

DOPLEROVSKI UREĐAJI SATELITSKE GEODEZIJE I PRAKTIČNO PROVOĐENJE OPAŽANJA*

Miljenko SOLARIĆ i Krešimir ČOLIĆ — Zagreb**

1. UVODNE NAPOMENE

U člancima (Solarić, Čolić 1981) i (Čolić, Solarić 1981) objašnjene su i analizirane teoretske osnove i metode realizacije doplerovskih mjerenja satelitske geodezije. U ovom članku želi se dodatno ukazati na relevantne praktične aspekte. Autori se pri tome oslanjaju na dostupne izvore literature, brojne prospekte i niz manuala za praktičnu upotrebu doplerovskih mjerenja, ali koriste i svoja skromna iskustva stečena u inozemnim naučnim institucijama, u poblizem upoznavanju s praktičnom funkcijom nekih češće upotrebljivanih tipova ovih specijalnih instrumenata. Ustvari, od praktičnog rada na terenu i ovisi postignuta položajna točnost određivanja točaka, pa će se, u cilju željenog sistematskog uvođenja doplerovskih mjerenja u SFR Jugoslaviji, prikazati ovdje u drugom poglavlju najprije doplerovske prijemne uređaje, kao i kompjutorske sisteme za obradu podataka, a zatim u trećem poglavlju naznačiti probleme u vezi sa praktičnim provođenjem opažanja i numeričke obrade podataka mjerenja.

Iz cijele izložene problematike proizlaze onda reperkusije, koje se moraju poštovati prilikom početnog uspostavljanja doplerovske tehnologije na jugoslavenskom teritoriju.

2. INSTRUMENTALNA OPREMA ZA DOPLEROVSKA OPAŽANJA I KOMPJUTORSKU OBRADU PODATAKA

2.1. Doplerovski prijemni uređaji

Namjera je ovdje da se sasvim ukratko prezentira razvoj i poznato sadašnje stanje ponude doplerovskih mjernih uređaja (cijena jednog takvog kompleta je blizu 3,000.000 ND), a težište se stavlja na način rada, odnosno

* Predmet razmatranja je čvrsto povezan sa člancima (Solarić, Čolić 1981) i (Čolić, Solarić 1981), koji su objavljeni u brojevima 4—6 odnosno 7—9 ovog istog časopisa. Inače i ovaj rad pripada znanstveno-istraživačkoj temi (A.2.4) »Regionalno istraživanje oblika i disanja (plimnih valova) Zemlje«, koju financira Republička samoupravna interesna zajednica (SIZ III) za znanstveni rad SR Hrvatske.

** Adrese autora: prof. dr Miljenko Solarić i prof. dr Krešimir Čolić, Geodetski fakultet, 41000 Zagreb, Kačićeva 26.

obuhvaćanja podataka opažanja i njihovu pripremu za dalju numeričku obradu.

Trenutno postoje tri glavna proizvođača, koji nude svoje, uglavnom vrlo uspješno konstruirane, doplerovske uređaje za geodetske svrhe. To su: Canadian Marconi Comp. (Montreal, Canada), Decca Survey Limited — JMR (Chatsworth/California, USA), i Magnavox (Torance/California, USA). Redoslijed navođenja i opseg slijedećeg prikaza ne predstavlja nikakvo preferiranje, štoviše može se odmah konstatirati da su najnoviji modeli sve te tri firme upravo podjednako dobrih svojstava za praktičan rad na terenu.

Premda se obzirom na pojedine detalje, međusobno manje-više razlikuju, svi tipovi doplerovskih prijemnih uređaja u prijenosnoj verziji imaju uglavnom ove zajedničke karakteristike:

- napajaju se preko ugrađenog pretvarača izmjeničnom strujom standardnih napona od 110 V odnosno 220 V ili pomoću akumulatora od 12 V,
- imaju relativno malu masu prijemnika od svega oko 20 kg,
- mogu praktički raditi u svim vremenskim uvjetima od -25°C do $+50^{\circ}\text{C}$,
- primaju samo radio-valove frekvencija 399,968 MHz i 149,988 MHz $\pm 3,75$ MHz,
- automatski zapisuju (registriraju) podatke mjerenja na magnetske trake u kasetama,
- svi noviji tipovi doplerovskih uređaja satelitske geodezije imaju ugrađeni mikroprocesor. On im omogućava da rade u »pass-programming modeu« ili »automatic pass programming«-načinu predviđajući točno vrijeme dolaska satelita, tj. kad će se prijemnik sam uključiti u rad.
- Automatskim izvođenjem svih funkcija doplerovskih uređaja olakšan je rad opažača, a postignuta je i veća pouzdanost u radu, jer se svi podaci mjerenja provjeravaju odmah na terenu. Međutim, i pored automatskog rada doplerovskih uređaja zahtijeva se dobra verziranost operatera (opažača). Iskustvo je pokazalo da je u nekim slučajevima bolje da proces mjerenja nije 100% automatski, jer tada može operator pri nekim smetnjama sam intervenirati (Pesec 1981), zbog kojih bi inače bila odbačena mjerenja pri automatskom režimu rada doplerovskog uređaja.
- Doplerovski uređaji su modulne građe, te su robusniji, a moguće je i relativno lako uklanjati kvarove izmjenom onih kompletnih dijelova (ploča) u kojima su se oni pojavili.

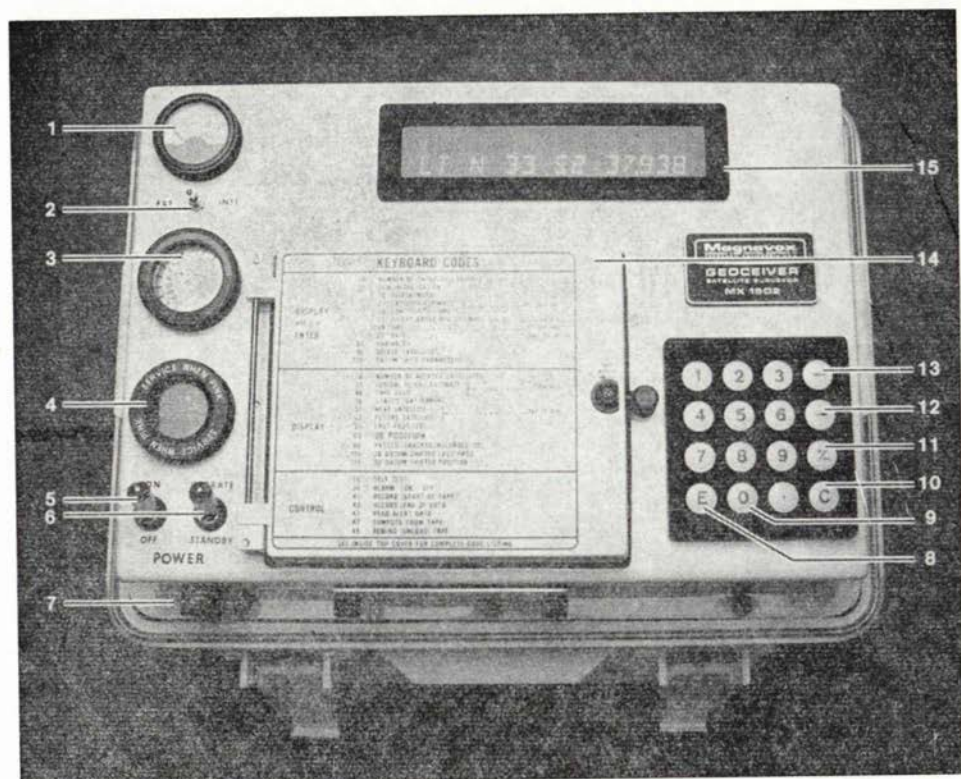
2.1.1. Proizvodi Magnavoxa

Firma Magnavox je prva već 1967. godine proizvela prijenosni doplerovski uređaj AN/PRR-14 GEOCEIVER, a kao njegovu kasniju komercijalnu verziju ponudila na tržištu model MX-702A-3D. Može se reći da je tako naziv »Geoceiver« postao sinonim za precizne doplerovske prijenosne uređaje, makar su i druga dva proizvođača ubrzo ponudila svoje instrumente ove vrste.

Kasnije je tvrtka Magnavox plasirala više tipova takvih uređaja za civilnu upotrebu. Posebno se ističe model »Magnavox Geoceiver II Satellite Survey and Geodetic Control« (skraćeno GEO II) proizveden 1976. godine, ali još je značajniji novi instrument »Geoceiver Satellite Surveyor Magnavox MX 1502« (skraćeno MX 1502), koji je ovdje prikazan na sl. 2.1. i sl. 2.2.



Sl. 2.1. Doplerovski prijemni uređaj »Geoceiver Satellite Surveyor, Magnavox MX 1502« na terenu



Sl. 2.2. Upravljački pult doplerovskog prijemnika Magnavox MX 1502

1. indikator napona, 2. uključivanje unutarnje ili vanjske baterije punjenja, 3. pokazivač temperature, 4. upijač — isušuje unutrašnju vlagu, 5. prekidač za napajanje iz vanjske baterije, 6. prekidač napajanja (uključen/isključen (čeka)), 7. osigurač, 8. tipka za unošenje koda rada ili pokazivanja podataka na ekranu, 9. tipke 0, 1, . . . 9 su za upis koda rada ili podataka, 10. tipka za brisanje, 11. tipka za mijenjanje predznaka, 12. tipka za prazan prostor tj. pomicanje naprijed, 13. tipka za pomicanje nazad, 14. transport magnetskih traka (kasete) i 15. ekran od 16 alfanumeričkih znakova.

Ovaj uređaj radi potpuno sam sjedeće operacije u programiranom automatskom načinu praćenja prolaza satelita »automatic pass programming mode«:

- računa vrijeme pojave (izlaska) satelita iznad horizonta stanice,
- korigira izmjerene podatke za jonosfersku i troposfersku refrakciju,
- prima i zapisuje satelitske podatke (položaje),
- provjerava terenske podatke koje je upisao na magnetsku traku,
- računa približni položaj stajališne točke (geodetsku širinu, dužinu i visinu),
- otkriva više satelita i daje prednost prolazima s većim elevacionim kutom,
- procesor automatski kontrolira praćenje satelita,
- briše one primljene podatke koje identificira (naredi) korisnik,

- upravlja redukcijom potrošnje električne energije, tj. sam se prema potrebi uključuje i isključuje,
- otkriva pogreške i alarmira itd.

Na početku rada na nekoj stajališnoj točki treba unijeti (preko tastature), u memoriju mikroprocesora ove podatke: broj satelita koji se želi opažati, broj stajališne točke, njene grube približne koordinate i visinu iznad srednjeg nivoa mora, zatim Greenwich-ko srednje vrijeme (sat, minuta, sekunda) i datum (dan, mjesec, godina). Osim toga upisuje se serijski broj uređaja, eventualno dodatni parametri, podaci o atmosferskim uvjetima, te varijable koje definira korisnik.

Nakon toga će prijemnik automatski sam tražiti signale s onih satelita koje se želi opažati, a potom će na osnovu računanja s ugrađenim »Alert« — programom i učinjenih »predopažanja« predvidjeti dolaske satelita u područje gdje će ga moći opažati, tj. primati njihove radio-signale. Akumulator od 12 V i 35 Ah moći će opskrbljivati uređaj za približno 30 sati rada, a na jednu magnetsku traku (kasetu), može se registrirati najmanje oko 50 prolaza satelita, (Magnavox 1977).

2.1.2. Doplerovski uređaji Decca — JMR

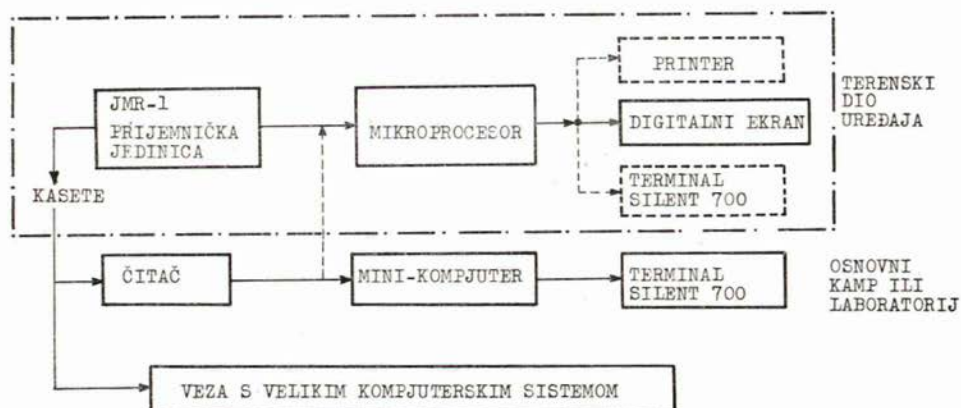
Proizvođač Decca Survey Limited — JMR (drugi u SAD), je 1973. godine plasirao na tržište doplerovski prijemni uređaj JMR-1, vidi sl. 2.3. (a, b) i sl. 2.4. Da bi se s magnetske trake digitalno registrirani podaci opažanja mogli podvrći daljoj obradi na dodatnom minikompjutoru nužan je poseban čitač kasete koji služi ujedno za zapisivanje podataka. Međutim, od jeseni 1976. godine može se na terenu koristiti pripadni mikrprocesor JMR-1 MP, koji radi kontrole izvodi jednostavnu obradu podataka i ispituje rezultate, tj. sve tri privremene geocentričke koordinate pojedine stajališne točke (naravno primjenjujući isključivo »jednostanični postupak«). Na taj način kompletirani model JMR-1 je po svojim kvalitetama i mogućnostima približno sličan Magnavoxovom uređaju MX 1502, odnosno instrumentu CMA 751 ili CMA 761 proizvođača Canadian Marconi, vidi poglavlje 2.1.3.

Blok-dijagram na sl. 2.4. donekle ilustrira svu složenost građe i funkcioniranja jednog doplerovskog prijemnog uređaja, jer ništa jednostavnija nije situacija niti u ostalim modelima sva tri proizvođača ove vrste instrumenata. Od iste tvrtke bi za geodete bio interesantan i model JMR-3, s također ugrađenim mikroprocesorom i stalnim (»ugrađenim«) kompjutorskim programom za trodimenzionalna (3D, prostorna) određivanja geocentričkih koordinata doplerovskih točaka već na terenu. Bitno je da je s tim uređajem također moguć automatski predizbor prolaza satelita.

Radi potpunosti treba još spomenuti i uređaj JMR-4 Sealand Surveyor, koji je namijenjen kako za upotrebu u navigaciji na moru, tako i za geodetska određivanja na kopnu. Ovaj tip instrumenta je u potpunosti kompatibilan s ostalim JMR doplerovskim uređajima, a također može sam predviđati podesne prolaze satelita, izbjegavajući slabe prolaze i slučajne neprilike (smetnje). Za JMR-4 kao i model JMR-3 može se spomenuti da su uglavnom namijenjeni za komercijalnu upotrebu, a JMR-1 za znanstvena istraživanja.



Sl. 2.3. a) Doplerovski uređaj JMR-1 na terenu (lijevo), te
b) oprema terenskog računskog centra za aparature JMR-1.



Sl. 2.4. Blok-dijagram doplerovskog sistema JMR-1.

2.1.3. Modeli tvrtke Canadian Marconi

Proizvođačka tvrtka Canadian Marconi imala je ranije na tržištu samo model CMA 722 B doplerovskog prijemnog uređaja za geodetske potrebe. Taj se instrumentalni komplet još široko primjenjuje u rješavanju određenih geodetskih zadataka, ne samo u Kanadi već i u drugim zemljama. Izgleda da se tako potvrđuje poznato pravilo da su stariji modeli terenskih instrumenata ipak izdržljiviji i nerijetko čak pouzdaniji u svojoj funkciji.

Instrument CMA 722 B realizirala doplerovska opažanja za svaki prolaz satelita potpuno automatski, kao što je to slučaj uopće za sve tipove doplerovskih prijemnika (engleski = receiver) sva tri proizvođača. Ipak— u odnosu na dva novija modela iste firme — njegova je konstrukcija jednostavnija, pa se izbor prolaza satelita kao i uključivanje odnosno isključivanje prijemnika mora učiniti ručno. Inače postupak rada teče ovako: prijemnik »traži« u području očekivane (zadane) frekvencije »nadolazeći« satelit, a čim »prepoznaje« odgovarajući signal prijemnik se prema tom signalu »navodi« sam i »slijedi« satelit za vrijeme cijelog prolaza praktički od horizonta do horizonta, tj. u vremenskom intervalu od oko 15—18 minuta. Postojeće stanje prijema pokazuje kazaljka i žaruljice, a registracija na magnetsku traku izvodi se u »kasetnoj jedinici« CMA 749 vidi npr. (Seeber 1978).

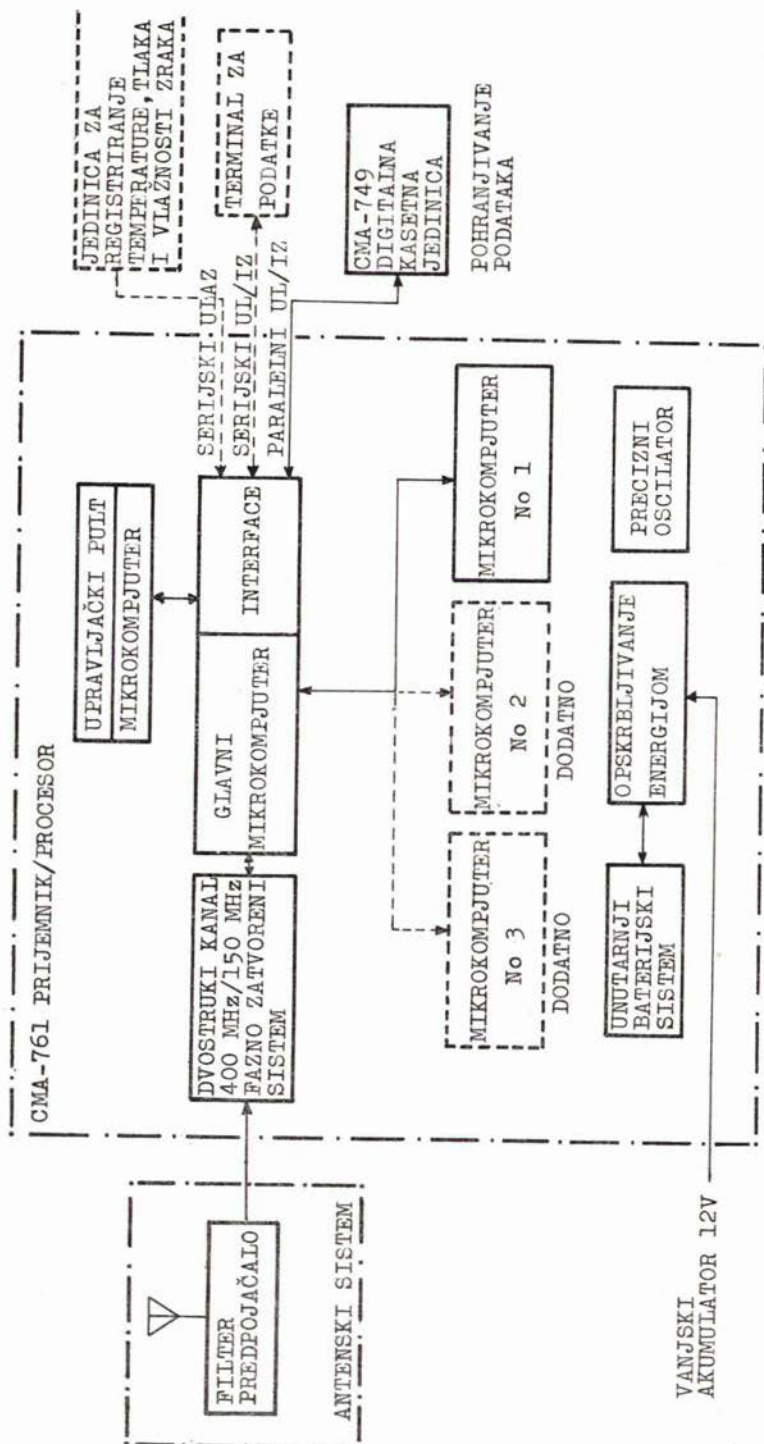
Godine 1977. je Canadian Marconi ponudio model CMA 751, čija je značajna prednost ugrađeni mikroprocesor, koji omogućuje rad u »pass programming mode-u«. Ustvari, uređaj može za do 50 prolaza satelita memorirati vremena izlaska i očekivane frekvencije, pa se sam uključuje u unaprijed zadane trenutke vremena i traži u području zadanih frekvencija željeni satelit. Osim toga se na »display«-u (ekranu) može neposredno pratiti aktualne primljene podatke, tako da se već za vrijeme opažanja poduzima prva kontrola kvalitete prijema, uostalom kao i u svim novijim modelima doplerovskih prijemnih uređaja sva tri proizvođača.

Na sl. 2.5. i sl. 2.6. prikazan je najnoviji model ove tvornice CMA-761, koji je pušten na tržište nešto prije početka 1980. godine. Taj komplet još ima dodatni element koji omogućuje registraciju meteoroloških podataka (tlak, temperatura i vlažnost zraka), dok se s ugrađenim mikrokomputerom može potpuno automatski izvoditi cijeli radni proces mjerenja, pa već na terenu izvesti, radi kontrole, privremena računanja geocentričkih koordinata doplerovske točke, tj. stajališta antene prijemnog uređaja.

Na koncu ovog poglavlja proizlazi zaključak da su najnoviji modeli sva tri proizvođača približno istih kvaliteta, pa se kupci teško odlučuju koji će model i od kojeg proizvođača naručiti. Tako na primjer u Francuskoj su se uglavnom do sada kupovani Decca Survey Limited JMR-1, u Zapadnoj Njemačkoj modeli Canadian Marconija, u Italiji Magnavoxa, a u Mađarskoj je nabavljen po jedan uređaj JMR-1 i CMA-751. Svi korisnici hvale proizvode onih kompanija koje koriste i uvijek vide i naglašavaju prednosti što im pružaju modeli koje oni posjeduju. Ipak, prilikom prvog uvođenja doplerovskih mjerenja na teritoriju SFRJ valjalo bi zasad dati prednost korištenju uređaja Magnavox MX 1502 i modelu Canadian Marconija CMA-761. Za tu svrhu oni bi se mogli osigurati posudbom, bez novčane naknade, jer je to već sasvim uobičajeno u okviru međunarodnih znanstvenih suradnji u tom posebnom geodetskom području istraživačkog rada. Još je jedan razlog zbog



Sl. 2.5. Doplerovski uređaj Canadian Marconi Company CMA 761 na terenu



Sl. 2.6. Blok-dijagram doplerovskog sistema CMA 761

čega bi bilo prikladno da se upravo ti modeli koriste jest činjenica da naši susjedi imaju najviše takvih tipova doplerovskih uređaja. Drugi je razlog da JMR-1 ima nešto različit upis na magnetskim trakama od Magnavoxa i Canadian Marconija. Ukoliko bi se, pored svih stabilizacijskih mjera u našoj zemlji, ipak mogla dobiti sredstva za kupnju 1—2 doplerovska uređaja trebalo bi iz istih razloga u sadašnjem trenutku odabrati model MX 1502 ili uređaj CMA-761, premda i novi Decca instrumenti imaju podjednako jake reference. U svakom slučaju već danas su starije modele sasvim istisnuli noviji proizvodi s omogućenim potpuno automatiziranim procesom mjerenja i njihovom istovremeno efektnom registracijom na magnetskim trakama. Za sada u Evropi ima samo ograničen broj oko 20 suvremenih doplerovskih prijemnih uređaja.

2.2. Ostali neophodni pribor (hardware)

Ovisno od toga da li doplerovski prijemnički uređaji rade poluautomatski ili koriste »pass programming mode« odnosno »automatic pass programming mode« ravnaju se i ostali neophodni pribori (elektronička-računarska oprema). Naime, ako uređaj ima ugrađen mikro-procesor manjeg ili možda većeg kapaciteta, onda će se pomoću njega moći izvesti jedan dio ili pak većina prethodnih obrada registriranih opažanja, da ih tako nazovemo — pročišćavanja sirovih podataka.

U pravilu se ipak može uzeti da je pored dovoljnog broja doplerovskih uređaja (= broj točaka + barem jedna rezerva) potrebno imati još:

- a) na terenu: klasične instrumente za mjerenje tlaka, temperature i vlažnosti zraka (osim za CMA 761, koji ima dodatni uređaj za tu svrhu),
- b) u biro u: stolno procesno računalo po mogućnosti nešto povećanog kapaciteta njegove memorije, zatim i jedinicu za 9-kanalne magnetske trake odnosno spojni modem za omogućavanje složenih izračunavanja na velikom elektronskom računskom sistemu. Uistinu, bez korištenja kompjutorskog sistema, s vrlo velikom brzinom izvođenja svih operacija i zadovoljavajuće velikim kapacitetom memorije uopće je nezamisliva složena numerička obrada podataka doplerovskih opažanja.

2.3. Kompjutorski programi (software)

Software koji se dosad koristi u obradi doplerovskih opažanja satelitske geodezije prilagođen je ili za minikompjutore ili za velike računске sisteme. Sve firme proizvođači doplerovskih uređaja imaju svoje programe koji su pogodni upravo za njihove uređaje. Na primjer, Decca Survey Limited je u 1978. godini za JMR-1 i mini-kompjutore — stolna računala tipa Hewlett-Packard 2100 i 21 MX sa 16 K memorije — nudila programe SP-7 i SP-7T, kojima se izjednačuju podaci opažanja pri jednostaničnom postupku (»single point«) i translokacijskom načinu. Ovi programi su napisani u programskom jeziku Assembler. S druge strane, za velike računске sisteme ista tvrtka nudi programe SP-2P i SP-2T, a mogu se lagano koristiti na svim kompjutorima koji vrlo brzo izvode računске operacije i imaju kompajler za programski jezik Fortran IV. Prvim »Decca«-inim programom se iz više prolaza satelita izračunavaju pri jednostaničnom postupku koordinate stanice s dostupnom visokom točnošću, a drugim se izjednačavaju opažanja na najviše 4 točke odre-

divane translokacijskim načinom, i rezultati su, naravno, znatno točniji. Osim toga u »Data Centre of Decca Survey Limited« postoje programi SAT1 do SAT10 za jednostanično rješenje, translokaciju, Alert-računanja (za predviđanje prolaza satelita) i »majority vote« (za traženje pogrešaka u prijemu radio-signalu odaslanih sa satelita, tj. »broad cast« efemerida), detaljnije vidi u (Decca 1978). Vjerojatno su svi ovi programi već sada poboljšani.

Tvrtka Magnavox ima također ugrađene programe u mikroprocesorima svojih uređaja, a od sredine 1980. godine nudi software (programe) za velike kompjutorske sisteme koji omogućavaju određivanje geocentričkih koordinatnih razlika između točaka, na osnovi izjednačenja doplerovskih podataka mjerenja, čak s točnošću od ± 30 cm.

Međutim, do sada su se u većini međunarodnih doplerovskih kampanja obično koristili programi izrađeni u znanstveno-istraživačkim institucijama, a neki od njih su navedeni u tabeli 2.1 prema podacima preuzetim iz literature. U poblize razmatranje te software-ske podrške ovdje se iz razumljivih razloga ne može ulaziti. Ipak valja naglasiti da su takvi kompjutorski programi vrlo složene građe, te da se u njima uglavnom vodi računa o svim bitnim činjenicama koje su već istaknute u člancima (Solarić, Čolić 1981) i (Čolić, Solarić 1981). U novije vrijeme na usavršavanju tih programa rade cijele ekipe veoma verziranih stručnjaka, pa se čak i neke institucije udružuju u tom veoma kompleksnom poslu; jedan takav primjer je i programski paket ORBDOP, vidi tabelu 2.1.

Tabela 2.1 — Pregled kompjutorskih programa za izjednačenje doplerovskih mjerenja

PROGRAM	PORIJEKLO	RJEŠENJE
SAGA (1969, . . .)	AFCL (Australija)	SA*
ORB	Royal. Obs. Bruxelles (Belgija)	JS
DOPWELLS (1974)	Univ. of New Brunswick, autor: Wells, J. D. (Kanada)	JS
GDP	IGN (Francuska)	JS, SA
GDI	IGN (Francuska)	JS
GEODOP (1) (1975)	Geodetic Survey Canada, autori: Kouba—Boal (Kanada)	JS, VS
GEODOP (2) (1976)	Geodetic Survey Canada, autori: Kouba—Boal (Kanada)	JS, VS
ORBDOP (1978)	IFAG (SR Njemačka i Univer- sity of N. Brunswick (Kanada)	JS, VS
(GEODOP+INTORB)		SA
SIPO	GRGS/CNES (Francuska)	JS
GDS (1978)	IGN (Francuska)	JS, SA

* značenje kratica: SA = »short arc«-model, JS = jednostanično rješenje, VS = više-stanično rješenje

Najčešće se do sada za višestanično rješenje, posebno u međunarodnim projektima, koristio program GEODOP, (Boal i Kouba 1974), pa će ga se ovdje ukratko opisati. U njemu se uzimaju u obzir parametri za korekturu nominalne troposferske refrakcije, vrijeme širenja signala u prijemniku, ko-

rekcija razlike frekvencija $f_s - f_o$, kao i vektor pomaka za putanju satelita. Pri tome se putanja satelita aproksimira pomoću Čebiševljevog polinoma 7. stupnja, a može se birati čvrsta putanja, (kad je »bias« (ostatak) = 0), ili pak dozvoliti 3 stupnja slobode, tj. odstupanja uzduž putanje ± 26 m poprijeko na nju ± 5 m i okomito na ravninu putanje ± 10 m. Ostali po izboru unosivi parametri su a priori ocjenjene vrijednosti za zakašnjenje signala u prijemnike, koeficijent korelacije za susjedne »dopler count«-e, kao i kriterij za statistički test prilikom odabiranja podataka. Dodatno se mogu još unijeti kriteriji za izbor prolaza postojećih satelita za maksimalno dostignuti visinski kut od 15° u trenutku najvećeg približenja. Posebno je važno istaknuti da se i s ovim programom mogu obrađivati podaci u originalnom formatu registracije svih tipova doplerovskih prijemnih uređaja.

3. PRAKTIČNO PROVOĐENJE DOPLEROVSKIH OPAŽANJA I OBRADJE PODATAKA S POSEBNIM OSVRTOM NA EVENTUALNO NJIHOVO UVOĐENJE U JUGOSLAVIJI

U praktičnom izvođenju doplerovskih opažanja u većini slučajeva radi se prvenstveno o zahtjevu za (uglavnom) simultanim mjerenjima s izvjesnog broja doplerovskih stanica. Drugim riječima, za geodetske potrebe se danas u pravilu uopće ne poduzimaju mjerenja te vrste sa samo jedne doplerovske točke, nego odjednom na nekoliko tih točaka koristeći tzv. translokacijski postupak ili više staničnu metodu, vidi (Čolić, Solarić 1981). Pod već spominjanim pojmom »doplerovska opažačka kampanja« (engl. doppler observation campaign) podrazumijevaju se kratkotrajna ali intenzivna mjerenja s doplerovskim prijemnim uređajima raspoređenim na terenu dosta velikog protezanja. Ta opažanja obično traju od samo nekoliko dana do maksimalno oko mjesec dana, izvode se i po danu i po noći, i to u svrhu određivanja geocentričkih koordinata novouključenih doplerovskih točaka, oslanjajući se na već postojeće takve točke (»stanice«) i koristeći posebne postupke rada. Očito je da se ove mjerne kampanje moraju realizirati kroz učešće stručnjaka iz većeg broja domaćih i inozemnih organizacija, za što je neizbježna odgovarajuća međunarodna suradnja gotovo u pravilu multilateralnog karaktera. (- - 1979a), (Kouba 1980), (Pesec 1980), (Wilson i dr. 1978) i dr.

Tako postaje sasvim jasna i neophodnost prethodnih studija i inicijalnih kontakata, a zatim — nakon donošenja odluke o realizaciji jednog takvog projekta — nužnost veoma serioznih priprema te stručnih dogovora, ali i zaista savršene koordinacije svih učesnika u procesu praktičnog izvođenja terenskih doplerovskih opažanja, kao i opravdanost jedinstvene konačne numeričke obrade na kompjutoru svih tako dobivenih mjernih podataka (Seeber 1978, 1979). Konačno, sve to ističe i svu težinu realizacije takvih zahvata, pa je zato razumljivo da su dosad sve doplerovske opažačke kampanje u Evropi (počam od projekta EDOC I, preko DÓDOC-a na EDOC II, EROS-DOC i dr., sve do nedavno dovršene zapadno-istočno evropske kampanje — WEDOC, vidi i (Solarić, Čolić 1981) bile ostvarene na cijelim teritorijama barem dvije, obično više susjednih država, a uz sudjelovanje brojnih naučno-istraživačkih institucija i iz drugih zemalja. Na taj način postavljeni su zapravo temelji za jedinstvenu »Evropsku doplerovsku mrežu« koja se još i sada dograđuje od-

drugim kontinentima, s time da se u Africi i Aziji uočava sve veće učešće nesvrstanih država odnosno zemalja u razvoju (Solarić, Čolić 1981).

Prije početka bilo koje doplerovske kampanje treba — na osnovi prethodno učinjene temeljite studije cjelokupne zahvaćene problematike i postavljenog cilja — odabrati globalan raspored svih uključenih doplerovskih točaka (stanica), a zatim prema objektivnoj situaciji učiniti detaljan izbor položaja novih točaka na terenu te samo grubo odrediti njihove geografske koordinate. To jest:

Nove doplerovske stanice se raspoređuju prema unaprijed utvrđenoj svrsi, tj. u skladu s definiranom namjenom i iz toga proizašlim zahtjevima. Pri tome treba voditi računa još o najpovoljnijim udaljenostima i položajima naspram postojećih doplerovskih stanica, od kojih se, kao nepomičnih oslonaca, polazi u toj opažачkoj kampanji. Rješenje tog problema donekle olakšava okolnost da za doplerovska opažanja satelitske geodezije ne vrijede strogo isti principi kao u klasičnoj geodeziji, pa tako i obzirom na staro pravilo o rasporedu točaka odnosno obliku nastalih figura. Doduše, radi postizanja veće točnosti treba težiti što pravilnijoj geometrijskoj formi, jer će se inače pomoću doplerovskih mjerenja odrediti točnije iznos svake dužine nego li njezin smjer (Pesec 1981).

U sadašnjem trenutku može se zastupati stanovište da se uključenjem u Evropsku doplerovsku mrežu samo jedne nove doplerovske točke na teritoriju neke države neće ni u kom smislu puno postići, jer su npr. za kontrolu orijentacije astrogeodetske mreže odnosno važećeg »geodetskog datuma« unutar izvjesnih nacionalnih granica potrebne barem 3 ili više novoodređenih doplerovskih točaka, tj. njihove geocentričke koordinate. S druge strane točnost njihovih određivanja se osjetno smanjuje pri povećanju međusobnih udaljenosti polaznih i novih doplerovskih točaka, koje ne bi smjele prelaziti 400—500 km, premda se i gušći raspored točaka na znatno ispod 200 km također ne bi mogao opravdati, jer što će onda već postojeće terestričke trigonometrijske i visinske mreže odnosno ogromni u njih uloženi naponi. Kao što je u prethodnom članku (Čolić, Solarić 1981) već naznačeno, bilo bi baš zbog ovih razloga neophodno uspostaviti 5 »osnovnih« doplerovskih točaka (stanica) na cijelom teritoriju SFR Jugoslavije i to 4 blizu granica sa susjednim zemljama a petu oko središta naše države. Od tih osnovnih točaka kasnije bi se samostalno razvijala »jugoslavenska doplerovska mreža« odnosno »nulta geodetska mreža SFRJ«. O tome će biti više riječi drugom prilikom.

Detaljni izbor položaja novih terestričkih točaka može se u potpunosti učiniti tek nakon pažljivog rekognosciranja terena (Seeber 1980). Pri tome se mora imati na umu da je za postavljanje antene na svakoj opažачkoj stanici osnovni zahtjev upravo postojanje slobodnog vidika, odnosno da u okolišu nema prepreka čiji elevacioni kut prelazi 10°. Također treba misliti i na potrebnu cestovnu dostupnost doplerovskih točaka zbog prijevoza uređaja i operatera do tih položaja na terenu. Olakšanje će predstavljati i mogućnost direktnog priključka doplerovskih uređaja na električnu struju, odnosno da se prilikom punjenja akumulatora koliko je moguće izbjegnu njihova prenošenja na veće udaljenosti.

Ako je moguće antenu treba postaviti na zemlju da se smanji refleksija primljenih satelitskih radio-signalâ od terena. Zato se i u (Seeber 1978) zalaže za primjenu podnožne ploče velikog promjera. Signal se može reflektirati i od metalnih konstrukcija, pa će prijelnik primati dva signala čiji će se fazni

odnos mijenjati za vrijeme opažanja. Uslijed ovog razloga ne smije se antena smjestiti blizu metalnih konstrukcija, dok u planinskim predjelima refrakcija može izazvati zakretanje signala, zbog čega će ih uređaji primati i kad je satelit ispod horizonta. Također antena se mora smjestiti na mjesto s minimumom radio-smetnji, pa se obavezno iz tih razloga valja izbjegavati područja radio-odašiljača s frekvencijom od ili blizu 150 MHz i 400 MHz, zatim visokonaponske linije i transformatore, kao i radare, prekomjerne smetnje od paljenja motora auta, radio-stanice za auto-taxi i sl. (Magnavox 1977). Radi dokumentacije situacije na stajalištu antene pokazalo se korisnim snimiti nekoliko fotografija panorame horizonta s antenom i eventualno s pripadnim doplerovskim uređajem (Seeber 1978, 1979), koji može zbog ograničene dužine spojnog kabela biti udaljen maksimalno oko 30 m od stajališne antene, tj. od pojedine doplerovske stanice (točke).

Naravno da upravo navedene činjenice, uz neke druge objektivne okolnosti, mogu biti uzrokom da se za planirane »osnovne« doplerovske stanice ipak ne mogu koristiti neke već ranije uspostavljene i stabilizirane Laplaceove odnosno geoidne točke. Zato se uvijek mora računati i s nužnim korištenjem alternativnih rješenja, tj. ako ulijed više sile nije prihvatljivo da se koriste izvjesne astro-geodetske točke, tada dolaze u obzir njihovi naknadno stabilizirani ekscentri, ili će se nove doplerovske stanice pomaknuti na neke dosta blizu ležeće geodetske točke, odnosno na druga po potrebi izmaknuta čvrsta stajališta. Važno je da ekscentrična stajališta mogu biti i na većim udaljenostima, koje ne bi trebale prelaziti cca 1 km (Seeber 1978, 1979), (Pesec 1981), dok bi treća varijanta, s primjenom proizvoljno odabranih i posebno označenih točaka na terenu, zahtijevala još veće dodatne radove i znatna materijalna sredstva. Naime, tada je nužno da se hitno obave nova astronomska mjerenja i da se uobičajenim geodetskim metodama uključe u postojeću položajnu i visinsku osnovu, kako bi se obavljena doplerovska opažanja mogla konačno upotrebiti za utvrđene svrhe, radi kojih su kao takva i izvedena. Prve dvije navedene alternative su u tom smislu znatno povoljnije, jer tada astronomska opažanja potpuno otpadaju, a geodetska mjerenja su radi određivanja redukcija za ekscentrična stajališta ili nepotrebna ili svedena na minimum. O tome se mora voditi računa prilikom uvođenja doplerovske tehnologije i na teritoriju SFR Jugoslavije.

Međutim, ovdje treba istaći da se povezivanje na aktualnu važeću geodetsku državnu mrežu obavlja izvan doplerovskih kampanja, obično u znatno kasnije vremensko doba, i da to u pojedinoj zemlji obave njezini geodetski stručnjaci. Razlog je da takvo vezivanje uopće nije potrebno za izvođenje doplerovskih opažanja, niti za numeričku obradu njihovih automatski registriranih podataka, vidi npr. (Pesec 1980, 1981). Upotrebljavaju se doista samo približne geografske koordinate za odabrane položaje doplerovskih stanica, i to radi utvrđivanja radio-vidljivosti satelita pri pojedinim njihovim prolazima obzirom na baš ta stajališta, pa će u tu svrhu potpuno zadovoljiti već grubo očitavanje geografskih koordinata s postojećih topografskih karata, npr. mjerila 1 : 50.000.

Dakako, s naprijed navedenim učinit će se samo jedan dio važnih predradnji, dok je drugi dio, tog za uspjeh jedne doplerovske opažačke kampanje presudnog posla, po opsegu znatno veći. Neophodnim inicijalnim kontaktima ustanovljuje se koje će domaće i inozemne institucije u potrebnom trajanju

i alternativno postavljenom vremenskom terminu odvijanja predmetne zajedničke kampanje moći sudjelovati u njenoj realizaciji, tj. staviti na raspolaganje posjedujuće doplerovske uređaje ili s vlastitim ekipama izvoditi simultana opažanja na svojim već postojećim odnosno novim doplerovskim stanicama, ili se možda uključiti u rad samo s odgovarajućim opažачkim grupama te s raspoloživim kompjutorskim programima za obradu podataka.

Broj ustanova učesnica u dosadašnjim doplerovskim kampanjama je često dosezao brojku od oko 10, vidi npr. (Boucher i dr. 1979), (Pesec 1980) i dr. Uostalom, u Evropi za sada samo naučno-istraživačke institucije posjeduju po jedan, a rijetko po dva doplerovska prijemna uređaja (ukupno oko 20), a još ih manje ima uhodanih kompjutorskih programa za komplicirana numerička računanja u obradi podataka doplerovskih mjerenja. Poslije toga u pripremljenoj fazi treba poduzeti ispitivanja ispravnosti funkcije svih doplerovskih uređaja, čija je upotreba predviđena u izvjesnoj opažачkoj kampanji. Taj delikatni posao kontrole izvode u pravilu dobro verzirani stručnjaci u institucijama vlasnika pojedinih uređaja. Međutim, na temelju dosadašnjeg iskustva uočilo se da je tik prije svake doplerovske kampanje potrebno na jednom pogodno odabranom mjestu, obično na »osnovnoj stanici«, obaviti tzv. predkalibraciju uključenih doplerovskih uređaja u trajanju od 4—5 dana, a odmah poslije završetka kampanje poduzeti njihovu postkalibraciju, za koju je također potrebno 4—5 dana. Na taj način može se osjetno povisiti točnost rezultata, tj. određivanja geocentričkih koordinata novih doplerovskih stanica (Pesec 1981). Isto tako je veoma korisna i već ustaljena praksa da pri samom izvođenju doplerovskih opažanja, tj. u radu svake radne grupe na točkama na terenu, sudjeluje po jedan od stručnjaka iz matične institucije vlasnika pojedinog instrumenta, kako bi ga imao stalno pod kontrolom i mogao — zahvaljujući iskustvu i dobrom poznavanju baš tog uređaja — otkloniti neke eventualno nastale smetnje, koje bi inače mogle čak ugroziti uspjeh dotične doplerovske opažачke kampanje.

Osim ispitivanja doplerovskih uređaja potrebno je prije početka svake takve kampanje, kao i po njenom završetku, poduzeti baždarenje svih pomoćnih instrumenata, prvenstveno barometra i termometra. Nadalje je za napajanje mjernih uređaja na terenu često neizbježna upotreba akumulatora, pa treba pravovremeno poduzeti njihova punjenja iz električne mreže, odnosno osigurati punjenje na licu mjesta. Također se mora na vrijeme nabaviti dovoljna količina magnetskih traka za svaku doplerovsku stanicu, koja je u tu kampanju uključena. Treba na vrijeme utvrditi vremenske planove i načine transporta te osigurati prometna sredstva (najbolje kombi-auta), a isto tako riješiti pitanje prehrane i smještaja ekipe na terenu, vodeći računa da se radi danonoćno bez obzira na promjene vremenskih prilika (pogodni šatori, bolje kamp-prikolice). Postoji naravno, još niz operacija koje treba riješiti u fazi pripreme neke doplerovske opažачke kampanje, ali neće ih se ovdje posebno spominjati iz razumljivih razloga.

Međutim, već i naprijed izložene činjenice ukazuju na specifične probleme u praktičnom provođenju doplerovskih opažanja, pa se na ovom mjestu može iznijeti tvrdnja da je za svaku ovakvu kampanju nužna upravo perfektna organizacija, a da ionako izraženu odgovornost u rukovođenju i praktičnoj realizaciji takvog zahvata povećava primjena inozemnih doplerovskih prijemenika, učešće stranih stručnjaka te istovremeni pogoni doplerovskih stanica

i u susjednim zemljama. Zbog svega toga se za uspješno odvijanje neke doplerovske opažačke kampanje pokazalo potpuno opravdanim, čak i doista nužnim da rješenja svih nastalih organizacijskih problema preuzme jedna od učestvujućih organizacija, obično naučno-istraživačkog karaktera i s ljudima koji vladaju čitavom zahvaćenom problematikom. Ta institucija osniva u tu svrhu tzv. operativni centar, koji zatim preuzima sve zadatke za cjelokupnu koordinaciju stručnog rada, počevši od priprema, pa preko izvođenja terenskih poslova do zaključno jedinstvene numeričke obrade svih dobivenih doplerovskih podataka. Njegovo uspješno djelovanje ogleda se onda u ostvarenju uistinu savršene koordinacije između svih učesnika u predmetnoj doplerovskoj kampanji, vidi npr. (Schneider 1978) i dr.

Za uspjeh takvog poduhvata značajna je i dobra uvježbanost uključenih opažačkih ekipa za rad na terenu. Budući da se doplerovska mjerenja na zaposjednutim točkama (stanicama) odvijaju non-stop za vrijeme trajanja neke kampanje trebale bi terenske ekipe biti sačinjene od po 3 opažača, radi rada u smjenama od po 8 sati. Ponekad se zbog ušteda i jer je rad opažačima olakšan zbog automatskog rada doplerovskih prijemnika uspjeva proći i sa 2 iskusna opservatora na pojedinoj stanici (Seeber 1979), ali bolje je planirati ekipe od po 3 člana (Pesec 1981). Radi osposobljavanja novih opažača uputno je organizirati tzv. doplerovsku školu u okviru aktivnosti formiranog operativnog centra. Postoji mišljenje da se taj »trening« opažača, zajedno s definitivnim stručnim dogovorima za nesmetano izvođenje predmetne doplerovske kampanje, treba održati na jednom pogodno odabranom mjestu u trajanju od 5—6 dana, i to uoči početka te kampanje, zapravo neposredno prije poduzimanja predkalibracije prispjelih doplerovskih uređaja, uz učešće pratećih stručnjaka iz matičnih institucija. Tako se također znatno smanjuju financijski troškovi, ali i reducira vrijeme ukupne okupiranosti ovih instrumenata za svaki poduhvat te vrste, obično na manje od mjesec dana.

Po dolasku na teren, tj. na prethodno odabrane položaje novih doplerovskih stanica, opažačke ekipe poduzimaju odmah sve pripadne radnje za koliko je god moguće nesmetano odvijanje kampanje, a pored svega navedenog moraju osigurati korištenje telefonskih linija ili još bolje telexa, radi međusobnog komuniciranja i stalne veze s operativnim centrom. Nakon što su sve antene, kako na novim tako i na postojećim doplerovskim stanicama, postavljene na svoja mjesta, spojene pomoću odgovarajućih kabela s doplerovskim prijemnicima, a ovi priključeni na izvore napajanja, može se započeti s fazom stvarnih doplerovskih opažanja u sklopu predmetnog poduhvata — kampanje. U toku terenskih radova zahtijeva se maksimalna koncentracija svakog dežurnog stručnjaka, jer se učinjeni propusti ne mogu zbog specijalne prirode doplerovskih opažanja popraviti. Ponekad će se pojaviti i nepredviđene »smetnje u eteru« pa se zato nastoji što više izbjeći eventualne greške u rukovanju uređajima, kako bi se broj propalih (»izgubljenih«) prolaza satelita stvarno mogao na svim zaposjednutim doplerovskim točkama svesti na minimum ili barem reducirati na podnošljivu mjeru.

Ako se posjeduju stari tipovi prijemnih uređaja tada se moraju na odnosnoj stanici učiniti i prethodna doplerovska mjerenja, na temelju kojih se onda na licu mjesta izvedu neophodna tzv. Alert-računanja, obično po programima proizvođačkih firmi. Rezultati ovih izračunavanja sadrže vrijeme izlaska i zalaska satelita, trenutak najvećeg približavanja satelita opažačkoj

stanici, broj (oznaku) satelita, najveće izdizanje iznad horizonta, a u nekim slučajevima i druge interesantne veličine. Na temelju ovih podataka se onda može ručno učiniti program opažanja i isključiti prolaze satelita s malim elevacijama, (Wilson i dr. 1975). Nasuprot tome kod novijih modela doplerovskih prijemnika moguće je automatsko odabiranje pogodnih prolaza satelita pomoću programiranog mikroprocesora, vidi npr. (Magnavox 1977).

Za vrijeme kampanje u starijih tipova doplerovskih prijemnika rad uređaja se mora stalno kontrolirati kako bi se izbjegle smetnje u prijemu signala, odnosno registriranje neželjenih prolaza satelita. Nove tipove doplerovskih uređaja s »pass programming mode«-om praktički se kontrolira uglavnom pri izmjeni magnetskih traka (kasete) za registriranje podataka mjerenja. Naime, zahvaljujući ugrađenom mikroprocesoru prijemnik će sam u »pass programming mode«-u memorirati vremena izlazaka i očekivane doplerovske frekvencije za oko 50-ak prolaza satelita što su prethodno izračunati Alert-programom. Osim toga uređaj će se sam uključivati u naprijed dane trenutke vremena, te tražiti prijem signala sa satelita u uskom području zadanih frekvencija, zbog čega su signali koji smetaju i nepogodni sateliti uglavnom isključeni. Dapače, na display (ekranu) može se neposredno pratiti što radi uređaj, a moguće je tako učiniti prvu kontrolu prijema signala kao i izračunati privremene geografske koordinate aktualne stanice, vidi npr. (Magnavox 1977).

Što se tiče samog rada doplerovskog prijemnog uređaja već je ranije spomenuto da antena prima sa satelita emitirane radio-signale, koji zapravo donose (sadrže) sve potrebne informacije o »opažanim« položajima u satelitskim orbitama, tj. operabilne efemeride. Na osnovu stabilne referentne frekvencije proizvedene u svom prijemniku sam uređaj određuje pomake frekvencija primljenih signala, na osnovu kojih se integriranjem u izvjesnim vremenskim intervalima dobiju pripadni »doppler count«-i (doplerovski zbrojevi). Te »izmjerene« vrijednosti doplerovski uređaj zbog velike brzine satelita (oko 7,5 km u sekundi) mora odmah automatski zapisati na magnetske trake u kasetama. Na njima se još upisuju jedino aktualni meteorološki parametri na pojedinoj doplerovskoj stanici, koje opažać unosi preko tastature instrumenta. Na druge registrirane podatke on nema nikakva utjecaja, već ih može jedino izbrisati, što se čini samo u slučaju pojave nepredviđenih smetnji. To znači da on zapravo i nije opažać u klasičnom geodetskom smislu, već je njegova prvenstvena uloga u održavanju automatskog rada nadgledanog doplerovskog uređaja za vrijeme prijema radio-signala sa satelita.

Trajanje opažanja ovisi o primijenjenom postupku i željenoj točnosti određivanja geocentričkih koordinata odnosno geocentričkih koordinatnih razlika uključenih doplerovskih točaka. Kada bi se radilo s jednostaničnim postupkom uz korištenje preciznih efemerida bilo bi za srednje geografske širine, kao što je područje naše zemlje, potrebno 5—6 dana neprekidnih opažanja, da se dobije 40-ak registracija uporabljivih prolaza satelita. To će biti ostvareno u slučaju ako stoje na raspolaganju 2 TRANSIT-satelita, dok je za jedan takav satelit potrebno dvostruko više vremena, tj. 10—12 dana. Još duži periodi opažanja u pravilu ne donose neko osjetljivo povećanje točnosti određivanja geocentričkih koordinata opažaćkih stanica. Pri radu s operabilnim (»broad cast«-) efemeridama, kada se koriste svi raspoloživi sateliti TRANSIT, uobičajeno je da se opaža 3—4 dana, ali je već navedeno da je tada točnost

ograničena. Za ostala tri načina, tj. translokacijsko, multistanično i »short arc« rješenje, uzeto je kao pravilo da je pri upotrebi »broad cast«-efemerida dovoljno opažati na svakoj stanici nekih 8—10 dana, da bi se dobila točnost relativnih koordinata od oko $\pm 0,5$ m ili još bolje. Kao što je rečeno s postkalibracijom svih doplerovskih uređaja, na mjestu gdje je bila izvedena predkalibracija, završeni su terenski radovi u doplerovskoj opažačkoj kampanji.

Sve magnetske trake (kasete) na kojima su registrirana opažanja za vrijeme opažačke kampanje, predkalibracije i postkalibracije skupe se u jednom računskom centru u kome je instalirana software-ska podrška (programi). Prije obrade podataka u tom centru na velikom računskom sistemu moraju se podaci mjerenja registrirani u kasetama prenijeti na velike magnetske trake ili na drugi medij s kojeg se mogu poslije unositi u taj kompjutor. Premda se koristi elektronička tehnologija cjelokupni proces pripreme (pročišćavanja) i numeričke obrade podataka potraje i po desetak dana, čak i mnogo više.

Konačni rezultati svake doplerovske opažačke kampanje su geocentričke koordinate X, Y, Z (ili B, L, H) odnosno razlike geocentričkih koordinata novoodređenih doplerovskih stanica u odnosu na susjedne polazne (osnovničke) stanice te vrste. U internacionalnim doplerovskim projektima se u skladu stanice te vrste. U internacionalnim doplerovskim projektima, ti se rezultati dostavljaju svim organizacijama učesnicama, odnosno na odgovarajući način publiciraju. Budući da se izjednačenjem dobivene prostorne koordinate doplerovskih stanica odnose na opći (srednji) Zemljin elipsoid sa središtem u centru Zemlje (geocentru), u pravilu se ne pojavljuju nikakve poteškoće pri objavljivanju takvih rezultata. Svaka ih zemlja koristi kasnije prema svojim mogućnostima i stvarnim potrebama.

Na koncu — jer je to treći po redu članak istih autora — treba primjetiti da praktična primjena doplerovskih opažanja satelitske geodezije postaje u današnje vrijeme gotovo neizbježna, tj. sve šira i raznolikija. Tako se ona već često upotrebljava u određivanju orijentacionih točaka za fotogrametrijska snimanja, zatim u raznim inženjersko-tehničkim zahtevima, kao i u rješavanju nekih geodinamičkih problema, vidi npr. (Kouba 1980) i dr. Međutim, najčešća primjena pripada u domenu osnovnih geodetskih radova, jer se tako postiže do nedavno još neslućeno poboljšanje u orijentaciji nacionalnih geodetskih mreža (»datuma«), kao i sigurno prostorno lociranje pripadnog dijela plohe geoida itd. O naprijed izloženim konzekvencama trebat će zato naročito voditi računa prilikom uvođenja doplerovskih mjerenja na teritoriju SFR Jugoslavije. Autori se za taj zahvat i zalažu, ali su svjesni da je to moguće ostvariti samo na opće-jugoslavenskom nivou, s učešćem svih domaćih geodetskih naučno-istraživačkih institucija i uz potpunu podršku svih zainteresiranih faktora u zemlji. U tom smislu jamačno je potrebno poduzeti sve moguće i neophodne korake.

Autori su u svojim izlaganjima, oslanjajući se na brojne dostupne izvore literature, nastojali objektivno prikazati ovo novo područje geodetske znanosti i djelatnosti, pa će biti zahvalni za svaku dobronamjernu sugestiju ili diskusiju na stranicama »Geodetskog lista«. Ustvari sa sva tri članka je (uglavnom) prezentirana, premda u nešto skraćenom obliku, cjelokupna problematika doplerovskih mjerenja u okviru geodetskih potreba na kopnu. Tako su stvoreni uvjeti da se u idućem radu — oslanjanjem i na druge relevantne činjenice —

poblize razmotri koncept novopredložene »geodetske mreže nultog reda SFR Jugoslavije«, za koju je neophodno stvaranje »osnovne doplerovske mreže« na teritoriju cijele naše zemlje.

LITERATURA:

Ovdje su uz izvore literature navedene u člancima (Solarić, Čolić 1981) i (Čolić, Solarić 1981) korišteni još:

- [1] Blaha, F. (1979): Features and Capabilities of the New Generation CMA-751 Satellite Doppler Field Survey System, The Second International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin, Texas 1979.
- [2] Chemberlain, S. (1980): The MX 1502 Satellite Surveyor Description and Use, Magnavox Technical Paper, 1980.
- [3] Čolić, K., Solarić, M. (1981): Problemi točnosti doplerovskih opažanja satelitske geodezije, Geodetski list br. 7—9, Zagreb, 1981.
- [4] Magnavox (1977): Surveyor's Operation and Service Manual MX 1502 Satellite Surveyor, Magnavox Report R-5807, California 1977.
- [5] Seeber, G. (1978, 1979): Osobni razgovori, Hannover 1978, 1979.
- [6] Sigl, R., Torge, W. (1981): Berichte zur XVII: Generalversammlung der IUGG-Assoziation für Geodäsie im Dezember 1979 in Canberra, Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV) 106, Heft 2, 53—100, Stuttgart 1981.
- [7] Thomas, A., Stansell, Jr. (1979): The MX 1502 Satellite Surveyor, Magnavox Technical Paper, 1979.
- [8] Wells, D. E. (1974): Doppler Satellite Control, Department of Surveying Engineering University of New Brunswick, Fredericton, 1974.
- [9] . . . (1979a): Proceedings of 2nd International Symposium on Satellite Doppler Positioning, Austin 1979.

Uključene su i brojne publikacije proizvođača doplerovskih prijemnih uređaja i opreme.

SAŽETAK

U članku se najprije prezentiraju doplerovski prijemnički uređaji i njihove karakteristike i to svih triju najznačajnijih proizvođača na svijetu (Canadian Marconi, Decca Survey Limited — JMR i Magnavox). Zatim su potertani praktični problemi koji se susreću pri ostvarenju neke (internacionalne) doplerovske opažacke kampanje i numeričkoj obradi kod toga registriranih podataka. Zajedno s dva ranija članka (Solarić, Čolić 1981) i (Čolić, Solarić 1981), u kojima su analizirane teoretske osnove i metode izvođenja, apsolvirana je uglavnom, premda u nešto skraćenoj formi, cjelokupna problematika satelitskih doplerovskih opažanja za geodetske potrebe na kopnu. Sada su autori u situaciji da u idućem članku oslanjajući se i na druge relevantne činjenice — poblize razmotre koncept po njima predložene »geodetske mreže nultog reda SFR Jugoslavije«, za koju je nužno prethodno uvođenje doplerovske tehnologije satelitske geodezije na nekoliko tzv. osnovnih doplerovskih točaka preko cijelog jugoslavenskog teritorija.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Aufsatz präsentiert man zunächst die Doppleremfangsgeräte und ihre Eigenschaften, und zwar aller drei wichtigsten Herstellungsfirmen in der Welt (Canadian Marconi, Decca Survey Limited — JMR und Magnavox). Danach sind die praktischen Probleme unterstrichen, die man bei der Verwirklichung einer (internationalen) Doppler-Beobachtungskampagne, sowie bei der Auswertung der dabei registrierten Daten begegnet. Zusammen mit zwei früheren Artikeln (Solarić, Čolić 1981) und (Čolić, Solarić 1981), in denen die theoretischen Grundlagen und die Durchführungsmethoden analysiert worden sind, ist hauptsächlich — wenn auch in einer etwas verkürzter Form — die gesamte Problematik der Satelliten-Dopplerbeobachtungen für geodätische Belange auf dem Festland absolviert. Nun sind die Verfasser in der Lage, im nächsten Aufsatz — anlehnend auch an andere betreffende Tatsachen — das Konzept des von ihnen vorgeschlagenen »geodätischen Netzes nunter Ordnung SFR Jugoslawiens«, wofür die vorhergehende Einführung der Dopplertechnologie der Satellitengeodäsie an einigen s.g. Doppler-Grundpunkten über das ganze jugoslawische Territorium notwendig ist, näher zu betrachten.