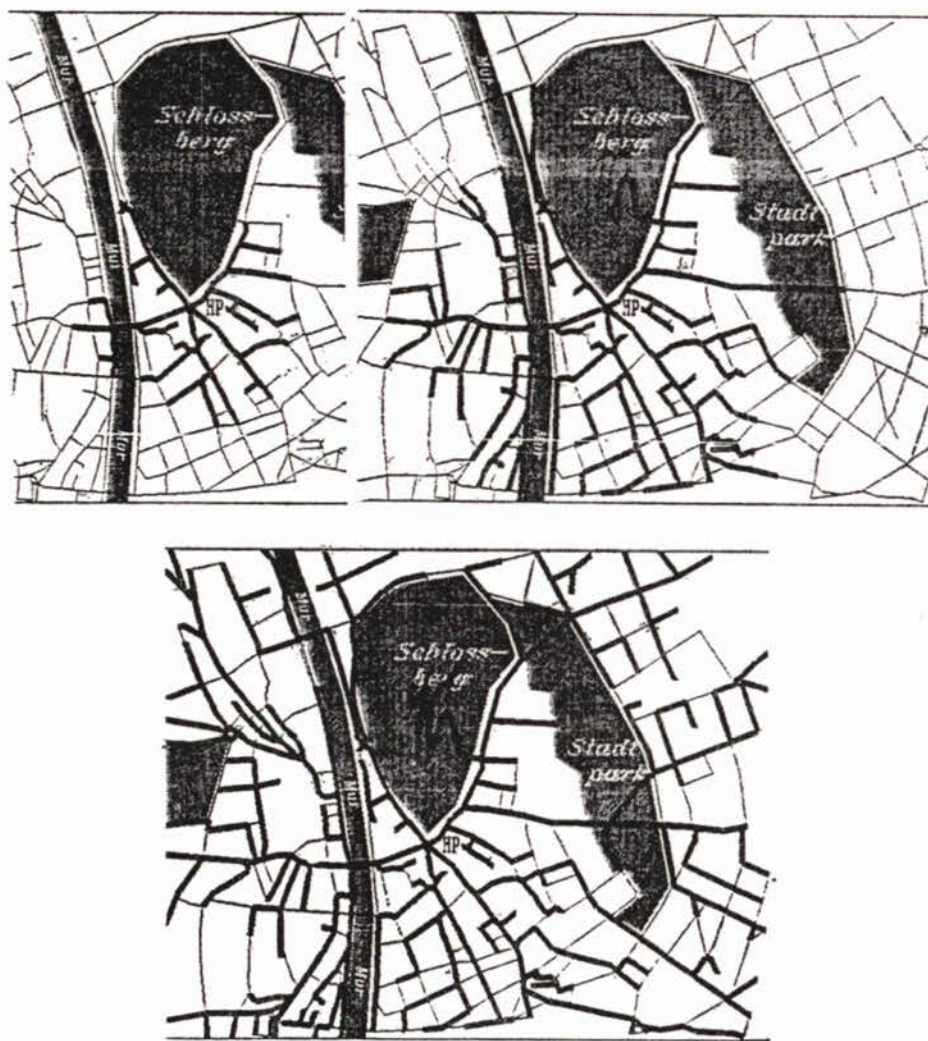


Slika 2: Geometrijski najkraći put za pješaka

kružna putovanja,
stabla udaljenosti (sl. 3) i
probleme centra,

- MOVE-funkcija (simulacija vožnje vozila unaprijed određenom optimalnom rutom: prikazan je optimalni put, trenutni položaj vozila i prevaljeni dio puta, vidi Stückelberger 1990)

Za testiranje čitavog paketa odabrana su dva po karakteru različita testna područja: lokalno područje *GRAZ — Innere Stadt* i regionalno područje *Alpe—Jadran*, koja ću u nastavku pobliže opisati, te pokušati naglasiti njihove sličnosti i razlike.



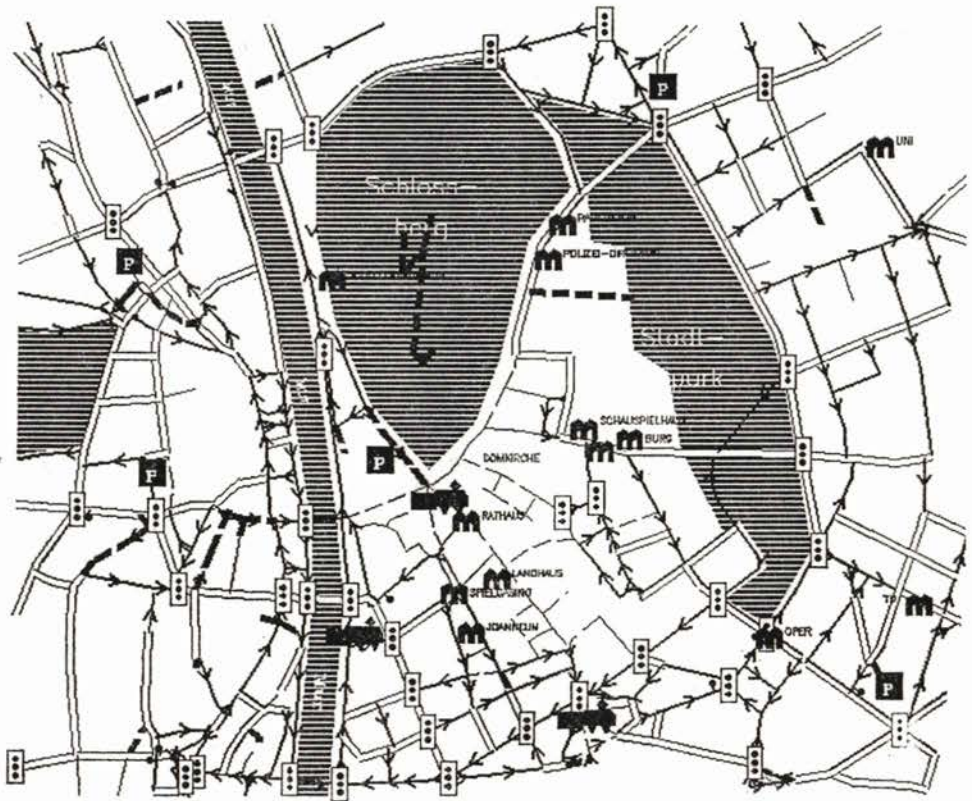
Slika 3: Stablo udaljenosti ($d=400$ m, $d=800$ m, $d=1600$ m)

4.2. Testno područje GRAZ — Innere Stadt

Testno područje GRAZ — Innere Stadt (sl. 4) proteže se u smjeru $I \leftrightarrow Z$ oko 1,9 km i u smjeru $S \leftrightarrow J$ oko 1,5 km.

Podaci za digitalnu kartu dobiveni su digitaliziranjem katastarskog lista GRAZ — Innere Stadt mjerila $M=1:2000$. To je područje interesantno zbog raznovrsnosti prometnih situacija, sudionika u prometu i sl.

S obzirom na geometriju i topologiju struktura podataka izgleda ovako: čvorovi: raskršća, tj. sjecišta dviju ili više osiju ulica, jednoznačno su definirana Gauß-Krügerovim koordinatama i visinom (sve tri koordinate spremljene su u memoriju s točnošću određenom na metar), ima ih 344;



Slika 4: Testno područje GRAZ — Innere Stadt

bridovi: spojnice između dva čvora, od kojih je jedan spremljen kao početni, a drugi kao završni, predstavljaju (dijelove) osi ulice, ima ih 491; linija: ulica (sadrži barem jedan brid);

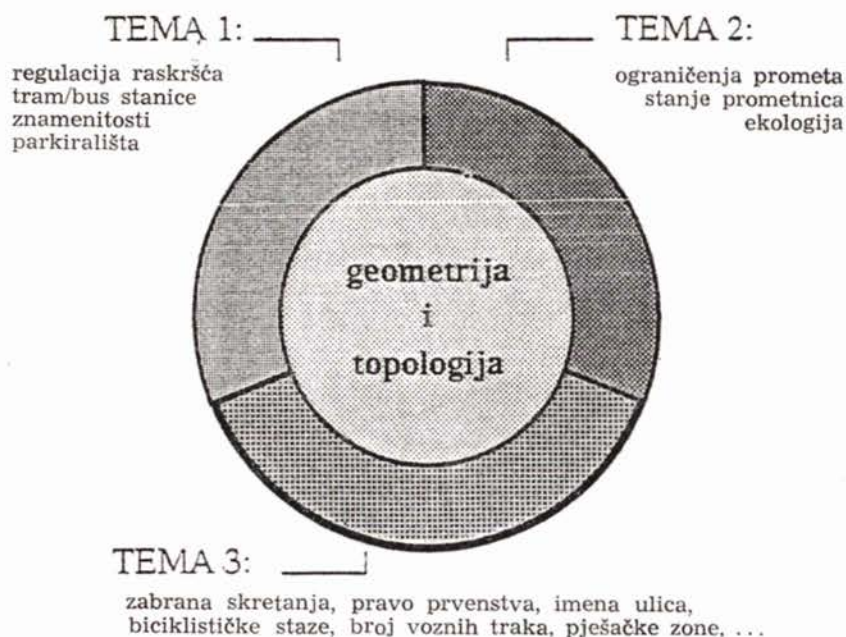
međutočke: služe za točniji geometrijski prikaz bridova (npr. kao poligonski vlak između dva trigonometra), jednoznačno su određeni Gauß-Krügerovim koordinatama i visinom;

specijalne točke: kazalište, gradska vijećnica, ..., položajno određeni kao i čvorovi.

Detalje o strukturi podataka možete naći u Grick 1989, Sand 1989 i Car 1989.

Tematika daje bogatiju sliku područja i predstavlja temelje geoinformacijskog sistema. Preko tzv. *atributa* pridružuje se čvorovima i bridovima. Za AIS-podatke postoje tri tematska kruga, jedan za čvorove i dva za bridove, kako je prikazano na slici 5.

Objasnimo još i pojam *geometriji i topologiji bliske tematike* (geometrie- bzw. topologienähe Thematik, vidi Wieser 1990), koja je na slici 5 centar tematskog kruga i služi kao osnova tematske nadgradnje. Poslužimo se primjerom brida: ako je ulica dvosmjerna, prikazat ćemo je dvostrukom linijom, ako je pješačka zona, onda isprekidanom linijom i sl.



Slika 5: Tematika

U zadacima optimiranja u osnovi se računa *geometrijski* najkraći put (udaljenost dviju točaka kao korijena sume kvadrata njihovih razlika koordinata). Za sada je moguće te zadatke rješavati za dva sudionika u prometu: pješake i motorna vozila (u obzir je uzeta tematika bridova: pješačka zona, jednosmjerne i dvosmjerne ulice ...).

U pripremi je digitalizirano testno područje čitavoga Graca, koje obuhvaća površinu od $14 \text{ km}^2 \times 14 \text{ km}^2$ s oko 5700 čvorova i oko 7500 bridova.

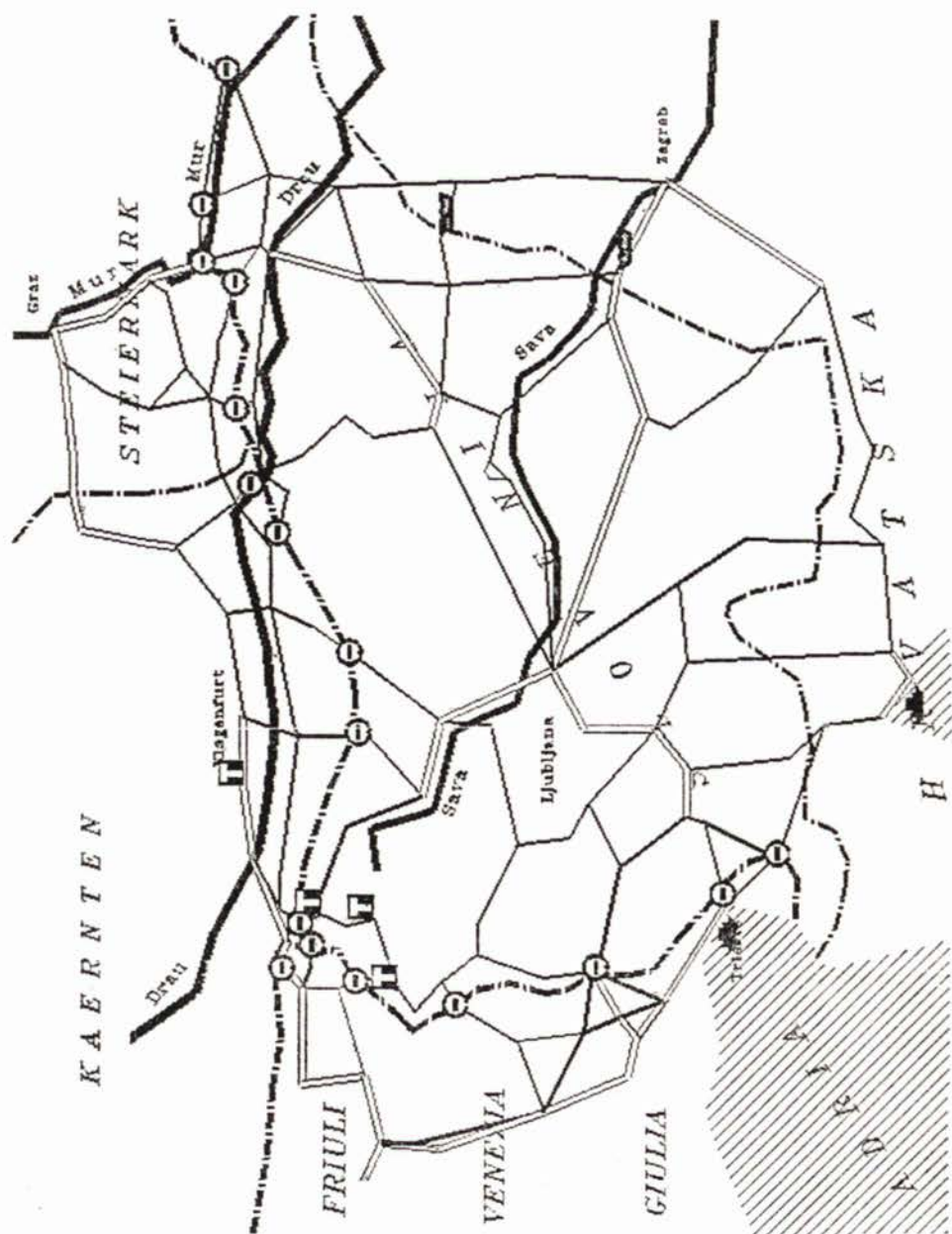
4.3. Testno područje Alpe—Jadran

Testno područje *Alpe — Jadran* pokazalo je da se programski paket AIS, s obzirom geometrijske, topološke i tematske aspekte, te uz eventualne modifikacije nekih modula može primijeniti i za *regionalno* područje.

4.3.1. Sakupljanje, pohrana i obrada podataka

Područje *Alpe — Jadran* proteže se u *smjeru* $I \leftrightarrow Z$ $\Delta\phi = 2^\circ$ ($\approx 220 \text{ km}$) i u *smjeru* $S \leftrightarrow J$ $\Delta\lambda = 3^\circ$ ($\approx 330 \text{ km}$), što odgovara površini od oko 72600 km^2 , smještenoj između Graca, Zagreba, Rijeke, Trsta, Udina, Villacha i Klagenfurta (sl. 6).

Podatke za izradu digitalne karte *Alpe-Jadran* nije bilo tako jednostavno sakupiti jer su za digitaliziranje manjkali ili nisu odgovarali bilo softver bilo hardver. Stoga sam kao osnovu za sakupljanje potrebnih geometrijskih i topoloških podataka uzela nekoliko karata i atlasa (vidi Karte). S karata su očitavane geografske koordinate (stupnjevi i minute) točaka. Budući da se



Slika 6: Testno područje Alpe — Jadran

sve odvijalo manualno, nije mi zbog kratkoće vremena bilo moguće očitati velik broj koordinata, pa je i stupanj generalizacije (naročito kod cesta) vrlo visok.

I ovdje je bilo moguće za pohranu podataka primijeniti *čvor-brid-strukturu*, tako da je upotrijebljena ista organizacija podataka kao i kod testnog područja *GRAZ — Innere Stadt*.

Čvor predstavlja neko mjesto na karti i položajno je određen geografskom dužinom i širinom u lučnoj mjeri (i pomnožen s 10000 kako bi se dobila potrebna cjelobrojna vrijednost), te visinom u metrima.

Brid je i ovdje spojnica dvaju čvorova, no njegov grafički prikaz ne odgovara stvarnom izgledu iste spojnice u prirodi (zavojitost ceste). Zbog toga je svakom bridu pridodan atribut koji nosi njegovu stvarnu duljinu u metrima, a ona se uzima u obzir kod zadataka optimiranja.

Digitalna karta u sadašnjem obliku sadrži 132 čvora i 183 brida. Linije, međutočke i specijalne točke nisu upotrijebljene.

4.3.2. Tematika i njen grafički prikaz

Značenje je svakom pojedinom čvoru i bridu dodijeljeno preko *atributa*. Atribut za čvorove može imati značenje kategorije naselja (npr. regionalni centar), graničnog prijelaza, luke, planinskog prijevoja, turističkog mjesta, važnog prometnog čvorišta, itd. Uz to je svakom čvoru pridruženo i njegovo geografsko ime. Kod bridova postoje dva atributa. Prvi je nosilac informacije o kategoriji ceste: autoput, međunarodna cesta, međumjesna i lokalna cesta, cesta s planinskim prijevojem, itd. Drugi, kako je već spomenuto, nosi informaciju o stvarnoj duljini brida između njegovih krajnjih točaka. Sve te tematske informacije moguće je dobiti interaktivno preko funkcija u meniju.

Za upotpunjavanje grafičkog prikaza izabranog područja primjenjuju se *linijski, točkasti i površinski* simboli (podmeni s izborom simbola) s različitim svojstvima, kako je i prikazano na slici 6. Linijski objekti, u prvom redu bridovi, prikazani su različitim tipovima i debljinama linija, te bojom. Time je ostvaren tematski prikaz kategorije ceste. Kod točkastih objekata primjenjuju se uglavnom grafički simboli (primjer luke i graničnog prijelaza).

4.3.3. Zadaci optimiranja

Na pitanje *Kako se najbrže stiže od odabranog starta do željenog cilja?* moguće je odgovoriti s aspekta *geometrije, vremena ili tematike* (vidi Wieser 1990).

Kod testnog područja *GRAZ — Innere Stadt* određuje se *geometrijski* najkraći putovi na osnovi strogo matematički određive udaljenosti dvaju čvorova.

Za testno područje *Alpe — Jadran* to nije bilo moguće (udaljenost dvaju čvorova izračunata iz koordinata ne odgovara njihovoj stvarnoj udaljenosti — generalizacija, duljina brida kao njegov atribut). Ovdje su sve stvarne duljine bridova prethodno pripremljene i posebno memorirane samo za potrebe optimiranja. Također smo odlučili uvesti tzv. *tematske udaljenosti**, do kojih se dolazi pomoću *težinskog faktora*. Tako je u zadacima optimiranja prisutna i vremenska komponenta. Objasnimo to na jednom primjeru.

* Pridjev *tematski* upotrijebili smo kao oznaku onoga što nema strogo geometrijski značaj.

Od A do B moguće je doći preko dva geometrijski jednako duga puta (npr. 100 km). No, jedan put jest autoput (Autobahn), a drugi samo obična cesta. Vožnja običnom cestom će svakako trajati *vremenski* duže. Tu vremensku komponentu uvodimo preko težinskog faktora. Njime množimo stvarnu, geometrijsku duljinu i dobijemo traženu *tematsku udaljenost*:

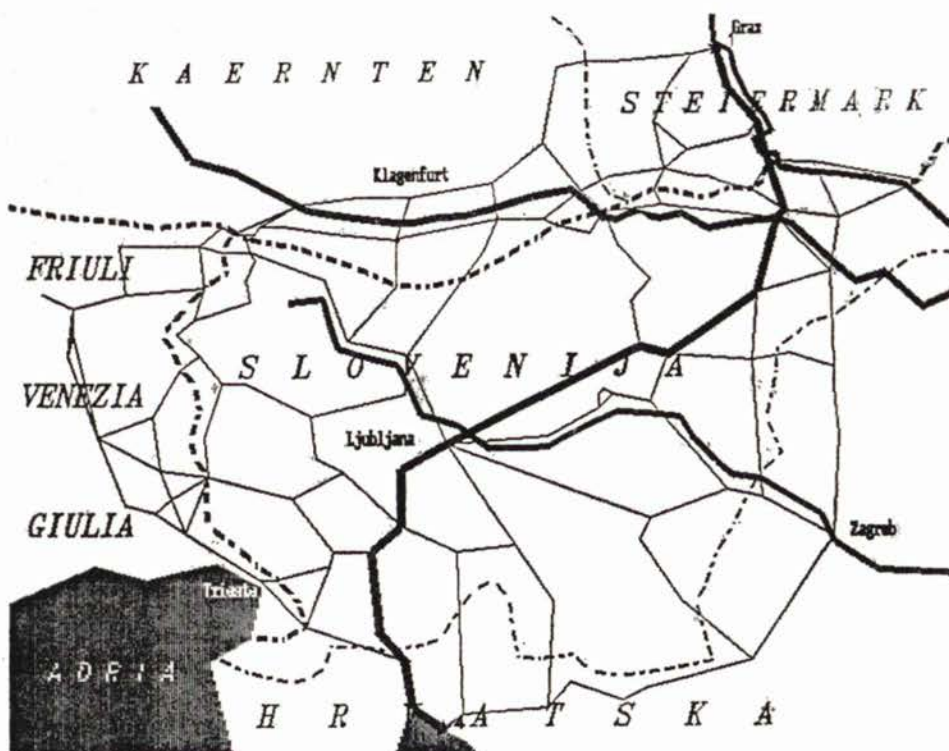
$$\begin{aligned} \text{autoput} & 100 \text{ km} \times 0,80 = 80 \text{ km} \\ \text{obična cesta} & 100 \text{ km} \times 1,20 = 120 \text{ km} \end{aligned}$$

Situacija se mijenja ako je promet autoputom jako gust. Tu informaciju aktualiziramo promjenom vrijednosti težinskog faktora za autoput:

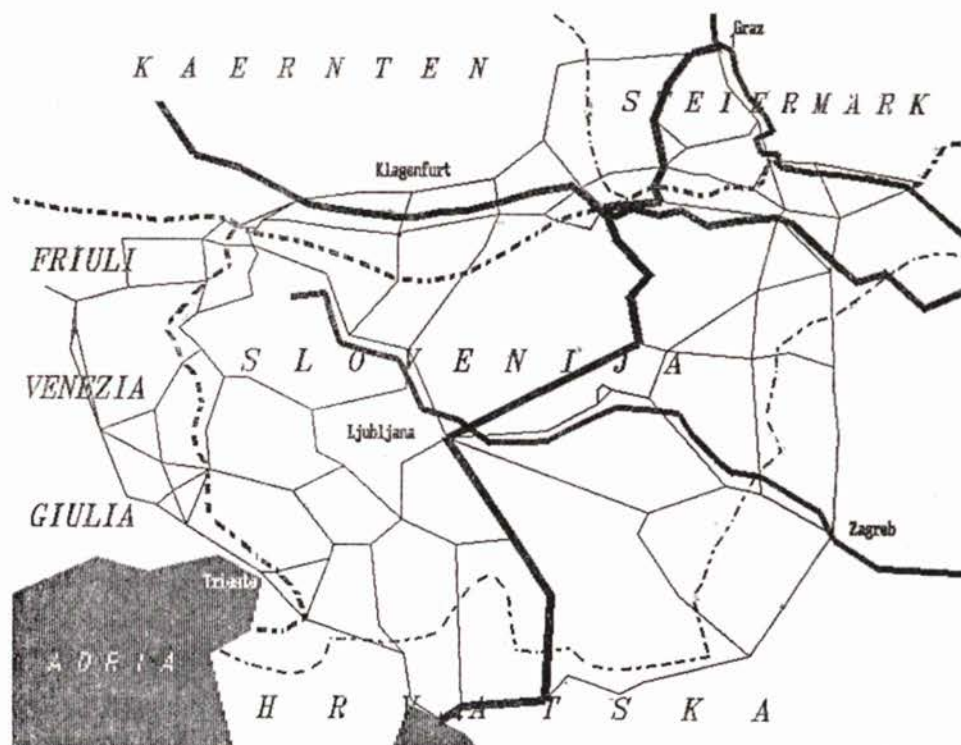
$$\begin{aligned} \text{autoput-gust promet} & 100 \text{ km} \times 1,80 = 180 \text{ km} \\ \text{obična cesta} & 100 \text{ km} \times 1,20 = 120 \text{ km} \end{aligned}$$

Odluka o optimalnom putu sigurno će biti u korist obične ceste. Bitno je voditi računa da novoizabrana vrijednost težinskog faktora utječe na izbor optimalne rute. U sadašnjoj se verziji promjena vrijednosti težinskog faktora odnosi na sve bridove koji spadaju u određenu kategoriju cesta.

Na slikama 7a i 7b prikazan je optimalni put između Graca i Rijeke, s tim da je u prvom slučaju vrijednost težinskog faktora za autoputove 0,80, a u drugom slučaju 1,90.



Slika 7a: Najkraći put Grac—Rijeka, težinski faktor = 0,80



Slika 7b: Najkraći put Grac—Rijeka, težinski faktor = 1.90

Težinski faktori i promjene njihovih vrijednosti pružaju mogućnost aktualiziranja prometnih informacija. Konkretno u području Alpe-Jadran ima niz informacija vrlo bitnih za regulaciju i upravljanje tranzitnog, teretnog i turističkog prometa:

- koje su kategorije prometnica posebno opterećene u turističkoj sezoni,
- koje granične prijelaze treba izbjegavati,
- na kojim cestama postoji zabrana prometa za određenu vrstu vozila,
- ev. radovi na cesti, nesreće i ostale smetnje,
- moguće zaobilaznice,
- najbliža parkirališta, pomoć na cesti, liječnik, itd.

5. BUDUĆNOST AIS-a

AIS, bilo kao *aktivni suvozač*, bilo kao PIS, mogao bi u velikoj mjeri doprinijeti rješavanju mnogih problema vezanih uz promet: smanjiti vrijeme koje se gubi u gužvama, ubrzati pružanje pomoći bilo kakvog tipa (hitna pomoć, vatrogasci, popravak vozila) te omogućiti komunikaciju između sudionika u prometu i osiguravati potrebne prometne informacije. Njegova bi primjena imala smisla kako u lokalnom, gradskom području, tako i na širem, regional-

nom području, što pokazuju u ovom članku predstavljena testna područja Graca i Alpe-Jadrana.

Prvi korak u stvaranju takvog sistema jest sakupljanje potrebnih podataka za stvaranje digitalnih karata prometnih površina. U Evropi i svijetu postoji niz projekata u okviru kojih se sakupljaju podaci potrebni za AIS. Tako se, na primjer, u Saveznoj Republici Njemačkoj u okviru projekta ATKIS (Amtliches Topographisch — Kartographisches Informationssystem, vidi Grünreich 1990) unutar evropskog komiteta za kartografiju CERCO (Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle, vidi Barwinski 1989) prikupljaju podaci za digitalnu kartu prometnica. U aktivite CERCO-a spada i izrada banke podataka evropskih prometnica. Na evropskoj razini u okviru EUREKA-ina projekta pod nazivom DEMETER (Digital Electronic Mapping of European Territory) obrađuju se podaci potrebni za stvaranje karata koje bi se upotrebljavale u prometnoj navigaciji (vidi Grünreich 1990, Siebold 1989). Treba spomenuti i program DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe, vidi Siebold 1989) nastao pod pokroviteljstvom Komisije EZ-a, u okviru kojeg se na različitim testnim područjima sakuplja širok spektar podataka o prometnicama u digitalnom obliku. Ti se podaci testiraju i daje se njihov grafički prikaz u standardnom formatu GDF*. Na kraju spomenimo još i evropski projekt PROMETHEUS (Programme for an European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety, vidi Lerch 1989), koji se ne odnosi samo na standardizaciju podataka, već i na sam AIS.

LITERATURA

Alpe — Jadran, Motovun 1988.

The Times Atlas of the World, The Times Newspaper of Ltd., 1967.

Bartelme, N. (1989a): GIS Technologie, Geoinformationssysteme, Landinformationssysteme und ihre Grundlagen, Springer — Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo 1989.

Bartelme, N. (1989b): Graphische Datenverarbeitung, Skripta uz istoimeni predmet koji se predaje na TU Graz 1989.

Barwinski, K. (1989): European Road Database — Aktivitäten innerhalb der CERCO, Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 103, 1989, 7—10.

Bechlers, J. und Buhtz, R. (1986): GKS in der Praxis, Springer — Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1986.

Brüggemann, H. (1990): Exchange Formats for Topographic-Cartographic Data, GIS 1990, 4, 27—32.

Car, A. (1989): Probleme der Trajektorienanpassung bei Navigationssystemen — O problemima i jednom rješenju pri geometrijskom prilagodavanju trajektorija, Diplomski rad na Institutu za teoretsku geodeziju TU Graz, Graz — Zagreb 1989.

Car, A. (1990): Optimale Nutzung der Verkehrswege im Alpen-Adria Raum mittels eines Automobilinformationssystems (AIS), Izvještaj o rezultatima rada u okviru stipendije RZ Alpe-Jadran, Grac — Institut za teoretsku geodeziju, TU Graz 1990.

Gantz, J. (1990): GIS Meets GPS, Computer Graphics World 1990, 10, 33—36.

* Geographical Data File je standardni format za razmjenu digitalnih podataka koji se upotrebljavaju u navigacijskim sistemima vozila (KFZ-Navigationssysteme), a napravile su ga dvije tvrtke, *Bosch* i *Philips*, u okviru EUREKA-ina projekta DEMETER).

- Grick, R. (1989): Erstellung eines Datenbankkonzeptes für eine digitale Straßenkarte, Diplomski rad na Institutu za teoretsku geodeziju, TU Graz 1989.
- Grünreich, D. (1990): ATKIS — Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem der Landesvermessung, GIS 1990, 4, 4-9.
- Hein, G. W., H. Landau, G. Baustert (1989): Differentielle kinematische GPS — Positionierung, Zeitschrift für Vermessungswesen 1989, 6, 287-302.
- Hoffmann, W. (1990): Auto-Pilot, Gute Fahrt 1990, 3, 31-33.
- Kanajet, B. (1978): Uredaj za terestričku navigaciju, Nafta 1978, 7-8, 355-357.
- Kanise, S. (1990): It's Around Here Somewhere, Time, 10. 09. 1990, str. 59.

Karte:

- Pregledna karta Austrije, 1:500000, BEV
- Turistička karta Alpe-Jadrana, 1:600000, RZ Alpe-Jadran, Kartographie und Druck: Freitag-Berndt u. Artaria, Wien
- Alpe, 1:600000, Autokarta, ÖAMTC klupsko izdanje.

- Kießling, I. und Lowes, M. (1987): Programmierung mit FORTRAN 77, B. G. Teubner, Stuttgart 1987.
- Lang, L., Speed, V. (1990): A New Tool for GIS, Computer Graphics World 1990, 10, 40-48.
- Lerch, A. (1989): Der Mensch lenkt — der Computer denkt, Autotouring 1989, 2, 22-26.
- France Digitised, C 1990, 10, 41-42.
- Nakamura, H., Shimizu, E. (1990): Development and Utilisation of Geographical Information Systems in Urban Management — Reviewed from Examples in Japan, GIS 1990, 3, 3-9.
- Sand, N. (1989): Anwenderschnittstellen für eine digitale Straßenkarte, Diplomski rad na Institutu za teoretsku geodeziju, TU Graz 1989.
- Sena, M. (1990): Computer — Aided Dispatching, Computer Graphics World 1990, 5, 35-42.
- Sena, M. (1990): Data Deluge, Computer Graphics World 1990, 8, 123-127.
- Siebold, J. (1989): Nutzung digitaler Straßendaten für KFZ — Navigationssysteme, Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 103, 1989, 113-120.
- Stegers, W. (1989): Wie Copilot Computer die besten und schnellsten Routen findet, P. M. 1989, 5, 104-113.
- Stükelberger, A. (1990): Graphisches Interface für das AIS, Seminarski rad, Odjel MGGI, TU Graz 1990.
- Sünkel, H. (1988): Bahnbestimmung, Predložak za seminar, Odjel MGGI, TU Graz 1988.
- VAX — 11 Fortran Language Reference Manual.
- VAX — 11 Fortran User's Guide.
- Wieser, M. (1990): Ein Automobilinformationssystem aus der Sicht der graphentheoretischen Optimierung, Clanak uz predavanje na VI. Internacionalnom geodetskom tjednu, Obergurgl 1990.
- Wright, K. (1990) Pkw 2000, Spektrum der Wissenschaft 1990, 7, 44-55.

OPTIMAL USE OF TRAFFIC ROADS IN THE WORKINGGROUP ALPS-ADRIA WITH THE HELP OF TRAFFIC INFORMATION SYSTEM

Because of the more and more difficult situation within traffic automobile information systems (AIS) have been developed recently. With the help of latest technics in computer science one tries to produce intelligent products, which either play the role of an *active codriver* in cars or serve as so called *traffic information systems*, mainly in connection with traffic planning for emergency or public transport. In this paper the development of such a system called AIS is described in detail. First some general facts (development,

use. components) of AIS are given, which has its origin in an computer program written at the Department of Mathematical Geodesy and Geoinformatics (MGGI) at the Graz University of Technology. In the sequence an insight into the basic components of AIS like positioning, path-finding and navigation is given. Futhermore you get a presentation of AIS due to the first test-area which is the centre of Graz followed by a detailed description of the test-region *Alps-Adria*. In this connection similarities and differences between *local* and *global* applications of AIS are delt with.

Primljeno: 1991-03-25