



PD 16214



003108834

COBISS ©

**Univerzitet u Beogradu
Građevinski fakultet**

Mr. Dejan Gavran, dipl. građ. inž.

**RAZVOJ METODOLOGIJE I
TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA
ZA
PROSTORNO PROJEKTOVANJE AERODROMA**

— doktorska disertacija —

Beograd, 1996.

PA 16214



UNIVERZITET U BEOGRADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Mr Dejan Gavran, dipl.grad.inž.

RAZVOJ METODOLOGIJE I TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA
ZA PROSTORNO PROJEKTOVANJE AERODROMA

- doktorska disertacija -

Beograd, 1996.

РЕПУБЛИКА СЪББОРА
НА РЕПУБЛИКАТА - БЪЛГАРИЯ
№ 108834

11501 29



Mentor:

Prof. Dr Vojo Andjus, dipl.građ.inž.
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

Članovi komisije:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Datum odbrane: , Beograd

Razvoj metodologije i tehnoloških postupaka za prostorno projektovanje aerodroma

Apstrakt:

Radom je predstavljen razvoj metodologije i programskog paketa za prostorno projektovanje aerodroma. Prvo je analizirana svaka od faza projektovanja aerodroma, počev od generalnog, preko idejnog, do glavnog i arhivskog projekta. Aktivnosti procesa projektovanja organizovane su u strukturne dijagrame i posebno su istaknute one aktivnosti koje zahtevaju primenu specifičnog CAD paketa za geometrijsko projektovanje.

Dok primena CAD-a u oblasti mašinskog inženjerstva uglavnom počiva na 3D solid modelima, dotle CAD paketi namenjeni projektovanju aerodroma i puteva uglavnom rade sa relativno izolovanim standardnim projekcijama; situacionim planom, poprečnim i podužnim profilom. Jedino se kompleksne površi, kao što su ukrštaji poletno-sletnih i rulnih staza ili površinske i denivelisane putne raskrsnice, modeliraju TIN-om (Triangulated Irregular Network). Klasična primena TIN-a za rezultat često daje površi koje se loše odvodnjavaju i teško izvode i postavlja izvesna proračunska ograničenja pri generisanju projektne dokumentacije. S druge strane, TIN-om se ne mogu modelirati zatvorene površi, kao što su tunnelske obloge i nadvožnjaci.

Na osnovu analize procesa projektovanja postavljena je posebna metodologija prostornog projektovanja airside-a i landside-a i razvijene su dve grupe programa. Prvom grupom programa podržano je modeliranje objekata na nivou detaljnosti koje zahteva konkretan korak procesa projektovanja. Poletno-sletne i rulne staze, njihovi ukrštaji i površinske i denivelisane putne raskrsnice, kao i tuneli i nadvožnjaci, modeliraju se mrežama prostornih trouglova. Pri tom se mogu primeniti svi tipovi poprečnih profila, uključujući i takve detalje kao što su, na primer, slojevi kolovozne konstrukcije i drenaže. Posebnim procedurama podržano je modeliranje i editovanje ukrštaja i drugih površinskih objekata. Ovde se takođe mogu modelirati međusobni prodori kosina, ivičnjaci, kao i drugi prateći elementi. Razvijena je i softverska podrška za prostornu analizu zaštićenih zona aerodroma.

Prema predloženoj metodologiji centralnu ulogu u procesu projektovanja ima integralni 3D model airside-a i landside-a. Drugu grupu programa čine softverski alati koji na osnovu prostorne analize ovakvog modela generišu grafičku i numeričku dokumentaciju projekta. Podužni profili i poprečni profili doslovce se isecaju sa modela. Tako se na primer, u sadržaju poprečnog profila može naći neograničen broj linijskih objekata, uključujući podzemne i nadzemne objekte. Na modelu se mogu generisati nivelacioni planovi, a između različitih triangulisanih površi mogu se izvesti veoma precizni proračuni zapremine.

Softver je razvijen u okruženju AutoCAD-a prema ADS/AutoLISP/DCL konceptu i nazvan je AeroCAD 3D. AeroCAD 3D sastoji se od svega 110 komandi ali u potpunosti pokriva geometrijsko projektovanje airside-a i landside-a aerodroma.

Ključne reči: Projektovanje aerodroma, Projektovanje puteva, 3D modeliranje, CAD, DTM, Zaštićene zone aerodroma

Development of Three-Dimensional Airport Design Methodology and Technology

Abstract:

Major aim of this work was to develop specific methodology and adequate CAD package for geometrical airport design in 3D. Each stage of airport design process, from master planning and conceptual design to working drawings, was analysed. Design process activities are organised in so called "structural diagrams" with emphasized activities where the application of specific CAD system for three-dimensional airport design would be justified.

While 3D solid modelling plays the leading role in mechanical engineering, CAD packages for airport and road design are usually dealing with centerlines, cross and longitudinal sections. Complex surfaces like runway and taxiway intersections or at-grade and grade separated intersections are modelled using TIN (Triangulated Irregular Network). Classical TIN modelling often results in surfaces that are poorly drained and cannot be constructed and it puts some limitations on further calculations. On the other hand, closed surfaces, such as tunnels and overpasses, cannot be modelled using TIN.

Based on airport design process analyses, specific methodology of airside and landside design in 3D was developed and two groups of programmes were written. First group supports the building of fully detailed 3D models. Runways, taxiways, intersections, roads, tunnels and overpasses are modelled by using 3D triangle as a basic element of discretization. Using specific template definition, any type of cross section, including pavement layers, drains and other details, can be applied. Special care was given to at-grade intersection design and other planar civil engineering facilities and specific procedures for intersection modelling and editing were developed. All accompanying elements, such as cut and fill intersecting slopes and curbs, can be modelled. Three-dimensional analysis of obstacle limitation surfaces is supported too.

According to developed methodology, integral airside/landside 3D model plays the key role in the design process. Based on 3D model analyses, second group of programmes generates working drawings and calculates numerical data. Longitudinal and cross sections comprising several runways, taxiways, roads etc., are literally "cut out" from 3D model. Grading plans can be generated on triangulated surfaces and highly accurate volume calculations between different triangulated surfaces can be carried out as well.

Software was developed as an AutoCAD application by using ADS/AutoLISP/DCL concept and was named AeroCAD 3D. AeroCAD 3D consists of 110 commands only but it covers whole area of airside and landside geometrical design in 3D.

Keywords: Airport Design, Road design, 3D Modelling, CAD, DTM, Grading, Obstacle Limitation Surfaces

SPISAK ILUSTRACIJA

Sl.1-01.	Razvoj metodologije i tehnoloških postupaka za prostorno projektovanje aerodroma	2
Sl.2-01.	Vremenski raspored koraka u projektovanju i građenju aerodroma	5
Sl.2-02.	Područje metodološke analize procesa projektovanja aerodroma	5
Sl.2-03.	Koncept geografskog informacionog sistema aerodroma	16
Sl.3-01.	Formiranje digitalnog modela terena	22
Sl.3-02.	Primena TIN modela terena u procesu projektovanja linijskih i površinskih objekata	23
Sl.3-03.	Prostorna analiza zaštićenih zona aerodroma na modelu terena	26
Sl.3-04.	Analiza prepreka na prostornom modelu	27
Sl.3-05.	Prostorni model STOL aerodroma i operacije na njemu	30
Sl.3-06.	Projektovanje u planu i podužnom profilu	32
Sl.3-07.	Formiranje prostornih modela linijskih objekata	35
Sl.3-08.	Formiranje prostornog modela poletno-sletne staze	37
Sl.3-09.	Modeliranje kosina useka i nasipa	38
Sl.3-10.	Prostorno modeliranje površinske raskrsnice	40
Sl.3-11.	Numerička obrada prostornog modela (prvi deo)	42
Sl.3-12.	Numerička obrada prostornog modela (drugi deo)	44
Sl.3-13.	Sadržaj prostornog modela po pojedinim koracima projektovanja	46
Sl.4-01.	Template programskog paketa AeroCAD	53
Sl.4-02.	Projektovanje stajanke na osnovu simulacije merodavnih manevara	53
Sl.4-03.	Detalji signalizacije i analiza izduvnog mlaza motora	54
Sl.4-04.	Upotreba opcija za projektovanje platformi	54
Sl.4-05.	AeroCAD 3D template sa komandama za prostorno projektovanje aerodroma i puteva	57
Sl.4-06.	Principi Deloneove triangulacije	60
Sl.4-07.	Algoritam generisanja TIN modela na skupu tačaka	63
Sl.4-08.	Algoritam generisanja grid modela na skupu tačaka	65
Sl.4-09.	Primena komandi za pripremu terenskih podataka i modeliranje terena	67
Sl.4-10.	Načini generisanja grid modela terena	71
Sl.4-11.	Pregled komandi modula DTM	73
Sl.4-12.	Princip generisanja izohipsi na triangulisanom modelu objekta	74
Sl.4-13.	Algoritam generisanja izohipsi na triangulisanom prostornom modelu	75
Sl.4-14.	Uklapanje obaveznih linija u Deloneovu triangulaciju	79
Sl.4-15.	Primena komandi AeroCAD-a (prvi deo)	81
Sl.4-16.	Primena komandi AeroCAD-a (drugi deo)	82
Sl.4-17.	Pregled komandi modula PLAN	85
Sl.4-18.	Konstrukcija krivinskih oblika baziranih na klotoidi (prvi deo)	87
Sl.4-19.	Konstrukcija krivinskih oblika baziranih na klotoidi (drugi deo)	88
Sl.4-20.	Postavljanje translacionih elemenata horizontalne geometrije	90
Sl.4-21.	Konstrukcija "S" i "O" krive i kotiranje elemenata situacionog plana	91
Sl.4-22.	Blokovi kotiranja i kotiranje klotoide	92
Sl.4-23.	Povezivanje kružnog luka i pravca klotoidom	92

Sl.4-24.	Spajanje kružnih lukova klotoidama i međupravcem	94
Sl.4-25.	Konstrukcija "paralele" klotoide	94
Sl.4-26.	Konstrukcija proste putne krivine i trocentrične krive	96
Sl.4-27.	Vezivanje entiteta u osovinu i stacioniranje	96
Sl.4-28.	Algoritam vezivanja entiteta u osovinu situacionog plana	97
Sl.4-29.	Primer podužnog profila poletno-sletne staze	101
Sl.4-30.	Projektovanje podužnog profila primenom AeroCAD-a 3D	102
Sl.4-31.	Pregled komandi modula PROFILE	105
Sl.4-32.	Algoritmi isecanja podužnog profila sa digitalnog modela terena	106
Sl.4-33.	Konstrukcija nagiba u radnom podužnom profilu	109
Sl.4-34.	Konstrukcija vertikalnog zaobljenja i definisanje osovine u podužnom profilu	112
Sl.4-35.	Kotiranje podužnog profila	112
Sl.4-36.	Postavljanje nivelacionih ograničenja u radni podužni profil	114
Sl.4-37.	Princip razvijanja prostornog modela linijskog objekta duž osovine	116
Sl.4-38.	Određivanje sadržaja poprečnog profila, zadavanje promene poprečnog profila i razvijanje prostornog modela	118
Sl.4-39.	Pregled komandi modula TEMPLATE	120
Sl.4-40.	Promena poprečnog profila puta u zoni infleksije	121
Sl.4-41.	Detaljni prostorni model puta u zoni infleksije	125
Sl.4-42.	Odnos poprečne i podužne diskretizacije modela linijskog objekta	127
Sl.4-43.	Primena editora kosina, editora stringova i editora površi	131
Sl.4-44.	Konstrukcija kosina po obodnim linijama objekata	134
Sl.4-45.	Primena programa modula GRADING u modeliranju površinskih objekata i ukrštaja linijskih objekata	136
Sl.4-46.	Konstrukcija međusobnog prodora kosina	138
Sl.4-47.	Kotiranje nagiba na modelu	138
Sl.4-48.	Pregled komandi modula GRADING	140
Sl.4-49.	Algoritam konstruisanja kosina zemljanih objekata (prvi deo)	141
Sl.4-50.	Algoritam konstruisanja kosina zemljanih objekata (drugi deo)	142
Sl.4-51.	Algoritam konstruisanja kosina zemljanih objekata (treći deo)	143
Sl.4-52.	Rad sa tačkama i prostornim trouglovima (prvi deo)	153
Sl.4-53.	Rad sa tačkama i prostornim trouglovima (drugi deo)	155
Sl.4-54.	Pregled komandi modula SETPOINT	159
Sl.4-55.	Pregled komandi modula EDITRI	160
Sl.4-56.	Pregled komandi modula TRIUTILS	161
Sl.4-57.	Primena komandi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS na modelu platforme	164
Sl.4-58.	Detaljno modeliranje kolovozne konstrukcije u zoni izliva	166
Sl.4-59.	Modeliranje obodnog kanala	169
Sl.4-60.	Modeliranje površinske raskrsnice (prvi deo)	171
Sl.4-61.	Modeliranje površinske raskrsnice (drugi deo)	172
Sl.4-62.	Postavljanje tačaka po spline podužnom profilu	174
Sl.4-63.	Međusobni prodor grupe trouglova	176
Sl.4-64.	Kontrola pripadnosti tačke trouglu	176
Sl.4-65.	Algoritam proračuna prodora prostornih trouglova (prvi deo)	178
Sl.4-66.	Algoritam proračuna prodora prostornih trouglova (drugi deo)	179
Sl.4-67.	Algoritam komande TRIPOLY (prvi deo)	182
Sl.4-68.	Algoritam komande TRIPOLY (drugi deo)	183

Sl.4-69.	Redosled primene komandi modula SECTION	186
Sl.4-70.	Pregled komandi modula SECTION	187
Sl.4-71.	Isecanje poprečnog profila po širini i dubini prostornog modela	188
Sl.4-72.	Algoritam isecanja poprečnih profila sa triangulisanog modela (prvi deo)	190
Sl.4-73.	Algoritam isecanja poprečnih profila sa triangulisanog modela (drugi deo)	191
Sl.4-74.	Iscrtavanje isečenih poprečnih profila i njihovo kotiranje	195
Sl.4-75.	Princip proračuna kubatura useka i nasipa po poprečnim profilima	197
Sl.4-76.	Pregled komandi modula VOLUME	199
Sl.4-77.	Ćelijski proračun kubatura na prostornom modelu	200
Sl.4-78.	Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (prvi deo)	202
Sl.4-79.	Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (drugi deo)	203
Sl.4-80.	Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (treći deo)	205
Sl.4-81.	Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (četvrti deo)	206
Sl.4-82.	Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (peti deo)	208
Sl.4-83.	Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (šesti deo)	209
Sl.4-84.	Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (sedmi deo)	211
Sl.4-85.	Ćelijski proračun kubatura zemljanih masa na prostornom modelu	212
Sl.4-86.	Ćelijski proračun kubatura zemljanih masa na jedinstvenom modelu airside-a i landside-a (prvi deo)	215
Sl.4-87.	Ćelijski proračun kubatura zemljanih masa na jedinstvenom modelu airside-a i landside-a (drugi deo)	216
Sl.4-88.	Pregled komandi modula CLRZONE	218
Sl.4-89.	Prostorni modeli površi za ograničavanje prepreka	219
Sl.4-90.	Konstrukcija prodora modela terena kroz model površi za ograničavanje prepreka	224
Sl.4-91.	Izrada karte prepreka aerodroma tipa B	225
Sl.4-92.	Izrada karte visinskih ograničenja	227
Sl.4-93.	Postavljanje profila prepreka i unošenje prepreka u profil - - izrada karte prepreka aerodroma tipa A	229
Sl.4-94.	Isecanje profila kroz modele terena i zaštićenih zona aerodroma	231
Sl.4-95.	Analiza topografskih uslova ispred praga poletno-sletne staze	232
Sl.4-96.	Pregled komandi modula UTILITY	234
Sl.4-97.	Kodiranje tačaka na modelu i ekstrakcija njihovih koordinata (prvi deo)	236
Sl.4-98.	Kodiranje tačaka na modelu i ekstrakcija njihovih koordinata (drugi deo)	237
Sl.4-99.	Ruže vetrova obrađene komandom WINDROSE	243

SADRŽAJ

1.0. UVOD	1
2.0. ANALIZA PROCESA PROJEKTOVANJA AERODROMA	4
2.1. Koraci u projektovanju aerodroma	4
2.2. Generalni projekat	6
2.3. Idejni projekat	7
2.4. Glavni (izvođački) projekat	8
2.5. Arhivski projekat	8
3.0. RAZVOJ METODOLOGIJE PROSTORNOG PROJEKTOVANJA AERODROMA	17
3.1. Istorijat primene računarske tehnologije u projektovanju linijskih i površinskih objekata	17
3.2. Metode modeliranja terena i postojećeg stanja objekta	21
3.3. Metode analize zaštićenih zona aerodroma	25
3.4. Metode prostornog projektovanja linijskih i površinskih objekata	29
3.5. Metode numeričke obrade prostornih modela linijskih i površinskih objekata	41
3.6. Primena metoda prostornog projektovanja aerodroma po pojedinim koracima procesa projektovanja	45
4.0. RAZVOJ TEHNOLOGIJE PROSTORNOG PROJEKTOVANJA AERODROMA	48
4.1. Osnove razvoja tehnologije projektovanja aerodroma	48
4.2. Razvoj tehnologije projektovanja aerodroma u planu	52
4.3. Razvoj programskog paketa AeroCAD 3D za prostorno projektovanje aerodroma	56
4.3.1. Digitalno modeliranje terena i postojećeg stanja objekta - modul DTM	59
4.3.2. Projektovanje elemenata situacionog plana - modul PLAN	80
4.3.3. Projektovanje elemenata podužnog profila - modul PROFILE	100
4.3.4. Definisane poprečnog profila i razvijanje prostornog modela linijskog objekta - modul CROSS SECTION / TEMPLATE	115
4.3.5. Modeliranje kosina zemljanih objekata - modul GRADING	129
4.3.6. Rad sa tačkama i prostornim trouglovima - - moduli SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS	151
4.3.7. Isecanje poprečnih profila sa modela i njihova grafička obrada - - modul CROSS SECTION / SECTION	185
4.3.8. Proračun zapremina na triangulisanim modelu - modul VOLUME	198
4.3.9. Prostorna analiza prepreka i zaštićenih zona aerodroma - - modul CLRZONE	217
4.3.10. Prateća softverska podrška - modul UTILITY	233
5.0. ZAKLJUČAK	245
6.0. LITERATURA	247

1.0. UVOD

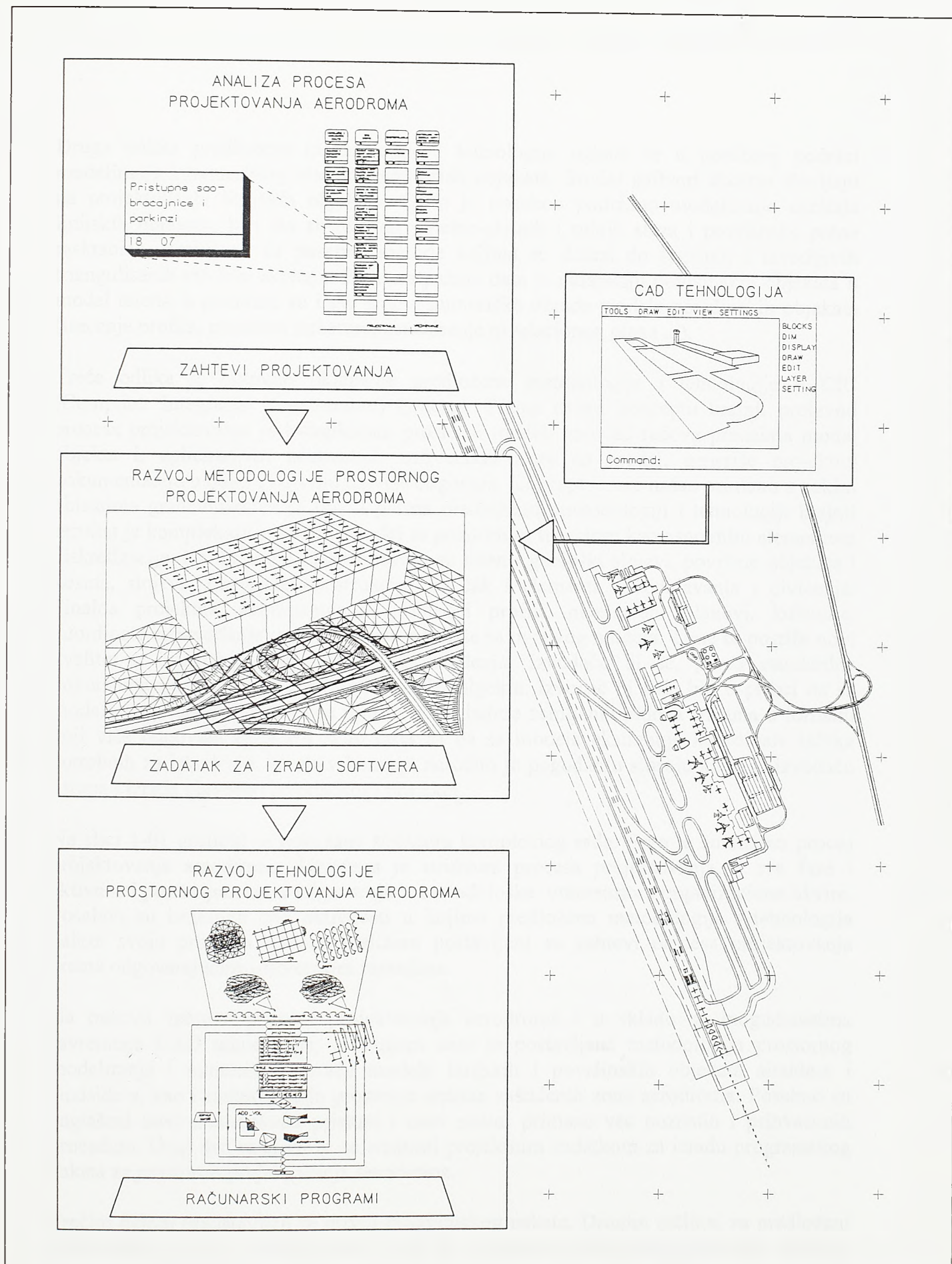
Aerodromom dominiraju objekti niskogradnje. To su poletno-sletne i rulne staze, platforme, pristupne saobraćajnice i parkinzi. Poletno-sletne i rulne staze i platforme čine airside, a pristupne saobraćajnice i parkinzi, zajedno sa zgradom terminala, čine landside.

Projektno rešenje airside-a počiva na optimalnoj konfiguraciji elemenata (poletno-sletnih i rulnih staza i platformi) međusobno koordinisanih u trodimenzionalnom prostoru. Poletno-sletne i rulne staze airside-a položene su u osnovne staze širokog profila što zahteva remodeliranje velikih površina terena. Proračun zemljanih radova i njihova optimizacija obuhvataju sve elemente airside-a, a po potrebi i elemente landside-a. Isto tako, i rešenje odvodnjavanja zahteva integralni pristup. Sve ovo ukazuje na činjenicu da airside treba rešavati kao jedinstven površinski objekat. I u zahvatu landside-a često se sreću površinske i složene denivelisane raskrsnice koje su, zajedno sa parkinzima, bliže površinskim nego linijskim objektima. Geometrijsko projektovanje i numerička obrada površinskih objekata znatno je složenija no u slučaju linijskih objekata čiji su tipični predstavnici otvorene putne deonice.

Osnovni cilj procesa projektovanja airside-a i landside-a je funkcionalno i ekonomično prostorno rešenje. Za prostorno modeliranje objekata danas se u svim oblastima inženjerstva koriste interaktivni CAD (Computer Aided Design) sistemi. I projektovanje linijskih i površinskih objekata niskogradnje podržano je odgovarajućim softverskim paketima. Može se reći da primena CAD-a na projektima kompleksnih površinskih objekata predstavlja jedini tehnološki pristup primeren današnjem vremenu. Novi kvalitet ne treba tražiti u prostom ubrzanju geometrijskog projektovanja objekta i njegove numeričke obrade koliko u logičnoj posledici da projektant u zadatom vremenu sada može analizirati veći broj varijanata i tako prići bliže optimalnom rešenju.

Postojeći programski paketi za projektovanje objekata niskogradnje imaju svoje mane. Neki nedostaci su formalni i odnose se uglavnom na grafički prikaz projektne geometrije i rezultata proračuna. Suštinski nedostaci, međutim, podstakli su autora da razvije sopstvenu metodologiju i tehnologiju projektovanja objekata niskogradnje primenom CAD-a i suprotstavi je postojećim softverskim rešenjima. Tako je razvijen konkretan programski paket za prostorno projektovanje airside-a i landside-a. Tri su osnovne odlike predložene metodologije i razvijenog softvera.

Prvo, programski paket je vrlo kompaktan i sastoji se od svega stotinak komandi. Treba priznati da je paket razvijen u okruženju jednog opšteg CAD sistema i da je samim tim broj komandi u operativnoj upotrebi veći. Međutim, srodni softveri razvijeni u istom okruženju imaju i po nekoliko puta veći broj komandi. Neke komande pokreću vrlo jednostavne programe, na primer programe za pozicioniranje tačaka na modelu, a druge pokreću vrlo složene programe, kao što su program za proračun kubatura ili program za isecanje profila. Komande su u celini osmišljene tako da je postignut balans između interaktivnog i automatizovanog rada na modelu objekta. Poremećaj ovog balansa u korist automatizacije limitirao bi primenu softvera na određeni skup standardnih slučajeva. Favorizovanje elementarnih interaktivnih zahvata na modelu moglo bi diskreditovati samu primenu CAD tehnologije koja mora podržati automatizovan rad kad kod je to potrebno i moguće.



Sl.1-01.

Razvoj metodologije i tehnoloških postupaka za prostorno projektovanje aerodroma

Druga odlika predložene metodologije i tehnologije ogleda se u posebnoj podršci modeliranju i numeričkoj obradi površinskih objekata. Srodni softveri akcentiraju na projektovanje linijskih objekata. Ovde je posebno podržano modeliranje ukrštaja linijskih objekata, kao što su ukrštaji poletno-sletnih i rulnih staza i površinske putne raskrsnice. Razvijene su posebne metode kojima se dolazi do logičnih i izvodljivih triangulisanih modela ukrštaja. Posebna pažnja data je uklapanju površinskih objekata u model terena, a podržani su i svi vidovi numeričke obrade modela površinskih objekata (isecanje profila, proračun kubatura, generisanje nivelacionog plana ...).

Treća odlika je potpuno uklapanje predložene metodologije i tehnologije u CIC (Computer Integrated Construction) koncept. Prema ovom konceptu krajnji proizvod procesa projektovanja je kompleksan prostorni model. Izvođač radova preuzima model objekta i, apliciranjem adekvatnih softverskih alata na model, generiše projektnu dokumentaciju u obliku koji mu najviše odgovara. Koncept je već našao primenu u nekim oblastima građevinarstva [L.06]. I prema predloženoj metodologiji i tehnologiji krajnji rezultat je kompleksan prostorni model sa prostornim trouglom kao osnovnim elementom diskretizacije. Na taj način diskretizovani su teren i geološki slojevi, površine objekata i kosina, slojevi kolovozne konstrukcije, pa čak i elementi odvodnjavanja i oivičenja. Finalna projektna dokumentacija (poprečni profili, nivelacioni planovi, kubature, koordinate za izvođenje) automatski se generiše sa ovakvog modela. Time se postiže novi kvalitet u integraciji projektovanja i izvođenja. Izvođaču bi se, pored standardne dokumentacije, isporučio i prostorni model objekta. Izvođač bi tada bio u prilici da sa modela iseče dodatne poprečne profile, da kubature zemljanih radova sračuna u formatu koji više odgovara njegovoj šemi rada ili da sa modela ekstrahuje koordinate tačaka potrebnih za izvođenje. Ovakav koncept naročito je pogodan u slučaju kada se izvođaču ustupa i izrada glavnog (izvođačkog) projekta.

Na slici 1-01 grafički je pokazana struktura kompletnog rada. Prvo je analiziran proces projektovanja aerodroma. Utvrđena je struktura procesa projektovanja, a sve faze i aktivnosti postavljene su u odgovarajuće metodološke, vremenske i organizacione okvire. Posebno su istaknute one aktivnosti u kojima predložena metodologija i tehnologija nalaze svoju primenu. Ovom analizom postavljeni su zahtevi procesa projektovanja prema odgovarajućim softverskim rešenjima.

Na osnovu zahteva procesa projektovanja aerodroma i u skladu sa mogućnostima savremene CAD tehnologije, u drugom delu je postavljena metodologija prostornog modeliranja i numeričke obrade modela linijskih i površinskih objekata airside-a i landside-a, kao i metodologija prostorne analize zaštićenih zona aerodroma. Posebno su naglašeni novi metodološki pristupi i novi načini primene već poznatih i prihvaćenih procedura. Ovaj deo rada može se smatrati projektnim zadatkom za izradu programskog paketa za prostorno projektovanje aerodroma.

Trećim delom predstavljen je razvoj programskog paketa. Drugim rečima, za predloženi metodološki pristup projektovanju ovde je ponuđeno konkretno tehnološko rešenje. Programski paket pokazan je po pojedinim modulima, a u okviru svakog modula opisane su njegove komande i njihova operativna primena. Na karakterističnim mestima data su i odgovarajuća algoritamska rešenja.

2.0. ANALIZA PROCESA PROJEKTOVANJA AERODROMA

Ovim poglavljem definisana je struktura procesa projektovanja aerodroma i istaknute su one aktivnosti procesa u kojima razvijene metode i softverska podrška nalaze svoju primenu.

Pokazana je hijerarhijska podela procesa projektovanja aerodroma na korake generalnog, idejnog, glavnog (izvođačkog) i arhivskog projekta. Ključni korak u projektovanju aerodroma jeste generalni projekat, takozvani master plan aerodroma. Generalnim projektom dolazi se do funkcionalno usklađenog sistema manevarskih površina, terminalnog kompleksa i pristupnih saobraćajnica. Idući ka kasnijim koracima projekta, težište analiza se sa međusobnih veza elemenata aerodromskog kompleksa premešta na rešavanje konkretnih tehničkih problema i izvođačkih detalja.

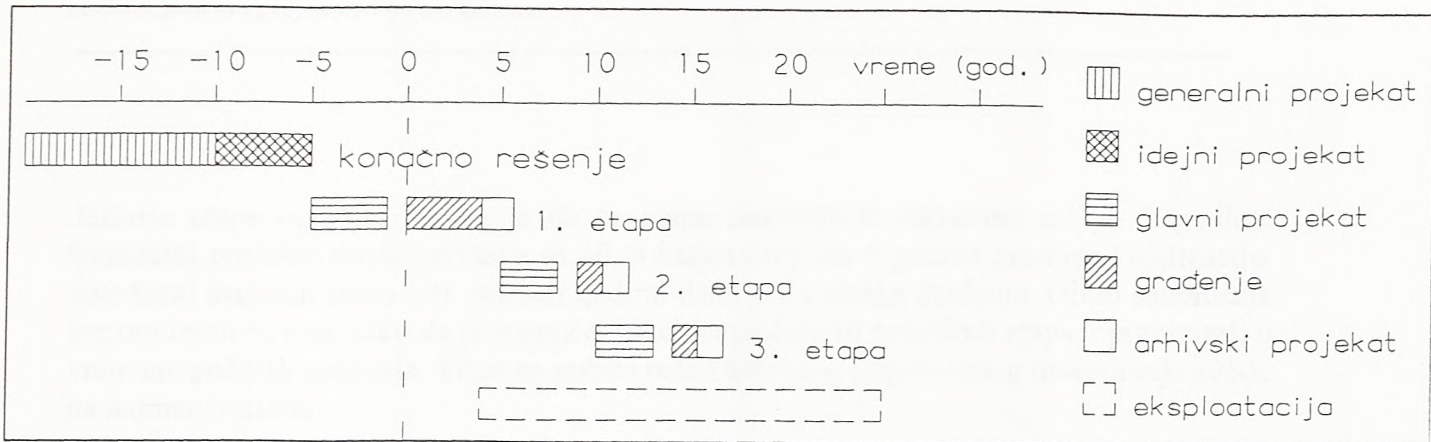
Razvijene metode i softverska podrška u stanju su da odgovore numeričkim i grafičkim zahtevima svih koraka procesa projektovanja. Zajedno sa paketom AeroCAD, namenjenim specifičnim zahtevima projektovanja aerodromskih površina u planu, razvijena softverska podrška pokriva oblast geometrijskog projektovanja i prateće numerike, počev od razmatranja na nivou generalnog projekta pa sve do preciznih proračuna na nivou glavnog projekta. Ponuđena tehnologija praktično je nezamenljiva pri izradi arhivskog projekta aerodroma. Dokumentacija o izvedenom objektu urađena primenom CAD tehnologije predstavlja idealnu osnovu za formiranje baze istorijskih podataka, koja predstavlja svedočanstvo o izvedenom stanju, i baze aktivnih podataka, koja se koristi za održavanje i upravljanje objektom. Delovi dokumentacije ulaze u sastav geografskog informacionog sistema aerodroma koji se potom može integrisati u geografski informacioni sistem šireg područja ili države.

2.1. Koraci u projektovanju aerodroma

Građenju svih investicionih objekata, pa i aerodroma, prethodi proces projektovanja koji prolazi kroz tri koraka, generalni, idejni i glavni (izvođački) projekat. Tokom građenja radi se projekat izvedenog stanja, kao element arhivskog projekta.

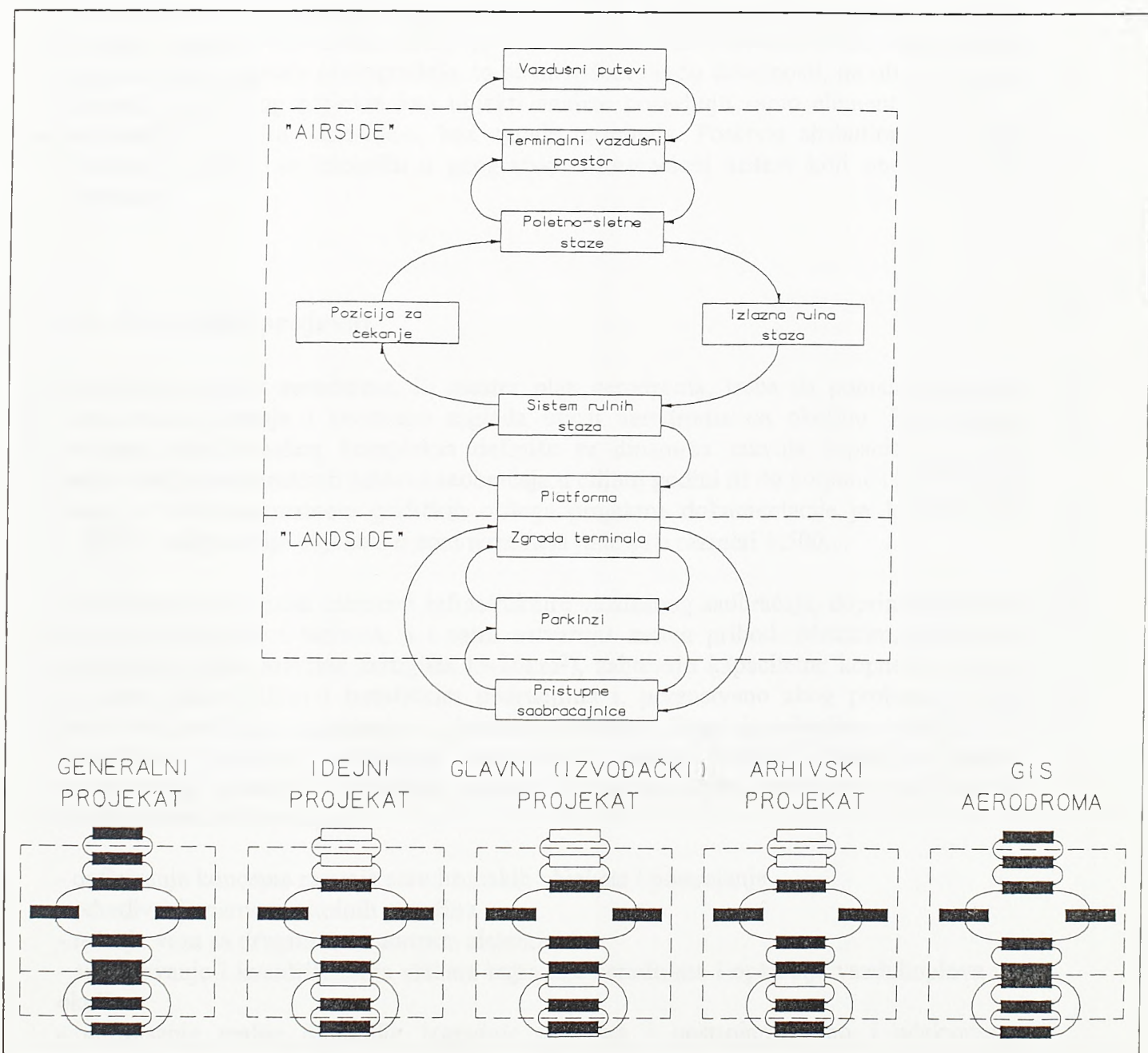
Na slici 2-01 pokazan je vremenski raspored osnovnih koraka u projektovanju aerodroma u odnosu na momenat početka gradnje kao reper. Uobičajena je praksa da generalni projekat bude završen 10 godina, a idejni projekat 5 godina pre početka gradnje. Glavni projekat mora biti završen godinu dana pre početka gradnje kako bi se ostavilo dovoljno vremena za finansijske aranžmane, licitaciju i ostale aktivnosti koje neposredno prethode izvođenju objekta. U razvijenim zemljama uobičajeno je da od inicijalne odluke o pristupanju izradi master plana pa do realizacije prve etape protekne i do 30 godina [L.37]. Pri tom se analizi lokacija i varijantnih rešenja, odnosno etapi generalnog projekta, dodeljuje najviše vremena.

I kada je predmet projekta analiza razvoja kapaciteta postojećeg aerodroma metodologija je slična. Generalni projekat daje rešenje optimalne eksploatacije postojeće lokacije i



Sl.2-01.

Vremenski raspored koraka u projektovanju i gradenju aerodroma



Sl.2-02.

Područje metodološke analize procesa projektovanja aerodroma

definiše etape razvoja. Praksa je da se etape realizuju u ciklusima od po 5 godina. Generalni projekat etape završava se 10, a idejni projekat 5 godina pre njene realizacije. Izvođački projekat mora biti završen godinu dana pre početka građenja. Obim saobraćaja kontinuirano se prati tako da je moguće, idući ka realizaciji pojedinih etapa, optimizirati u vremenu početak građenja. Time se gubici usled preranog ili prekasnog investiranja svode na najmanju meru.

Dalje je detaljnije pokazana struktura procesa projektovanja aerodroma po koracima, a na kraju poglavlja priloženi su dijagrami koji aktivnosti procesa postavljaju u odgovarajuće metodološke, vremenske i organizacione okvire. Na slici 2-02 pokazano je područje metodološke analize fizičkog sistema aerodroma. Na nivou generalnog projekta aerodrom se mora sagledati kao celina. Kako je cilj rada da se na viši tehnološki nivo podigne projektovanje objekata niskogradnje, to se na višem nivou detaljnosti, na nivou idejnog, glavnog i arhivskog projekta kao objekti analize pojavljuju samo elementi airside-a i saobraćajne površine landside-a, bez zgrade terminala. Posebno atributirani projektni elementi na kraju se integrišu u geografski informacioni sistem koji obuhvata čitav aerodrom.

2.2. Generalni projekat

Generalni projekat aerodroma, ili master plan aerodroma, treba da ponudi optimalno funkcionalno rešenje i svestrano sagleda uticaj aerodroma na okolinu. Za izabranu varijantu aerodromskog kompleksa definiše se dinamika razvoja kapaciteta sve do zadovoljenja maksimalnih zahteva saobraćaja u ciljnoj godini ili do potpune iskorištenosti lokacije. Osnovna razmera grafičkih priloga projektne dokumentacije je 1:2500 (ređe 1:5000), a dispozicije objekata u zoni terminala rade se u razmeri 1:500.

Aerodromi, kao ključni elementi infrastrukture vazdušnog saobraćaja, doprinose razvoju industrije, trgovine i turizma, a i sami ostvaruju znatan prihod. Međutim, aerodromi zauzimaju velike površine zemljišta (3-20km²), zahtevaju kapacitetne kopnene veze sa urbanim, industrijskim i turističkim područjima i, prvenstveno zbog problema buke, proizvode značajna ograničenja u planiranju prostora. Stoga je rešenjima sadržanim u generalnom projektu aerodroma neophodno postići balans između elemenata transportnog, urbanog i ekološkog sistema. Konkretni ciljevi generalnog projekta, ili master plana aerodroma, su:

- definisanje koncepta razvoja aerodromskih objekata i postrojenja
- određivanje namene okolnih površina
- rešenje veza sa drugim transportnim sistemima
- sagledavanje i kvantificiranje efekata izgradnje aerodroma i operacija vazduhoplova na okolinu
- definisanje realne dinamike izgradnje objekata i postrojenja, kao i adekvatnog finansijskog plana koji će tu dinamiku da podrži
- definisanje ograničenja, pre svega prostornih, koja odgovarajući razvojni planovi moraju poštovati, kako bi se omogućio budući razvoj aerodroma

- definisanje metoda praćenja realizacije projekta i promena u saobraćajnom, urbanom i ekološkom okruženju sa ciljem prilagođavanja plana razvoja aerodroma eventualnim izmenjenim uslovima

Generalni projekat aerodroma mora biti usklađen sa prostornim planom države i predstavlja projektnu osnovu odgovarajućeg prostornog plana specijalne namene.

2.3. Idejni projekat

Idejni projekat aerodroma predstavlja istraživački i projektantski korak tokom kojeg se rešenja predložena generalnim projektom realizuju u numeričkom obliku i na višem stepenu detaljnosti. Time se stvara pouzdanija osnova za optimiziranje elemenata aerodromskog kompleksa. Osnovna razmera je 1:1000.

Što se elemenata airside-a tiče, funkcionalno vrednovanje izvodi se na nivou generalnog projekta, u osnovnoj razmeri 1:2500. Osnovni kriterijumi za optimiziranje elemenata airside-a na nivou idejnog projekta su u domenu troškova građenja i buduće eksploatacije i održavanja. I osnovno vrednovanje varijanata airside-a sa stanovišta uticaja na socijalno i prirodno okruženje sprovodi se na nivou master plana. Pouzdane ocene avionske buke u zonama procedura odleta i doleta dobijaju se na nivou master plana, a ovde se detaljnije analizira buka na platformama i razrađuju tehničke mere zaštite (npr. zaštita pozicija za probu motora). Na nivou idejnog projekta, s obzirom na specifične aktivnosti koje se u airside-u obavljaju (npr. odleđivanje vazduhoplova), posebna pažnja poklanja se varijantnim rešenjima odvođenja površinskih voda.

U osnovnoj razmeri 1:1000 elementi saobraćajnih površina landside-a sagledavaju se na način na koji bi se na nivou idejnog projekta sagledavale i gradske saobraćajnice. Iako je ova razmera za vangradske puteve relativno krupna i odgovara nivou glavnog projekta, u području složenih situacionih i nivelacionih ograničenja aerodromskog kompleksa ona ostavlja dovoljno prostora i za funkcionalno vrednovanje analiziranih rešenja. Stoga se ovde i pojavljuju vozno-dinamičke, optičke i saobraćajne analize.

U priloženom strukturnom dijagramu procesa projektovanja na nivou idejnog projekta, formalno su razdvojene aktivnosti vezane za projektovanje airside-a i saobraćajnih površina landside-a. Proces projektovanja ovde se odvija po dva paralelna toka. Razlog nije samo u fizičkoj odeljenosti airside-a od saobraćajnih površina landside-a zgradom terminala, već i u različitom pristupu projektovanju, odnosno vrednovanju varijantnih rešenja. Dok je optimalna varijanta airside-a izabrana na nivou generalnog projekta, za varijantna rešenja pristupnog platoa, parking površina i pristupnih saobraćajnica i njihovo poređenje ostaje dovoljno prostora i na nivou idejnog projekta, u osnovnoj razmeri 1:1000. Između ova dva podsistema aerodromskog kompleksa stoji zgrada terminala i sve tri komponente planiraju se i projektuju koordinirano. Kako je cilj metodološke analize da na nivou idejnog projekta sagleda samo projektovanje u domenu niskogradnje zgrada terminala je izostavljena, što može izazvati pogrešan utisak o potpuno razdvojenim tokovima procesa projektovanja, jednom, vezanom za projektovanje airside-a, i drugom, vezanom za projektovanje pristupnog platoa, parkinga i pristupnih saobraćajnica. Međutim, i sama priroda objekata dva pomenuta podsistema upućuje na njihovo



koordinirano projektovanje. Ne bi, na primer, imalo smisla optimiziranje zemljanih radova u airside-u bez uključivanja zemljanih masa saobraćajnih površina u landside-u.

Idejni projekat aerodromskog kompleksa predstavlja osnovu za izradu regulacionog plana.

2.4. Glavni (izvođački) projekat

Na nivou glavnog, ili izvođačkog, projekta grafika i numerika razrađuju se do nivoa detaljnosti neophodnog za izvođenje. Osnovna razmera rada je 1:500 (1:250). Moguća su samo mikropomeranja elemenata geometrije u planu i profilu u cilju detaljnog optimiziranja primerenog datoj razmeri. Osnovni zadatak ovog procesa je razrada izvođačkih detalja, izbor najracionalnijih metoda građenja, logistička analiza i definisanje plana organizacije radova.

Glavni projekat radi se na osnovu detaljnih geodetskih snimanja i geotehničkih istraživanja. Predračun radova sme odstupiti najviše 3% u odnosu na realizovano stanje.

Primenom metodologije i tehnologije pokazane u ovom radu postiže se novi kvalitet u integraciji glavnog projekta i izvođenja. Ovde je predloženo formiranje aktivnih prostornih modela sa kojih se, odgovarajućim softverskim alatima, finalna dokumentacija (poprečni profili, nivelacioni planovi, kubature, koordinate za izvođenje) automatski generiše. Izvođaču bi se, pored standardne dokumentacije glavnog projekta, isporučio i prostorni model. Izvođač bi tada bio u prilici da sa modela iseče dodatne poprečne profile ili da generiše nivelacione planove sa ekvidistancom različitom od one na preuzetoj dokumentaciji. Takođe bi mogao da kubature zemljanih radova sračuna u formatu koji više odgovara organizacionoj šemi rada, da sa modela ekstrahuje koordinate dodatnih tačaka potrebnih za izvođenje objekta ili da priloge generiše u manipulativnijoj formi. Ovakav pristup naročito je pogodan u slučaju kada se izvođaču ustupa i izvođački projekat.

Glavnim projektom, odnosno projektom eksproprijacije kao njegovim sastavnim delom, definitivno se i detaljno utvrđuju prostorni zahtevi objekta.

2.5. Arhivski projekat

Aerodromi, putevi, brane, mostovi i drugi investicioni objekti projektuju se i grade da bi trajali više decenija ili vekova. Kao što građenje ovakvog objekta predstavlja inženjerski poduhvat, isto se tako i kontinuirani proces održavanja i upravljanja objektom tokom ovako dugog eksploatacionog perioda može smatrati poduhvatom. Osnovu za održavanje i upravljanje investicionim objektom predstavlja arhivska dokumentacija koja pored nultog stanja izvedenog objekta sadrži i ažurne podatke o svim potonjim rekonstrukcijama.

Proces projektovanja i građenja direktno je povezan sa eksploatacijom i održavanjem preko arhivskog projekta. Do arhivskog projekta dolazi se transformacijom projekta izvedenog objekta. Projekat izvedenog objekta formira se tokom građenja objekta. Grafička i numerička dokumentacija projekta izvedenog objekta reprezentuje realno izvedeno stanje koje u određenoj meri može odstupiti od rešenja predviđenog glavnim projektom. U sastav projekta izvedenog objekta ulazi i dokumentacija o kontrolama i atestima, administrativno-pravna dokumentacija i finansijska dokumentacija. Time se u proces izrade projekta izvedenog objekta integrišu i praćenje gradnje, praćenje kvaliteta, konačni obračun radova i praćenje novčanih tokova.

Projekat izvedenog objekta može biti urađen i u klasičnoj formi. Ovakva dokumentacija može predstavljati jedino istorijski dokument o završenom objektu na osnovu koga je obavljen tehnički prijem i izvršeno finansijsko razgraničenje između investitora i izvođača. Međutim, papirna dokumentacija se teško može održavati ažurnom. Kvalitenu osnovu za održavanje i upravljanje objektom predstavlja dokumentacija urađena primenom CAD tehnologije. I arhivski projekat odgovoriće postavljenim zadacima samo u slučaju ako je u elektronskoj formi. Ukoliko je projekat izvedenog objekta urađen u klasičnoj formi, pri formiranju arhivskog projekta neophodno je prevesti ga u elektronsku formu.

Podaci sadržani u arhivskom projektu prema nameni i tehnologiji storiranja dele se na istorijske i aktivne. Aktivni podaci su podaci podložni promenama i služe održavanju i upravljanju. Istorijski podaci su nepromenljivi i predstavljaju tehničko i pravno svedočanstvo o izvedenom stanju objekta. Tako se formiraju dve baze: baza aktivnih i baza istorijskih podataka.

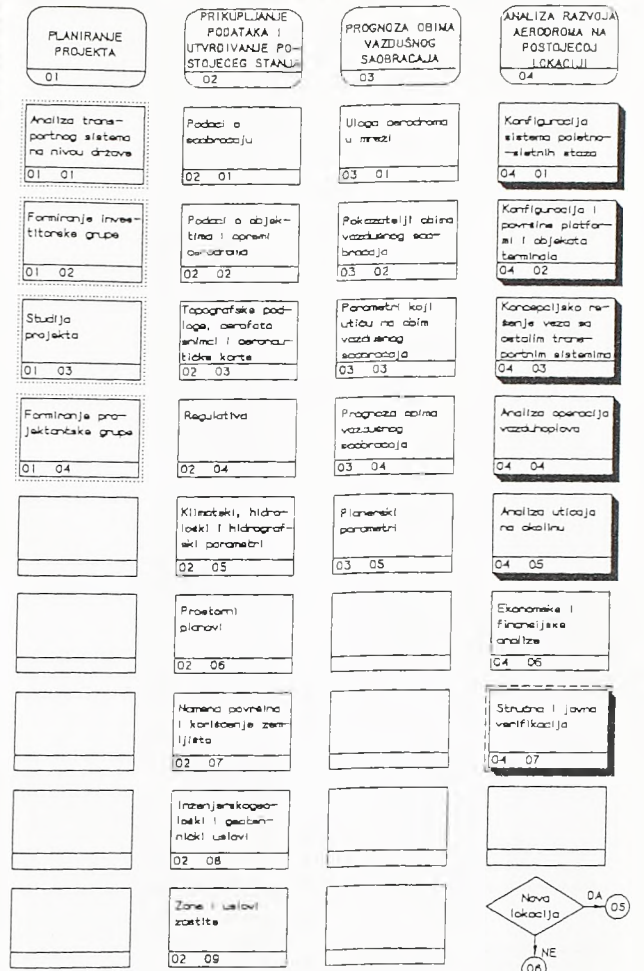
Osnovu baze aktivnih podataka predstavljaju vektorski CAD crteži. Vektorski CAD crteži su idealna osnova za projektovanje rekonstrukcija. Osnovni preduslov za manipulativnost ovog vida dokumentacije je poštovanje konvencija o opremi CAD crteža među kojima je, svakako, najvažnija konvencija o lejerima. Aktivna tekstualna dokumentacija treba biti sačuvana u formatu koji mogu preuzeti paketi za obradu baza podataka.

Bazu istorijskih podataka čine nepromenljivi podaci. Ova je baza trajno svedočanstvo o nultom stanju objekta i obavezama koje proističu iz prateće dokumentacije. Crteži mogu biti sačuvani u rasterskom ili vektorskom formatu, a prateća tekstualna dokumentacija, naročito ona potpisana, u rasterskom formatu.

Projektna dokumentacija urađena primenom CAD tehnologije predstavlja osnovu za formiranje geografskog informacionog sistema (GIS) aerodroma. GIS predstavlja interaktivnu grafičku bazu podataka. Ovakva baza integriše procese prikupljanja, storiranja, analize i prikazivanja prostornih podataka. Na slici 2-03 pokazan je koncept GIS-a aerodroma. U GIS aerodroma ulaze izabrani i posebno atributirani elementi fizičke strukture aerodroma i njegovog okruženja. Atributi nose podatke neophodne za održavanje i upravljanje aerodromskim kompleksom. GIS aerodroma, u celini ili nekim svojim tematskim delovima, može se integrisati u GIS grada, regiona ili države.

GENERALNI PROJEKT

GRAFIČKI PRIKAZ FAZA I AKTIVNOSTI



ZADATAK

OSNOVE ZA PROJEKTOVANJE

PROJEKTOVANJE



14	15	16	17	18	19	20	21	22
OBJEKTI UPRAVNIH, SERVISNIH I PRATEĆIH SUZBI	SAOBRAĆAJNE ANALIZE	ANALIZE UTICAJA NA OKOLINU	HIDRAULOSKE I HIDRAULIČKE ANALIZE	OBIM RADOVA	EKSPROPIJACIJA	KRITERIJUMI POREĐENJA VARIJANTNIH REŠENJA	POREĐENJE VARIJANATA	PROGRAM ISTRAŽNIH RADOVA ZA IDEJNI PROJEKAT
Objekti kanala visokotlačnog saobraćaja 14 01	Saobraćajne analize po komponentama saobraćajne mreže 15 01	Analiza buke 16 01	Hidrološki i hidraulički parametri 17 01	Završni radovi objekti manevarskih površina i platformi 18 01	Ekspropijacija 19 01	Traskevi gradnja 20 01	Izbor metoda poredjenja 21 01	Program geodetskih radova 22 01
Upravna zgrada 14 02	Simulacija sistema 15 02	Zagađenje voda i vazduha 16 02	Koncept odvođenja površinskih voda 17 02	Kalendarske konvencije manevarskih površina i platformi 18 02		Traskevi održavanja 20 02	Izbor optimalne varijante 21 02	Program istražnih geotehničkih radova 22 02
Metastanovna služba 14 03		Uticao na ekosisteme 16 03	Koncept zaštite od podzemnih voda 17 03	Oprema za navigaciju i kontrolu i signalizacija 18 03		Traskevi eksploatacije 20 03		Program hidroloških istraživanja 22 03
Vatrogasna služba 14 04		Vizuelna zagađenja 16 04		Objekti i oprema putničkog i kargo terminala 18 04		Ekološke posledice 20 04		
Katering 14 05		Uticao na socijalna okruženja 16 05		Objekti terminalnog kompleksa i proteza otopla 18 05		Prostorne posledice 20 05		
Objekti za održavanje garova i energijom 14 06				Objekti i oprema upravnih, servisnih i pratećih službi 18 06				
				Pripremne saobraćajnice i garovi 18 07				
				Infrastrukturno povezivanje aerodroma 18 08				

PROJEKTOVANJE

VREDNOVANJE

23	24	25	26	27	28	29	30	31
SAGLASNOSTI NA GENERALNO REŠENJE	KOMPLETIRANJE PROJEKATNE DOKUMENTACIJE	REVIZIJA, USVAJANJE I JAVNA PREZENTACIJA PROJEKTA	FINALNA DOKUMENTACIJA	ZADACI ISTRAŽNIH RADOVA ZA IDEJNI PROJEKAT	ISTRAŽNI RADOVI ZA IDEJNI PROJEKAT			
Saglasnost na generalni projekat 23 01	Tehnički izveštaji 24 01	Revizija i usvajanje generalnog projekta 25 01	Generalni projekat 26 01	Zadatak za geodetske radove 27 01	Istražni geodetski radovi 28 01			
	Grafički prilazi 24 02	Javna prezentacija generalnog projekta 25 02	Studija opravdatosti 26 02	Zadatak za istražne geotehničke radove 27 02	Istražni geotehnički radovi 28 02			
	Numerički prilazi 24 03			Zadatak za hidrološka istraživanja 27 03	Hidrološka istraživanja 28 03			
	Prostorne studije 24 04							

REZULTATI I PREZENTACIJA GENERALNOG PROJEKTA

ZADATAK ZA IDEJNI PROJEKAT



IDEJNI PROJEKAT

01	02	03	04	05	06	07	08	09
REZULTATI SNIMANJA I STRAZNIH RADOVA	PLANERSKI PARAMETRI -AIRSIDE-	PLANERSKI PARAMETRI -LANDSIDE-	ZADATAK ZA IDEJNI PROJEKAT	PRIKUPLJANJE PODATAKA	SINTEZNA KARTA OGRANIČENJA	PROJEKATNA GEOMETRIJA	POLETNO-SLETNE STAZE	RULNE STAZE
Rezultati aerofotogrametrije	Metodni avion	Metodna sobna i brojna opterećenja	Zadatak za izradu idejnog projekta	Podaci o obima i vrstama osnovnih podataka	Sintezna karta ograničenja	Fizičke karakteristike manevarskih površina i platformi	Definicija osovina u planu i profilu	Definicija osovina u planu i profilu
Rezultati istražnih geocemskih radova	Kategorija instrumentalnog prilaza	Raspodela po nadovima transporta		Topografske podloge i aerofotogrametrije		Poprečni profili pristupnih saobraćajnica	Palubaj i geometrija brzih izlaznih rulnih staza	Idejni projekat stajarki, nivoizacija i signalizacija
	Broj putnika: vršna i godišnja opterećenja	Koncept parkiranja		Regulativa		Granični elementi plana i profila pristupnih saobraćajnica	Horizontalna markacija i svetlosna signalizacija	Horizontalna markacija i svetlosna signalizacija
	Obavaznje vezane za: vršna i godišnja opterećenja			Klimatski, hidraulički i hidrografski parametri			Kalovana konstrukcija	Sredstva za kontrolu saobraćaja na manevarskim površinama
	Koncept vršna i godišnja opterećenja			Prostorni planovi			Idejni projekat potražajnih objekata	Kalovana konstrukcija
				Namena površina i korišćenje zemljišta				Idejni projekat potražajnih objekata
				Inženjersko-geoteknički i geoteknički parametri				Idejni projekat servisnih puteva
				Zone i uslovi zaštite				

AIRSIDE

ZADATAK

OSNOVE ZA PROJEKTOVANJE

PROJEKTOVANJE

10	11	12	13	14	15	16	17	18
PLATFORME (Putniške 3-STG, Kargo, Kabinna, Rparovna)	HIDROLOŠKE I HIDRAULIČKE ANALIZE	UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU I NJENA ZAŠTITA	OBIM RADOVA	EKSPROPIJACIJA	POREĐENJE VARIJANATA I IZBOR OPTIMALNE	PRISTUPNI PLATO	PARKING POVRŠINE	PRISTUP KARGO TERMINALU
Sema parkiranja i geometrija rulnih staza platformi	Koncept odvođenja površinskih voda	Analiza buke	Zemljani radovi i proteci objekti	Eksproprijacija	Tražakvi gradnja	Poprečni profil i dužina pristupnog plataa	Raspodela parking površina (short & long term, zapremiti)	Idejno rešenje utovarnih rampi i pristupnog plataa
Nivoizacija rešenja	Koncept zaštite od podzemnih voda	Zagadenje voda	Obim i raspored zemljanih masa		Tražakvi održavanje	Veze sa pristupnim saobraćajnicama	Veze sa pristupnim platformama	Idejno rešenje parkinga za kamione
Sredstva za vođenje aviona po platformi		Zagadenje tla	Kalovane konstrukcije		Tražakvi eksploatacija	Veze sa zgradom terminala	Veze sa pristupnim saobraćajnicama	Idejno rešenje pristupa kargo terminalu
Instalacije za opsluživanje aviona		Uticao na floru i faunu	Svetlosna signalizacija i ostala sredstva za usvajanje aviona		Ekološke posledice	Veze sa parkirališna	Nivoizacija rešenja	
Servisni putevi platformi i parkirališnim servisnih vozila		Vizuelna zagadenja	Inženjerske konstrukcije		Poređenje varijanta	Nivoizacija rešenja		
Kalovana konstrukcija		Uticao na socijalno okruženje			Izbor optimalne varijante			

AIRSIDE

LANDSIDE

PROJEKTOVANJE

PRISTUPNE SABRAČUNICE	DINAMIČKE I GEOMETRIJSKE ANALIZE	HIDROLOŠKE I HIDRAULIČKE ANALIZE	UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU I NJENA ZAŠTITA	OBIM RADOVA	EKSOPROPIJACIJA	POREĐENJE VARIJANATA I IZBOR OPTIMALNE	PRATEĆI PROJEKTI -AIRSIDE-	PRATEĆI PROJEKTI -LANDSIDE-
19	20	21	22	23	24	25	26	27
Namerni posebni profili	Vazno-dinamičke analize	Koncept odvođen- nja površinskih voda	Zagadenje voda	Karakteristični i kritični po- sebnosti profili	Eksopropijacija	Trasovani gradnja	Projekt kolovazne konstrukcije	Projekt kolovazne konstrukcije
19 01	20 01	21 01	22 01	23 01	24 01	25 01	27 01	28 01
Trasiranje varijan- ta u zaštiti kondiciona	Optičke analize	Koncept zaštite od podzemnih voda	Zagadenje tla	Zemljani radovi i proteći objekti		Trasovani održavanje	Projekt inženjerskih konstrukcija i objekata	Projekt inženjerskih konstrukcija i objekata
19 02	20 02	21 02	22 02	23 02		25 02	27 02	28 02
Definisanje osno- va u planu i per- spektivnom profilu	Sabirna analiza		Zagadenje vazduha	Obim i raspored zemljanih radova		Trasovani eksploatacije	Projekt tehničkih mera zaštite životne sredine	Projekt tehničkih mera zaštite životne sredine
19 03	20 03		22 03	23 03		25 03	27 03	28 03
Idejni projekat sabirnice			Buka i vibracije	Kolovazna konstrukcija		Sigurnost sabirnice	Projekt mark- acije i svetlosne signalizacije	Projekt sab- irnice i teh- ničke opreme
19 04			22 04	23 04		25 04	27 04	28 04
			Vizuelna zagadenje	Inženjerske konstrukcije i objekti		Ekološke posledice	Projekt ostalih staza za vođenje aviona	
			22 05	23 05		25 05	27 05	
			Uticaj na faunu i flora	Servisna i sabirna opre- ma		Prostorne posledice	Projekt fiksnih instalacija	
			22 06	23 06		25 06	27 06	
			Uticaj na soci- jalno okruženje			Poređenje varijanata		
			22 07			25 07		
						Izbor optimalne varijante		
						25 08		

LANDSIDE

PROJEKTOVANJE

REZULTATI

PROGRAM ISTRAŽ- NIH RADOVA ZA GLAVNI PROJEKAT	SAGLASNOSTI NA IDEJNI PROJEKAT	KOMPLETIRANJE PROJEKATNE DOKUMENTACIJE	REVIZIJA, USVAJANJE I JAVNA PREZEN- TACIJA PROJEKTA	FINALNA DOKUMENTACIJA	ZADATAK ISTRAŽ- NIH RADOVA ZA GLAVNI PROJEKAT	ISTRAŽNI RADOVI ZA GLAVNI PROJEKAT	12	13
28	29	30	31	32	33	34		
Program geodetskih radova	Saglasnosti na idejni projekat	Tehnički izveštaji	Revizija i usvajanje idejnog projekta	Idejni projekat	Zadatak za geodetske radove	Istražni geodetski radovi		
28 01	29 01	30 01	31 01	32 01	33 01	34 01		
Program istraž- nih geotehničkih radova		Grafika dokumentacija	Javna prezenta- cija idejnog projekta	Studija opravdanosti	Zadatak za tehničke geoteh- ničke radove	Istražni geoteh- nički radovi		
28 02		30 02	31 02	32 02	33 02	34 02		
Program hidroloških istraživanja		Numerička dokumentacija		Investicioni program	Zadatak za hidrološka istraživanja	Hidrološka istraživanja		
28 03		30 03		32 03	33 03	34 03		
		Proteći projekti						
		30 04						

I PREZENTACIJA IDEJNOG PROJEKTA

ZADATAK ZA GLAVNI PROJEKAT

GLAVNI PROJEKAT

REZULTATI SNIMANJA I IS-TRAŽNIH RADOVA	PROJEKтни PARAMETRI -AIRSIDE-	PROJEKтни PARAMETRI -LANDSIDE-	ZADATAK ZA GLAVNI PROJEKAT	OSNOVE ZA PROJEKTOVANJE	POLETNO-SLETNE STAZE	RUŠNE STAZE	PLATFORME	PRISTUPNI PLATO I PARKINZI I PRISTUPNE SAOBRAĆAJNICE
Rezultati geodetskih snimanja 01 01	Merodavni avion 02 01	Fizičke karakteristike pristupnog platforma 03 01	Zadatak za izradu glavnog projekta 04 01	Regulativa 05 01	Projekat poletno-sletnih staza (situaciona i nivela-ciona rešenja) 06 01	Projekat rušnih staza (situaciona i nivela-ciona rešenja) 07 01	Projekat platforma (situaciona i nivela-ciona rešenja) 08 01	Projekat pristupnog platforma putničkog terminala 09 01
Rezultati geodetskih snimanja (terenzivna) 01 02	Kategorija instrumentacionog pribora 02 02	Fizičke karakteristike parkinga 03 02		Topografiske podloge 05 02	Projekat brzih (izlaznih rušnih staza) 06 02	Projekat stojanki (miniciznosa i ukrasja) 07 02	Projekat horizontalne markacije i svetlosne signalizacije 08 02	Projekat utovarnih rampi i pristupnog platforma kargo terminala 09 02
Rezultati nivo-nastih istraživanja 01 03	Fizičke karakteristike manevarskih površina i bitformi 02 03	Normalni podnesni profil pristupnih saobraćajnica 03 03		Ograničenja (topografija, zona zaštite, voda, izgradnja...) 05 03	Projekat horizontalne markacije i svetlosne signalizacije 06 03	Projekat horizontalne markacije i svetlosne signalizacije 07 03	Projekat (netalocija za okupljanje aviona) 08 03	Projekat parkinga 09 03
		Rezultati profila projekta brzina pristupnih saobraćajnica 02 03		Geotemnički uslovi, snabdevanje materijalom 05 04	Projekat kolovazne konstrukcije 06 04	Projekat kontrolne saobraćajne par-va (stajanja) 07 04	Projekat servisnih puteva i parkinga servisnih vozila 08 04	Projekat pristupnih saobraćajnica 09 04
				Hidrološki i hidrografski parametri 05 05		Projekat kolovazne konstrukcije 07 05	Projekat kolovazne konstrukcije 08 05	Projekat rasveta 09 05
						Projekat servisnih puteva 07 06		

ZADATAK

OSNOVE ZA PROJEKTOVANJE

PROJEKTOVANJE

AIRSIDE

LANDSIDE

PRATECI PROJEKTI I	PRATECI PROJEKTI II	PRATECA PROJEKтна ДОКУМЕНТАЦИЈА	КОНТРОЛЕ	КОМПЛЕТИРАЊЕ ПРОЈЕКТНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ	РЕВИЗИЈА, УС-ВАЈАЊЕ И ЈАВНА ПРЕЗЕНТАЦИЈА ПРОЈЕКТА	ФИНАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА	ЗАВРШНЕ АКТИВНОСТИ	ПРИПРЕМЕ ЗА ИЗВОДЊЕ
Projekat odvajanja (airside) 10 01	Projekat ekspozicije 11 01	Prednacrt i prednacrt radova 12 01	Interna kontrola projektnih dokumentacije 13 01	Teknički izvешaji 14 01	Revizija i usvajanje glavnog projekta 15 01	Glavni projekat 16 01	Obrazloženje finansijskih sredstava za gradnju 17 01	Labor izvodača radova 18 01
Projekat odvajanja (landside) 10 02	Projekat geodetskih snimanja 11 02	Teknički uslovi izvođenja radova 12 02	Saglasnost na projektnu dokumentaciju 13 02	Grafiki prilazi 14 02	Javna prezentacija projekta 15 02		Elaborat za dobijanje građevinske dozvole 17 02	Ugovaranje radova 18 02
Projekat zaštite životne sredine 10 03	Projekat anglozacije izvođenja radova 11 03			Numerički prilazi 14 03			Opšti uslovi za izvođenje radova 17 03	
Projekat inženjerskih konstrukcija i objekata 10 04	Projekat odvajanja saobraćaja u toku izgradnje (airside) 11 04			Prateći projekti 14 04			Licencirani elaborat 17 04	
Obilažnja radova i opkretanja (landside) 10 05	Projekat odvajanja saobraćaja u toku izgradnje (landside) 11 05							
Projekat rasveta i opkretanja 10 06								
Projekat obilaznja održavanja i upravljanja 10 07								
Projekat saobraćajna tehnika i servise opreme (landside) 10 08								
Projekat uslova putnog pojasa (landside) 10 09								

PROJEKTOVANJE

КОНТРОЛЕ

РЕЗУЛТАТИ I ПРЕЗЕНТАЦИЈА ГЛАВНОГ ПРОЈЕКТА

ПРИПРЕМЕ ЗА ИЗВОДЊЕ

ARHIVSKI PROJEKAT

KOMPLETIRANJE DOKUMENTACIJE 01	ZADATAK ZA ARHIVSKI I PROJEKAT IZVEDENOG OBJEKTA 02	OSNOVE ZA PROJEKAT IZVEDENOG OBJEKTA 03	ORGANIZACIJA RADA NA PROJEKTU IZVEDENOG OBJEKTA 04	IZRADA I PRIKUPljanJE DOKUMENTACIJE 05	FORMIRANJE DOKUMENTACIJE REALIZACIJI 06	KOMPLETIRANJE PROJEKTA 07	KONTROLE I SAGLASNOSTI 08	FINALNA DOKUMENTACIJA 09
Izvodak projekat	Zadatak za izradu arhivskog projekta	Regulativa (zakoni, propisi, standardi)	Organizaciona struktura izrade projekta izvedenog objekta	Numerička i grafička dokumentacija	Prednje granje	Kompletnija projekta izvedenog objekta	Kontrola i saglasnost na projekat izvedenog objekta	Projekat izvedenog objekta
Tehnčki uslovi izgradnje objekta	Zadatak za izradu projekta izvedenog objekta	Projekat ispravljajna izradom objekta	Resumi, crteži i projekat	Dokumentacija o kontrolama i objektima	Parcijalna i zbirna realizacija			
Ostali uslovi izgradnje objekta			Utvrđivanje dinamike realizacije projekta	Administrativno-pravna dokumentacija				
Ugovorni dokumenti				Finansijska dokumentacija				

ZADATAK

OSNOVE ZA IZRADU PROJEKTA IZVEDENOG OBJEKTA

PROJEKAT IZVEDENOG OBJEKTA

BAZA ISTORIJSKIH PODATAKA O OBJEKTU
10

BAZA AKTIVNIH PODATAKA O OBJEKTU
11

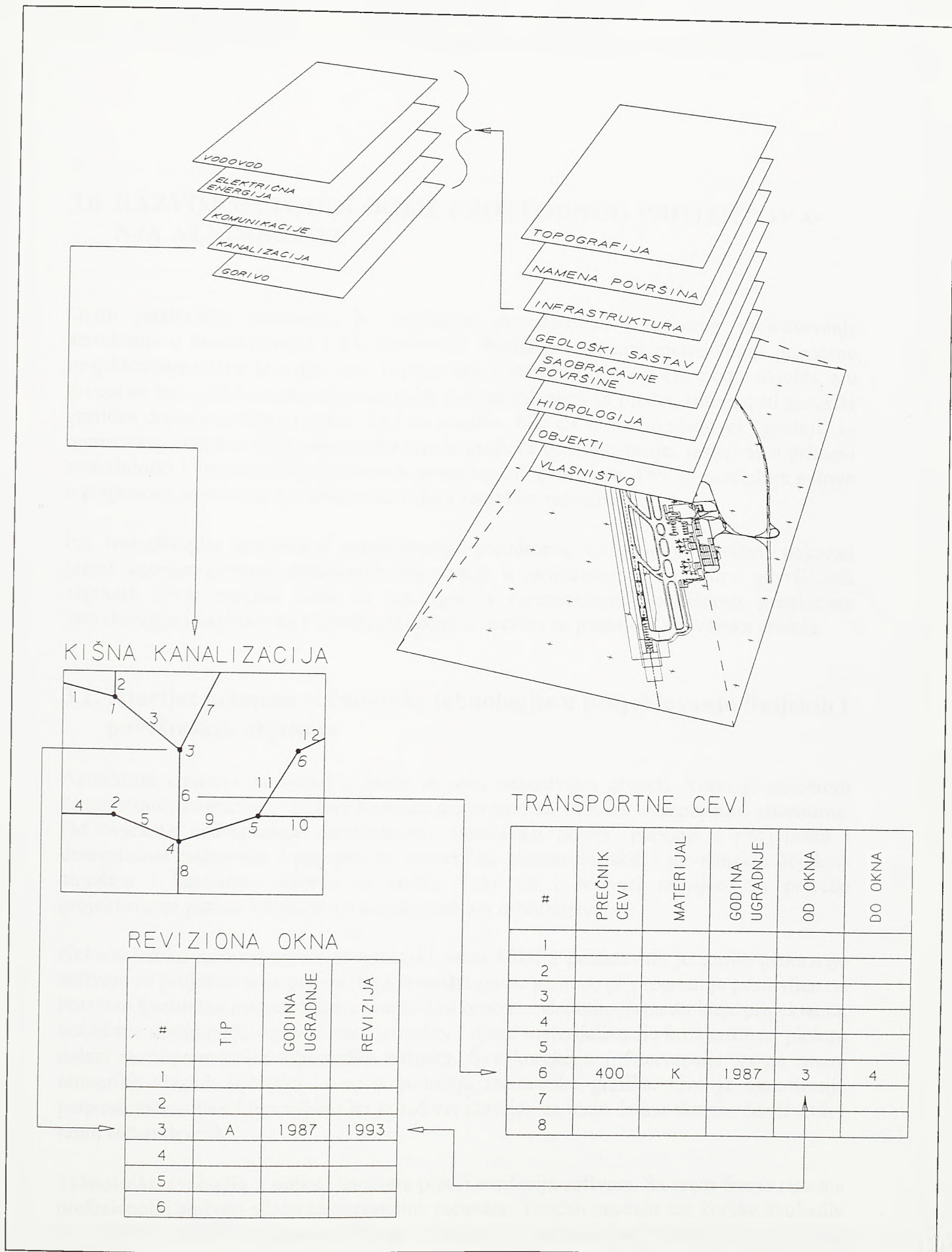
Prevođenje dokumentacije u digitalni oblik (scenari)

Prevođenje dokumentacije u digitalni oblik (apclano)

Storiranje dokumentacije

Storiranje dokumentacije





Sl.2-03.

Koncept geografskog informacionog sistema aerodroma

3.0. RAZVOJ METODOLOGIJE PROSTORNOG PROJEKTOVANJA AERODROMA

Ovim poglavljem pokazana je originalna metodologija prostornog projektovanja aerodroma u interaktivnom CAD okruženju. Prema predloženoj metodologiji prostorno projektovanje odvija se u dve faze. U prvoj fazi konstruiše se prostorni model objekta, a u drugoj se fazi, apliciranjem odgovarajućih softverskih alata na model, automatski generiše grafička dokumentacija projekta. Rad na modelu, bilo da se radi o njegovoj "gradnji" ili numeričkoj obradi u cilju automatske izrade grafičke dokumentacije, sastoji se u primeni metodološki i vremenski koordiniranih proračunskih procedura. Ove su procedure gotovo u potpunosti zasnovane na originalnim algoritamskim rešenjima.

Pre metodologije prostornog projektovanja aerodroma, ovim je poglavljem pokazan kratak istorijat primene računarske tehnologije u projektovanju linijskih i površinskih objekata. Ovaj pregled treba da pomogne u razumevanju specifičnosti predložene metodologije i sagledavanju njenih prednosti u odnosu na postojeća softverska rešenja.

3.1. Istorijat primene računarske tehnologije u projektovanju linijskih i površinskih objekata

Aerodromi i putevi su srodni i, može se reći, nerazdvojni objekti. Svaki je aerodrom kapacitetnim kopnenim vezama landside-a povezan sa ostalim transportnim sistemima. Od objekata niskogradnje, landside-om dominiraju putevi, parkinzi i površinske i denivelisane raskrsnice. I postupci za numeričku obradu linijskih i površinskih objekata airside-a i landside-a veoma su slični. Tako su i softveri razvijeni za potrebe projektovanja puteva korišteni i u aerodromskom inženjerstvu.

Nekada široko rasprostranjeni programski paket HIDES predstavnik je starije generacije softvera za projektovanje puteva. Sa stanovišta putne geometrije program je postavljen na izuzetno kvalitetnu metodološku i numeričku osnovu. Međutim, između ideje projektanta, uobličene u numerički opis ulazne datoteke, i njene materijalizacije kroz crtež na ploteru nalazi se nepremostiva tehnološka barijera. Sve korekcije i intervencije su na nivou numerike ulaznih datoteka, a ne u području računarske grafike. Ovo je ograničenje potpuno razumljivo i opravdano jer je softver razvijan za main frame sisteme šezdesetih i ranih sedamdesetih.

Tehnološku evoluciju u oblasti hardvera prati i evolucija softvera. Sa main frame sistema profesionalni softveri silaze na personalne računare. Tipičan produkt tog koraka evolucije su COGO i HDP (Highway Design Program). Korisnik sada rezultate proračuna kontroliše na grafičkom display-u ali je ulaz i dalje alfanumerički. Proračunski parametri zadaju se kroz takozvane batch procedure. Kroz linije batch procedura prosleđuju se odgovarajuće komande i prateća numerika. Imena komandi su asocijativna, a format ulaza relativno je slobodan. Time su definitivno napuštene krute forme numeričkog ulaza nametnute primenom starijih verzija FORTRAN-a.

Uporedo sa razvojem softvera za personalne računare nastavlja se i rad na softverima za moćne grafičke radne stanice. Tako nastaju prvi pravi CAD sistemi. Poznata su imena Intergraph i McDonnell Douglas, a među specijalizovanim sistemima za projektovanje puteva i aerodroma ističu se MOSS i Macao. Izlaz je, naravno, grafički ali se i ulaz sada mogao zadavati interaktivno, u grafičkom editoru. Taj izuzetan metodološki pomak bio je logična posledica tehnološkog napretka na polju računarske grafike. Cena ovih sistema bila je visoka i merila se stotinama hiljada dolara.

Dramatičnu promenu u oblasti CAD-a donosi pojava AutoCAD-a početkom osamdesetih godina. Na platformi personalnog računara sada se prvi put, i po veoma konkurentnoj ceni, našao softver sa performansama profesionalnih CAD sistema kakvi su se do tada mogli naći samo na grafičkim radnim stanicama. Novi sistem bio je otvoren, odnosno programabilan. Inženjeri različitih struka našli su se u prilici da u ovom opštem CAD okruženju razviju aplikacije koje će iz interaktivnog grafičkog editora uzimati ulaz i u istom okruženju automatski generisati grafički izlaz. Tako danas u istom okruženju i na istom modelu, koristeći specijalizovane aplikacije unutar AutoCAD okruženja, mogu raditi geodetski inženjer, građevinski inženjer i arhitekta. Po svojim performansama i otvorenosti sistema AutoCAD-u danas ozbiljno konkuriše Microstation, paket nastao u saradnji Bentley Systems Inc. i Intergraph-a.

Činjenica da određeni softver radi pod AutoCAD-om u početku se mogla smatrati nedostatkom. Korisnik je pored određenog konkretnog softvera morao posedovati i sam AutoCAD. Najrasprostranjenije okruženje u kome profesionalni multidisciplinarni tim inženjera može da izvrši postavljeni zadatak danas je upravo AutoCAD. Stoga se vezivanje specijalizovanih inženjerskih softvera za AutoCAD danas smatra ozbiljnom prednošću. Tako su i najstarije i najpoznatije softverske kuće, kakva je na primer ESRI, u razvoju softvera prešle pod AutoCAD. Najpoznatiji softverski paket iz oblasti niskogradnje u AutoCAD okruženju danas je SOFTDESK. Istoimena softverska kuća danas je uzela znatan deo tržišta iz oblasti arhitekture i ozbiljno zagazila u oblast mašinskog inženjerstva. Iako za bazu koristi tuđe, AutoCAD, okruženje ova je softverska kuća izrasla u jednu od najmoćnijih u oblasti CAD-a.

Savremeni personalni računar i odgovarajući softver pretvaraju radni sto projektanta u interaktivno radno mesto na kome pojedinac rešava i najsloženije probleme. Novi trendovi razvoja usmereni su ka povezivanju ovakvih moćnih radnih mesta. Razrađuju se veze CAD paketa i eksternih baza podataka i razvija tehnologija tematskog pretraživanja većeg broja CAD dokumenata. Ovim se otvaraju nova područja primene CAD tehnologije i veze između različitih struka angažovanih na projektu podižu na kvalitativno viši nivo.

Dva vodeća CAD paketa u oblasti niskogradnje danas su MOSS, na platformama grafičkih radnih stanica, i SOFTDESK, na PC platformi i u AutoCAD okruženju.

Osnovna odlika MOSS-a je u primeni stringa, niza tačaka, kao osnovnog elementa prostorne definicije objekta. Sve strukturne linije objekta predstavljene su uređenim nizovima tačaka u prostoru. Horizontalnim i vertikalnim pomakom u odnosu na osovine generišu se stringovi po ivicama kolovoza i po ivicama bankina. U slučaju puta istim postupkom modeliraju se i strukturne linije mosta ili tunela. Površina objekta modelira se TIN (Triangulated Irregular Network) modelom generisanim na skupu tačaka koje grade

stringove strukturalnih linija. TIN model povezuje odgovarajući skup tačaka mrežom nepreklapajućih prostornih trouglova. Na sličan način modeliraju se i slojevi kolovozne konstrukcije kao i sam teren. Na TIN modelu objekta lako se generiše nivelacioni plan, a između pojedinih površi modeliranih prostornim trouglovima veoma se precizno mogu sračunati kubature. TIN model je prvobitno korišten za modeliranje terenskih oblika, a njegova primena u modeliranju linijskih, a naročito površinskih, objekata predstavljala je revolucionaran korak u projektovanju objekata niskogradnje primenom CAD tehnologije.

Programski paket SOFTDESK namenjen je obradi imaginarnog, numerički definisanog, linijskog objekta. Sama osovina linijskog objekta interaktivno se projektuje u planu i profilu, a potom se duž nje zadaje promena poprečnog profila. Zadavanje devijacija strukturalnih linija objekta u planu i profilu u odnosu na osovinu (transition lines - L.64), kao i definisanje zakonitosti vitoperenja, automatizovano je u skladu sa američkim propisima za projektovanje puteva i ulica. Tako se dolazi do numeričke definicije linijskog objekta u prostoru. Stoga nije neophodno formiranje prostornog modela objekta kako bi se sa njega, na primer, isekli poprečni profili. Odgovarajući program uzima podatke o situacionom planu i podužnom profilu objekta, podatke o promeni poprečnog profila, kao i podatke o terenu, i na osnovu toga računa i generiše poprečne profile. Površinski objekti i ukrštaji linijskih objekata, kao i kod programskog paketa MOSS, modeliraju se TIN-om.

Postoje, međutim, mnogi problemi vezani za praktičnu primenu navedenih softvera. Na primer, TIN model generisan na skupu tačaka po ivičnim linijama ukrštaja poletno-sletnih i rulnih staza ili površinskih raskrsnica neće uvek dati površinu prihvatljivog oblika koja će se efikasno odvodnjavati i biti izvodljiva finišeom. I modeliranje preseka kosina useka i nasipa koji redovno prate ukrštaje ne može se uvek rešiti na najbolji način. Visok stepen automatizacije pri definisanju poprečnog profila i zakonitosti njegove promene duž osovine po pravilu je uslovljen vezivanjem za standardizovana rešenja, odnosno vezivanjem za propise zemlje u kojoj je softver razvijen. Tako ozbiljan nedostatak SOFTDESK-a predstavlja prejaka veza sa dvovodnim putnim poprečnim profilom, tipičnim američkim projektantskim rešenjem. Ova je veza naročito naglašena u domenu vitoperenja. Previsok stepen automatizacije ovde isključuje nezaobilazna rešenja, kao što su nezavisno vitoperenje površine kolovoza i planuma i dvostepeno vitoperenje. Poseban problem predstavlja pojava više linijskih objekata u jednom poprečnom profilu, što je redovna pojava i u airside-u i u landside-u aerodroma. Pod MOSS sistemom ovaj se problem rešava zametnim postupkom superpozicije nezavisno sračunatih poprečnih profila pojedinačnih objekata. Pod SOFTDESK-om je teško naći racionalan metod za rešenje ovog problema.

Svi navedeni problemi, ali i većina problema vezanih za operativnu primenu CAD paketa u niskogradnji uopšte, bila bi rešena sama po sebi da je razvoj softvera bio usmeren ka formiranju prostornog modela objekta. Primena CAD tehnologije u ostalim oblastima inženjerstva počiva upravo na prostornom modelu proizvoda, mašinskog sklopa ili kakvog drugog objekta. U mašinskom inženjerstvu, na primer, modelom je određen ne samo izgled standardne dvodimenzionalne grafičke dokumentacije, već je definisan i izlaz na numerički vođenu mašinu koja izrađuje fizički prototip. S druge strane, čak i novi CAD paketi za primenu u niskogradnji baziraju na postupcima koji zaobilaze prostorni model. Na osnovu interaktivno definisane projektne geometrije i podataka o prostoru, u prvom redu podataka o terenu, program generiše poprečne profile, računa kubature itd.

Sam prostorni model obično se generiše na kraju, u cilju atraktivne vizuelne prezentacije. Izuzetak su ukrštaji linijskih objekata i površinski objekti. Ovde svaka numerička obrada mora početi od prostornog TIN modela objekta što i prihvataju svi značajniji proizvođači softvera.

Prema ovde predloženoj metodologiji prostornom modelu objekta dodeljuje se glavna uloga. Proces projektovanja deli se u dve faze. Za prvu fazu se može reći da je projektovanje u užem smislu. U toj se fazi formira prostorni model objekta sa prostornim trouglom kao osnovnim elementom diskretizacije. Model se razvija do nivoa detaljnosti zahtevanog korakom procesa projektovanja. Na nivou glavnog (izvođačkog) projekta prostornim trouglovima modeliraju se ne samo svi slojevi kolovozne konstrukcije, već i elementi oivičenja i odvodnjavanja. Pri tome je posebna pažnja posvećena slobodnoj definiciji poprečnog profila i modeliranju površinskih objekata i ukrštaja. Tako se dolazi do modela koji u razmeri 1:1 predstavlja kompleksan objekat. Model je jedinstven i sastoji se od terena i proizvoljnog broja linijskih objekata, njihovih ukrštaja i površinskih objekata. U drugoj se fazi, apliciranjem odgovarajućih softverskih alata na model, automatski generiše projektna dokumentacija. Na mreži prostornih trouglova generiše se nivelacioni plan, između mreža po terenu i zemljanom trupu računaju se kubature, a sa modela se mogu isecati poprečni profili. Model je jedinstven i u jednom se profilu može pojaviti proizvoljan broj linijskih objekata, bilo da se nalaze levo, desno, gore ili dole u odnosu na osovину prema kojoj se profil računa ili, doslovce, iseca.

U centru aktivnosti procesa projektovanja je, dakle, aktivan prostorni model koji se odgovarajućim softverskim alatima može numerički obrađivati u cilju automatizovane izrade projektna dokumentacije. Postupak je potpuno primeren modernoj CAD tehnologiji, naročito ako se imaju u vidu trendovi u ostalim oblastima inženjerstva. Tokom 1994. godine u literaturi se [L.06], pored sličnih skraćenica izvedenih iz reči Computer Aided, kao što su CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) i CAE (Computer Aided Engineering), pojavila i skraćenica CIC (Computer Integrated Construction). Ova skraćenica predstavlja metodologiju i tehnologiju prema kojoj se kao ključni proizvod procesa projektovanja javlja prostorni model. Zajedno sa standardnom projektnom dokumentacijom izvođaču se isporučuje i prostorni model. Primenom odgovarajućih softverskih alata na model izvođač sam može da generiše projektnu dokumentaciju na način koji mu najviše odgovara. Prema navedenom izvoru postupak se primenjuje u projektovanju industrijskih postrojenja. Sličnosti između ovde predložene metodologije i tehnologije projektovanja aerodroma i puteva i CIC koncepta očigledne su.

Poglavlje 3. predstavlja kratak pregled metoda prostornog projektovanja po pojedinim područjima uz naglašavanje novih metodoloških pristupa i novog načina upotrebe i povezivanja već poznatih i prihvaćenih procedura. Ti su postupci potom operacionalizovani kroz konkretnu softversku podršku. Stoga se ovo poglavlje može smatrati projektnim zadatkom za razvoj softverskog paketa namenjenog prostornom projektovanju aerodroma i puteva.

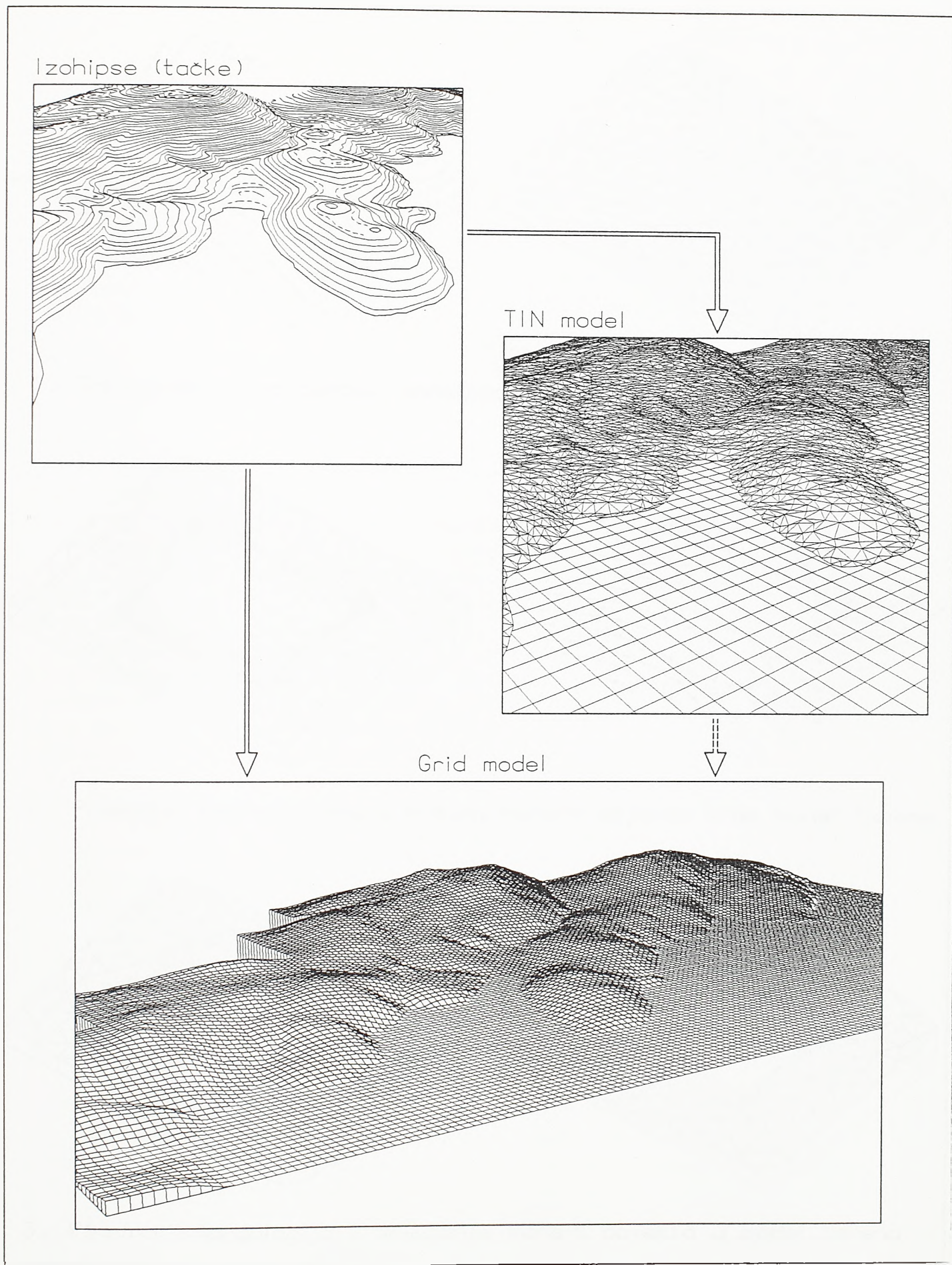
3.2. Metode modeliranja terena i postojećeg stanja objekta

Već je istaknuto da kompleksni prostorni model objekta i okolnog prostora treba da igra glavnu ulogu u procesu projektovanja linijskih i površinskih objekata primenom CAD tehnologije. U sastavu modela mora se pojaviti i površinski model terena. Pri tom mora postojati i mogućnost generisanja modela terena na osnovu digitalizovanih izohipsi i mogućnost generisanja na osnovu snimljenih terenskih podataka. Na model terena moraju biti primenjivi i različiti numerički aparati koji podržavaju procedure procesa projektovanja. Na primer, takav bi se model, u cilju dobijanja podužnog profila, određenim analitičkim postupkom mogao seći duž trase. Sličnim analitičkim aparatom duž trase, a upravno na osu, isecali bi se poprečni profili. Sa ivica bankina spuštale bi se kosine nasipa ili podizale kosine useka sve do prodora sa površinskom modela terena.

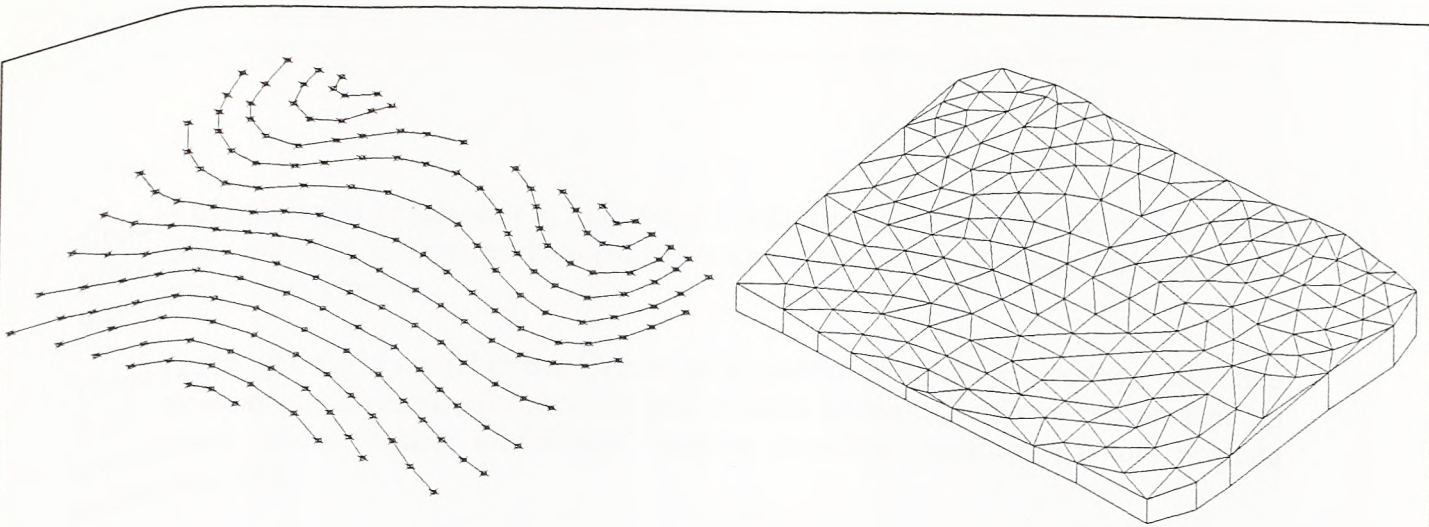
Prethodno navedene uslove u potpunosti zadovoljava TIN model terena. TIN model terena generiše se na skupu tačaka. Izabrane tačke povezuju se mrežom nepreklapajućih prostornih trouglova koji u najvećoj mogućoj meri teže jednakostraničnim trouglovima. Poštovanjem navedenog principa, takozvanog principa ekviangularnosti u planu, dolazi se do harmoničnog modela koji na zadovoljavajući način reprezentuje terenske oblike predstavljene diskretnim tačkama. Ovakva trougaona mreža, pa i sam postupak njenog generisanja, često se nazivaju triangulacija, ili Deloneova (Delaunay) triangulacija. Deloneova triangulacija prvi put se pominje u biltenima Akademije nauka SSSR iz 1934. godine. Na principima Deloneove triangulacije danas je baziran veliki broj računarskih programa za digitalno modeliranje terena. TIN model se može generisati na skupu snimljenih diskretnih tačaka, odnosno na skupu uređenih trojki Y_i, X_i, Z_i . Ukoliko se model terena generiše na osnovu digitalizovanih izohipsi, tada se informacije o njima prethodno moraju dovesti do nivoa tačaka. Izohipse se najčešće definišu kao nizovi spojenih tačaka. Tačaka obično ima više nego što je potrebno za racionalnu predstavu oblika izohipsi. Tada se pribegava postupku filtriranja tačaka pri čemu se eliminišu one tačke za koje se oceni da su suvišne. Kriterijumi za filtriranje su odstojanje susednih tačaka i lokalna zakrivljenost izohipsi. Primer TIN modela terena, zajedno sa izohipsama na osnovu kojih je dobijen, pokazan je u gornjem delu slike 3-01.

Na TIN model terena mogu se primeniti različiti numerički alati. TIN se sastoji od prostornih trouglova. Pošto tri tačke u prostoru određuju ravan, svaki trougao TIN-a predstavlja deo ravni. Tako se svi postupci isecanja TIN-a u cilju dobijanja podužnih i poprečnih profila svode na niz operacija vezanih za ravan što ne iziskuje komplikovan matematički aparat. I proračun kubatura, uz pretpostavku da je i površina zemljanog trupa veštačkog objekta diskretizovana trouglovima, zasnovan je na algoritmu koji daje veoma tačne rezultate.

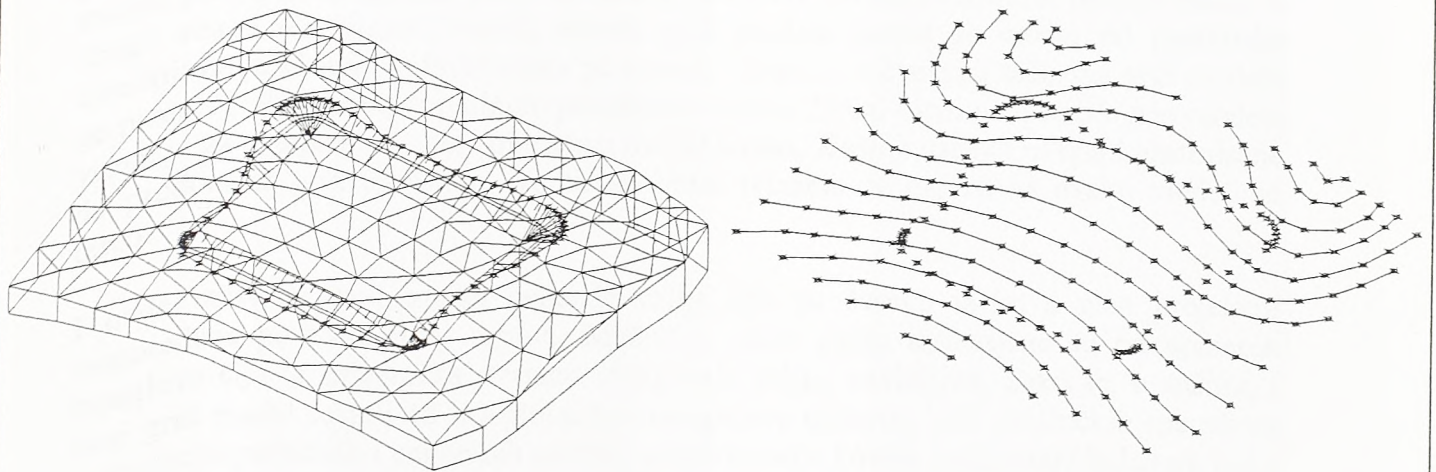
Pri projektovanju objekata niskogradnje primenom CAD tehnologije po pravilu se rade dve triangulacije (slika 3-02). Prva se triangulacija radi kako bi sa tako dobijenog modela terena bili isečeni podužni i poprečni profili i kako bi bio optimiziran položaj objekta u odnosu na teren. Potom se po obodu objekta konstruišu kosine useka i nasipa do prodora sa modelom terena. Na kraju se, uzimajući u obzir i tačke prodora kosina i terena, radi druga triangulacija. Kako bi kosine potpuno nalegale na teren i kako bi spoljne linije useka i nasipa bile materijalizovane u vidu stranica trouglova digitalnog modela terena, u



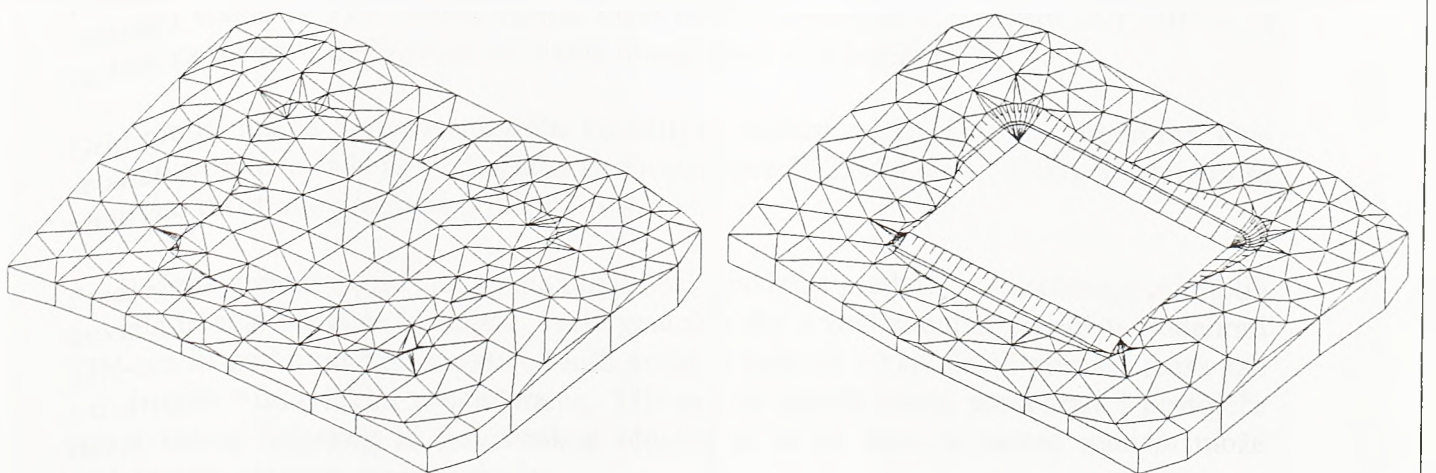
Sl.3-01.
Formiranje digitalnog modela terena



1. Triangulacija na osnovu početnog skupa tačaka



2. proračun tačaka prodora kosina modela objekta kroz model terena



3. Finalna triangulacija i uklapanje modela objekta u model terena

Sl.3-02.

Primena TIN modela terena u procesu projektovanja linijskih i površinskih objekata

finalnu triangulaciju neophodno je uključiti i ove tačke. Znači da u finalnu triangulaciju ulaze tačke dobijene filtriranjem izohipsi (u konkretnom primeru na slici) i tačke dobijene u prodoru kosina i terena.

Ovde je razvijen i grid model terena. Primer grid modela terena dat je u donjem delu slike 3-01. Posmatrano u planu, čvorne tačke grid modela terena najčešće su raspoređene po kvadratnom gridu. Ovakav model daje izuzetno plastičnu predstavu i u tom pogledu nadmašuje TIN.

Sa stanovišta projektanta, međutim, TIN model terena ima znatno veću upotrebnu vrednost od grid modela. Čvorne tačke TIN modela (tačke u kojima se poklapaju temena prostornih trouglova) preuzete su sa zahtevanim nivoom tačnosti. U tim se tačkama model podudara sa realnim terenom. Znači da su sve čvorne tačke TIN modela tačne. S druge strane, do visina čvornih tačaka grid modela dolazi se nekim od postupaka osrednjavanja visina okolnih tačaka po terenu. Stoga ni u čvornim tačkama grid modela ne postoji podudarnost sa realnom površinom terena. Drugi bitan nedostatak grid modela vezan je za uklapanje modela objekta u model terena. Kosine useka i nasipa konstruisane do prodora sa grid modelom svojim spoljnim ivicama ne naležu na ovako modeliran teren.

I ovde razvijeni grid model generiše ćelije čije su čvorne tačke u plan projekciji raspoređene po kvadratnoj osnovi. Međutim, same ćelije sastavljene su od uparenih trouglova čija je zajednička stranica, dijagonala ćelije, nevidljiva. Tako se, u suštini, i ovaj grid model sastoji od trouglova što omogućava primenu istih analitičkih aparata za kalkulaciju podužnih i poprečnih profila, projektovanje kosina i računanje kubatura kao i kod TIN-a. Razrađivana su dva tipa grid modela terena. Prvo je razvijen model prema kome se do visina čvornih tačaka modela dolazilo takozvanom metodom inverznih distanci. Potom je ovaj postupak napušten i prihvaćen je postupak prema kome se prvo formira TIN model terena, a potom preko njega polaže grid. Čvorne tačke grida sada uzimaju visine sa TIN modela terena. Ovaj metod primenjen je u paketu SOFTDESK, a razlozi za njegovo definitivno usvajanje obrazloženi su u poglavlju 4.3.1.

Grid model terena prvenstveno treba koristiti za analizu zaštićenih zona aerodroma. Ove se analize obično rade na podlogama sitnije razmere (1:25000 do 1:50000), a analizira se relativno prostrano područje (100km² i više).

Predložena metodologija i razvijena programska podrška predviđaju i korišćenje multiplih modela terena. Moguće je, naime, svaki geološki sloj u analiziranom području modelirati TIN-om ili grid modelom i svaki od njih može se pojaviti u kalkulaciji profila i masa kao i u drugim numeričkim procedurama. TIN-om se takođe može modelirati i postojeće stanje nekog linijskog ili površinskog objekta te se na osnovu takvog modela može projektovati njegova rekonstrukcija.

TIN-om se modeliraju i složene površi u zoni ukrštaja poletno-sletnih i rulnih staza i površinskih putnih raskrsnica. Primenom postojećih softverskih paketa čitava raskrsnička ploča modelira se TIN-om, a taj postupak ne daje uvek zadovoljavajuće rešenje. Prema ovde predloženoj metodologiji prostornog projektovanja, primena TIN-a u zoni ukrštaja limitirana je na manju površinu ali je i dalje nezaobilazna.

Razvijena je i prateća softverska podrška koja omogućava primenu digitalnog modela terena i u srodnim oblastima građevinarstva. Tako se, na primer, posebnom procedurom mogu modelirati vodene površine složenog oblika sa proizvoljnim brojem, oblikom i rasporedom ostrva. Apliciranjem odgovarajućeg softverskog alata na ovakav model, dolazi se do zapremine akumulacije između modela vodene površine i modela terena.

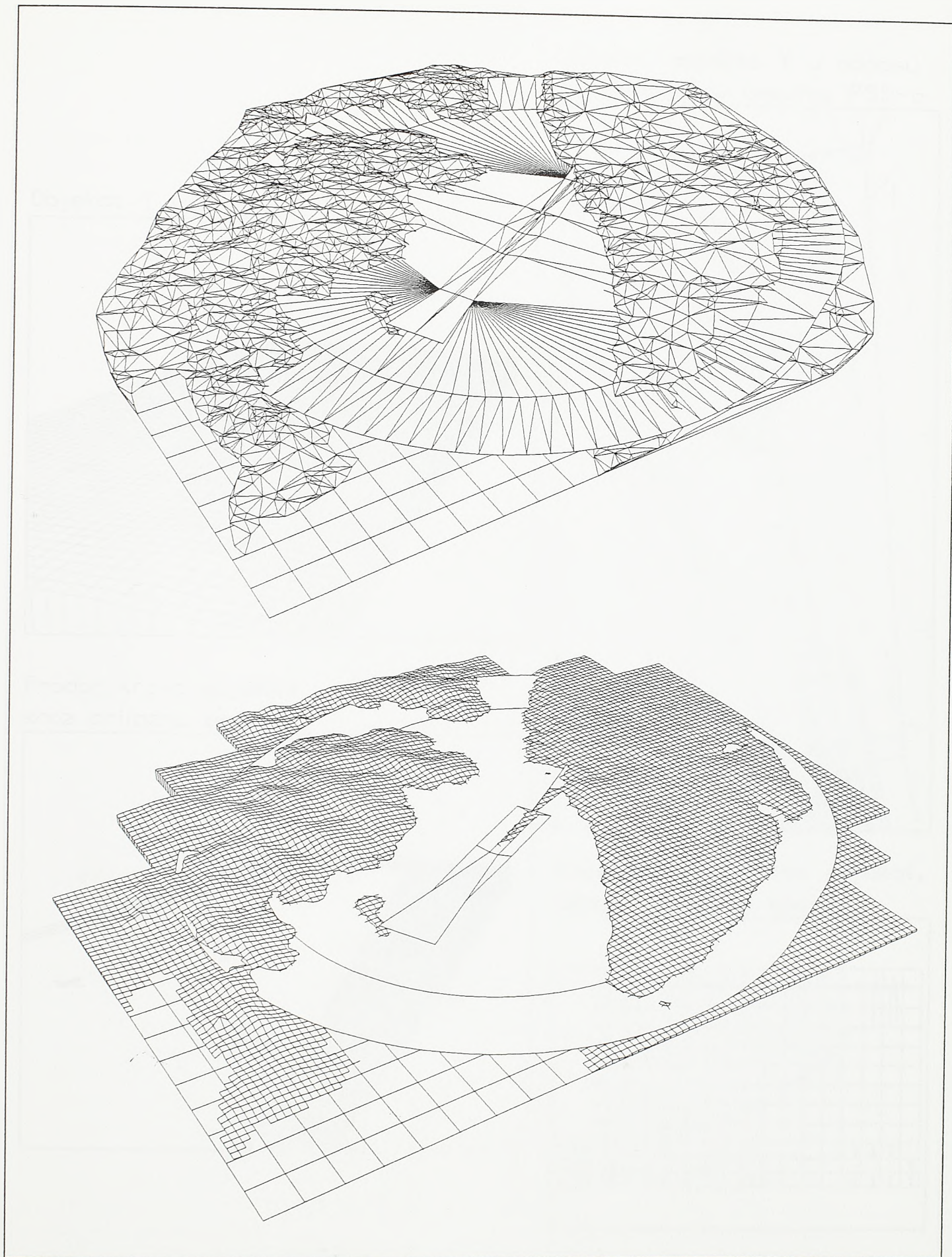
3.3. Metode analize zaštićenih zona aerodroma

Prve projektantske aktivnosti na projektu novog aerodroma vezane su za analizu potencijalnih lokacija. Analiza lokacije počiva na analizi vetra, analizi zaštićenih zona aerodroma i analizi buke. Naravno, to nisu jedine aktivnosti na osnovu kojih se donosi ocena o podobnosti lokacije. Negativna ocena po nekoj od ove tri analize, međutim, automatski eliminiše analiziranu lokaciju iz procesa izbora najpovoljnije lokacije aerodroma [L.37]. Analiza zaštićenih zona aerodroma vezana je za trodimenzionalni prostor. Stoga se analiza zaštićenih zona aerodroma može postaviti na analitičke osnove srodne osnovama na kojima su bazirani i postupci geometrijskog projektovanja airside-a i landside-a primenom CAD tehnologije.

Povoljnom orijentacijom figure zaštićenih zona minimiziraju se prodori prirodnih i veštačkih prepreka kroz površi koje tu figuru čine. Pomeranjem pragova poletno-sletne staze i transliranjem sletnih površi izbegavaju se prepreke u zoni prilaza.

U složenim topografskim uslovima najizrazitiju prepreku predstavlja sam teren. Figura zaštićenih zona ovde se orijentiše tako da prodori terena kroz površi zaštićenih zona budu minimalni. Teren je u CAD okruženju predstavljen digitalnim modelom. Osnovni element diskretizacije TIN modela terena je prostorni trougao, a ovde je predložen postupak prema kome je i grid model terena sagrađen od uparenih prostornih trouglova. Narednim poglavljima predstavljen je koncept po kome je i sam model objekta, u cilju efikasne numeričke obrade, sastavljen od prostornih trouglova. Radi univerzalne primene numeričkih alata i figura zaštićenih zona modelirana je prostornim trouglovima. Standardni oblici figura zaštićenih zona automatski se generišu u skladu sa međunarodnom regulativom [L.52, L.59]. Razvijenim tehnikama korekcije (editovanja) modela podržano je i formiranje figura sa zakrivljenim putanjama doleta i odleta i sa denivelisanim pragovima. Tako diskretizovan model zaštićenih zona postavlja se u realni koordinatni sistem zajedno sa modelom terena. Tada preostaje da se linije prodora terena kroz zaštićene zone aerodroma potraže u prodoru prostornih trouglova terena kroz prostorne trouglove zaštićenih zona. Postupak je pokazan na slici 3-03. U gornjem delu slike pokazan je prodor TIN modela terena kroz figuru zaštićenih zona, a u donjem delu slike pokazana je analiza iste lokacije na grid modelu terena.

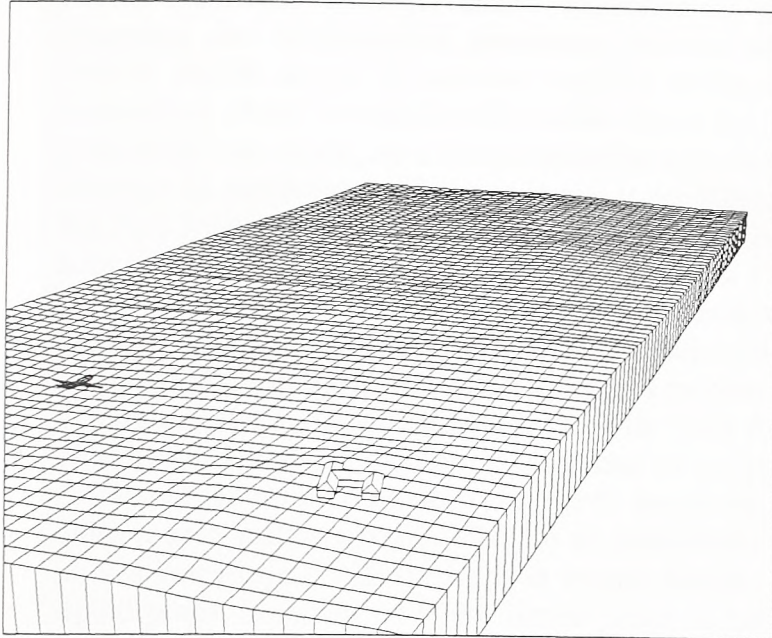
Međusobni prodor mreže trouglova po modelu terena i po modelu zaštićenih zona predstavljen je nizom nadovezanih duži. Prodor dve ravni, ako postoji, jeste prava, a prodor dva trougla, ako postoji, jeste duž. Proračunom prodora grupa trouglova zaštićenih zona i terena, duži prodora kontinualno se nadovezuju. Složeniji postupak proračuna prodora prostornih trouglova sastoji se u njihovom rastavljanju na podtrouglove duž linija međusobnog prodora. Ovaj postupak nalazi primenu pri modeliranju prodora kosina useka i nasipa u zoni ukrštaja linijskih objekata i u zoni izliva i uliva na denivelisanim



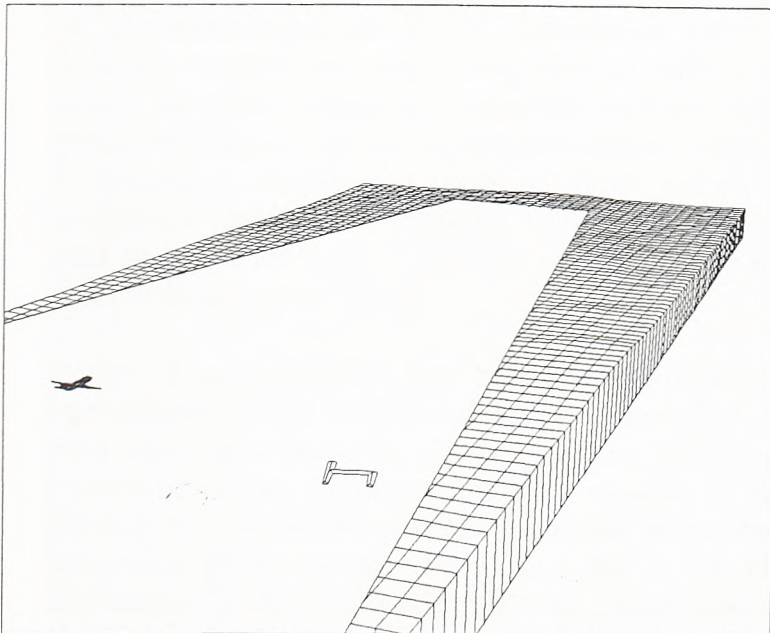
Sl.3-03.

Prostorna analiza zaštičenih zona aerodroma na modelu terena

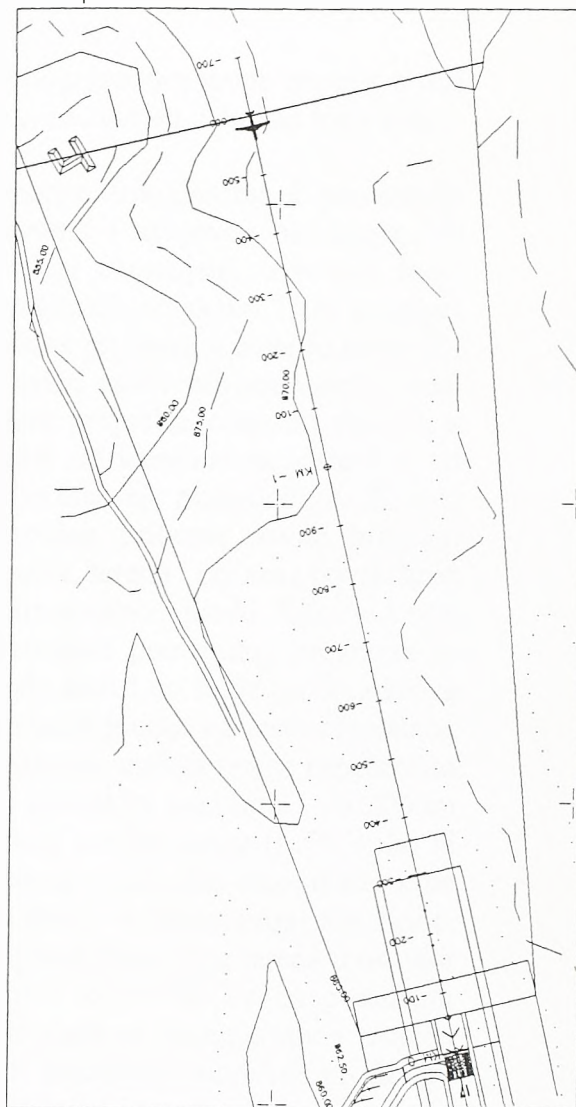
Objekat Y u mestu X



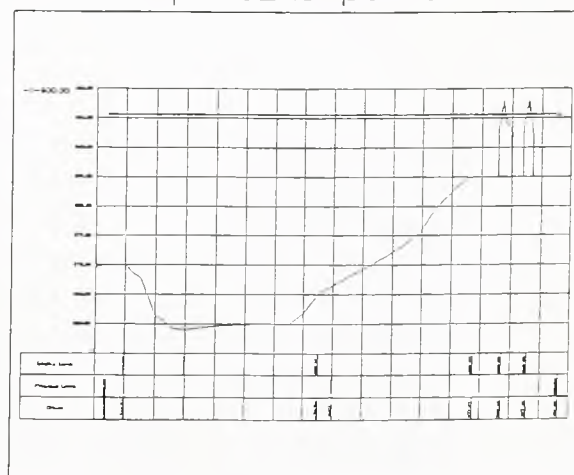
Prodor krova objekta kroz prilaznu površ



Položaj objekta Y u odnosu na produženu osovину PSS-a



Poprečni profil kroz objekat, teren i prilaznu površ



Sl.3-04.

Analiza prepreka na prostornom modelu

raskrnicama. U osnovi programa za proračun međusobnog prodora grupe trouglova leži originalan i dosta složen algoritam koji će biti detaljnije predstavljen u daljem toku rada.

Model zaštićenih zona je, dakle, diskretizovan prostorim trouglovima i predstavlja integralni deo kompleksnog prostornog modela aerodroma i njegovog okruženja. Na ovakav model mogu se aplicirati različiti softverski alati namenjeni, u prvom redu, numeričkoj obradi triangulisanih modela linijskih i površinskih objekata. Ti će postupci podrobnije biti objašnjeni u okviru područja njihove matične primene, a ovde će samo biti ukazano na mogućnost njihove primene u prostornoj analizi zaštićenih zona aerodroma. Na slici 3-04 pokazano je isecanje poprečnog profila kroz prepreku, odnosno objekat, u zoni prilaza. Model objekta je, kao i model terena i model zaštićenih zona, sastavljen od prostornih trouglova. Tako se ovde može primeniti alat za isecanje poprečnih profila duž osovina linijskih objekata. Na zadatoj stacionaži osovine prilazne površi program pronalazi linije prodora prostornih trouglova modela objekta, terena i prilazne površi kroz vertikalnu ravan upravnu na osovinu i od tih linija formira poprečni profil. Kako je i sam objekat modeliran prostornim trouglovima to se, pokretanjem pomenutog programa za proračun međusobnog prodora prostornih trouglova, može doći i do linije prodora krova objekta kroz prilaznu površ. Ukoliko su predviđene operacije preciznog instrumentalnog prilaza kategorije II i III sprovodi se veoma detaljna prostorna analiza terena neposredno ispred praga. U dužini od 900m ispred praga (u teškim terenskim uslovima i do 2000m ispred praga) mora postojati određen kontinuitet podužnog profila terena [L.55] kako bi radio altimetar u avionu davao pouzdane podatke o trenutnoj visini. Isto tako, u bilo kom poprečnom profilu po produženoj osovini poletno-sletne staze i u pojasu propisane širine, visinska razlika bilo koje od kota po terenu i kote korespondentne tačke terena u osovini ne bi trebala preći 3m [L.51]. Ispunjenost prvog uslova kontroliše se na podužnim profilima isečenim po produženoj osovini poletno-sletne staze sa triangulisanih modela terena. Ispunjenost drugog uslova može se kontrolisati ili isecanjem poprečnih profila po produženoj osovini ili isecanjem paralelnih podužnih profila i njihovim superponiranjem. U izuzetnim slučajevima može se javiti potreba za remodeliranjem terena u cilju postizanja bezbednosti operacija vazduhoplova. Pokretanjem odgovarajućih programa tada se mogu sračunati i kubature iskopa između triangulisane figure zaštićenih zona i prostornih trouglova terena.

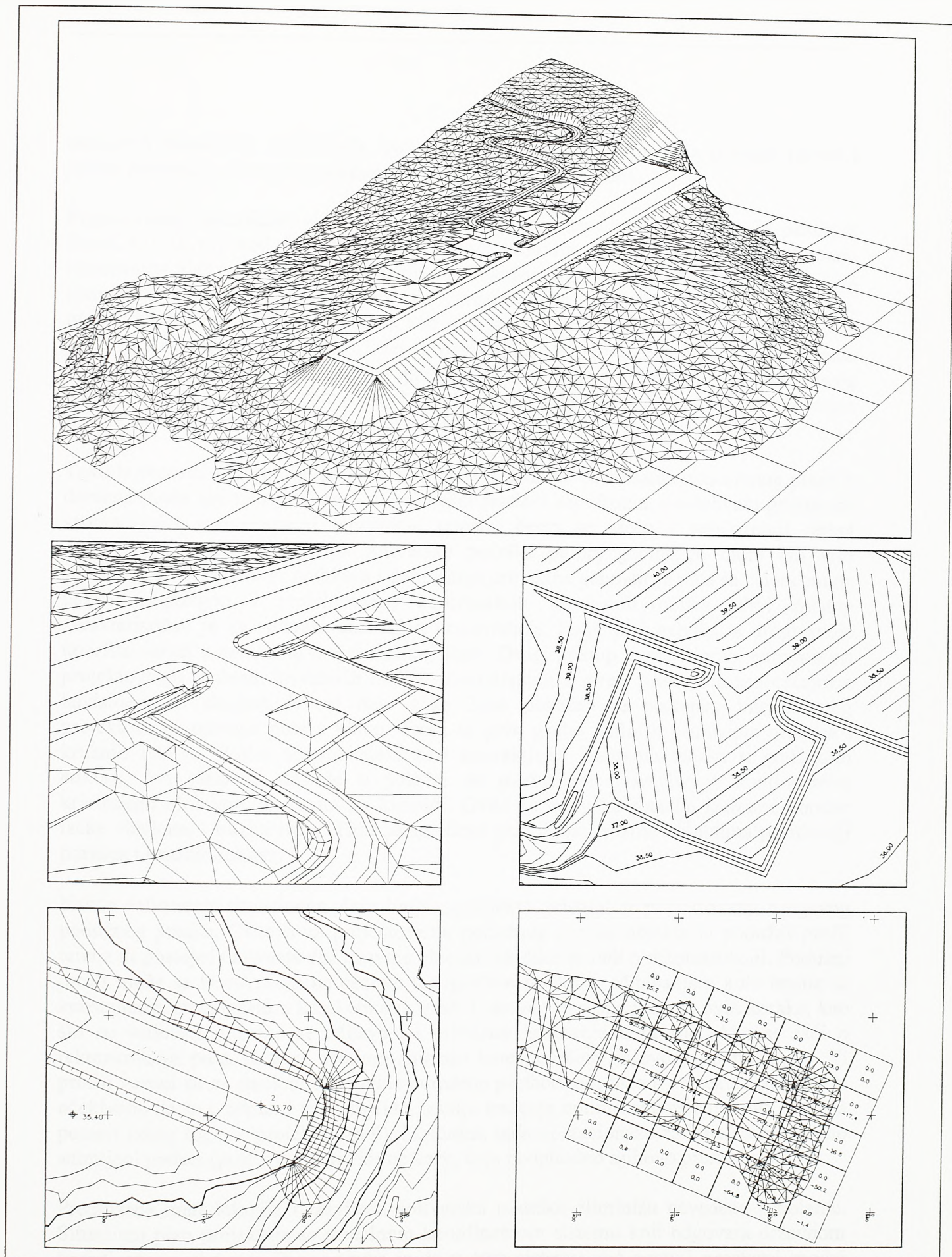
Podaci o preprekama u zoni aerodroma publikuju se u vidu zbornika karata [L.61] opremljenih prema međunarodnim propisima [L.51]. Na osnovu ovih karata pilot stiče uvid u postojeće prepreke, njihovu prirodu i način eventualnog markiranja i u stanju je da planira procedure u slučaju neuspelog sletanja ili otkaza motora pri poletanju. Stoga je predviđena i softverska podrška postupaka atributiranja i kartiranja prepreka u skladu sa zahtevima izrade aeronautičkih karata tipa A i B. Na karti tipa B daje se šire područje aerodroma sa figurom zaštićenih zona, označavaju se prodori terena kroz ovu figuru i kartiraju najmarkantnije izolovane prepreke (antene, tornjevi, visoke zgrade, usamljeno drveće) kao i istaknute kote terena. Karta tipa A podeljena je u dva dela. U gornjem delu prepreke se daju u podužnom profilu, duž osovina prilaza i odleta, a u donjem delu prepreke su date u planu. Ovde je predviđen postupak po kome se prepreke predstavljaju adekvatno atributiranim simbolima. Jednostavnim softverskim rešenjima podržano je i automatsko formiranje profila prepreka na osnovu atributiranih simbola. Postupci kartiranja i atributiranja prepreka, sinhronizacija rada u planu i profilu, kao i prethodno pomenute tehnike modeliranja zaštićenih zona detaljno su razrađeni u poglavlju 4.3.9.

3.4. Metode prostornog projektovanja linijskih i površinskih objekata

Prema ovde predloženoj metodologiji proces prostornog projektovanja odvija se u dve faze. U prvoj se fazi, na nivou detaljnosti koji zahteva konkretan korak procesa projektovanja, modelira objekat, odnosno formira njegov prostorni model. U drugoj se fazi, apliciranjem odgovarajućih softverskih alata na model, generiše projektna dokumentacija. Svakako da se ove dve faze ne mogu potpuno razdvojiti. Tokom rada na modelu projektant povremeno generiše elemente projektne dokumentacije, nivelacione planove i poprečne profile na primer, i na njima kontroliše primenjena rešenja. Ni sama softverska podrška ne može biti striktno podeljena. Tipičan primer je program za generisanje izohipsi po triangulisanoj površi. Iako se pri modeliranju ukrštaja poletno-sletnih i rulnih staza i površinskih putnih raskrsnica ovaj program pokreće veoma često, njegovo mesto nije ni unutar programskih modula za modeliranje objekta, niti unutar programskih modula za numeričku obradu modela. Prema klasičnoj podeli pravo mesto za ovaj program je u modulu za digitalno modeliranje terena. Predmet ovog poglavlja su principi i postupci modeliranja linijskih i površinskih objekata, a postupci numeričke obrade modela i generisanja projektne dokumentacije predmet su narednog poglavlja. Ova je podela u skladu sa generalnim tokom rada na prostornom modelu. Bez obzira na povremeno generisanje elementarne projektne dokumentacije i njene kontrole, prostorno projektovanje, u užem smislu, završava se formiranjem kompleksnog modela objekta. U narednoj se fazi, na osnovu konačnog prostornog modela, formira finalna grafička i numerička dokumentacija.

Tokom prve faze prostornog projektovanja "gradi" se model poput modela STOL aerodroma pokazanog na slici 3-05. Model objekta "gradi" se na prethodno pripremljenom modelu terena, najčešće na TIN modelu. Interaktivnim postupcima konstrukcije i korigovanja (editovanja) formira se prostorni model objekta diskretizovan prostornim trouglovima. Na slici 3-05 vidljivost većine stranica ovih trouglova isključena je radi preglednosti. Tako se površina poletno-sletne staze na ovom modelu sastoji od nizova uparenih trouglova postavljenih duž njene osovine. I prostorni četvorouglovi (ili preciznije, pravoizvodne površi) od kojih se sastoje kosine nasipa i useka na modelu, u stvari su upareni trouglovi sa nevidljivom zajedničkom stranom, dijagonalom četvorougla. Sličan je i način diskretizacije platforme i puta na istom modelu. Za trodimenzionalni model diskretizovan prostornim trouglovima mogu se postaviti i algoritmi za generisanje najsloženije grafičke dokumentacije (nivelacioni plan) i algoritmi za najsloženije proračune (proračun zemljanih radova za površinske objekte). Primeri ovakve obrade modela takođe su pokazani na slici 3-05.

Situacioni plan je prva projekcija airside-a od koje se pri izradi modela polazi. Zavisno od usvojenog kodnog broja i kodnog slova usvajaju se elementi situacionog plana poletno-sletnih i rulnih staza. Poletno-sletna staza orijentiše se u pravcu određenom analizom vetra i prostornom analizom zaštićenih zona aerodroma, a potom se razvija sistem rulnih staza i platformi. Poletno-sletne i rulne staze definišu se u planu svim svojim strukturnim linijama; ivicama kolovoza, ivicama bankina (shoulder-a), granicom osnovne staze do koje se teren remodelira, spoljnom ivicom osnovne staze itd. Tako je u situacionom planu airside-a sadržana i definicija poprečnih profila objekata koji ga čine. Prva projekcija koja se kod puta generalno usvaja je poprečni profil, a elementi koji se prvi koordinatno definišu i koji se prvi u CAD-u crtaju jesu elementi situacionog plana. Izuzetak su saobraćajnice landside-a u zoni pristupnog platoa i parking površina gde se, zbog



Sl.3-05.

Prostorni model STOL aerodroma i operacije na njemu

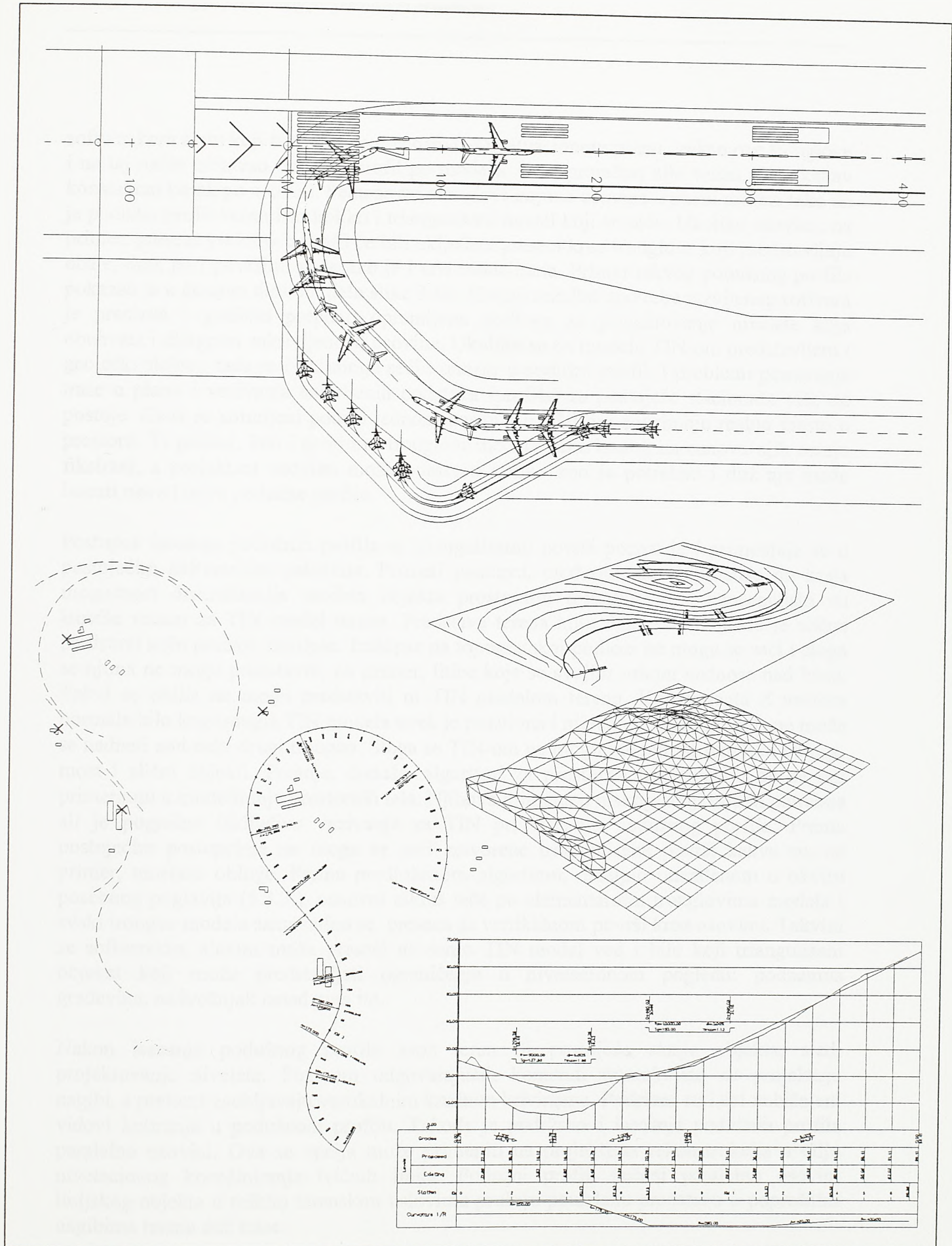
značajnih prostornih ograničenja, već u ranim fazama projektovanja u obzir uzima i ivična geometrija, odnosno parametri zadati poprečnim profilom.

Projektovanje specifičnih elemenata situacionog plana aerodroma podržano je paketom AeroCAD [L.11] koji je autor razvio tokom rada na magistarskoj tezi. U domenu situacionog plana aerodroma postoji niz vrlo osobenih zahteva. Ti su zahtevi vezani za simulaciju kretanja vazduhoplova po manevarskim površinama i platformama, projektovanje specifičnih elemenata kao što su brze izlazne rulne staze, okretnice i proširenja rulnih staza u krivini (fillet-i), postavljanje horizontalne markacije i svetlosne signalizacije, simuliranje manevara parkiranja itd. Primer operativne upotrebe ovog paketa dat je u gornjem delu slike 3-06. Ovde je pokazana startna stajanka za vojne avione na aerodromu kombinovane namene.

Tako je preostalo da se novim softverom pokriju tehnike definisanja situacionog plana u domenu putne geometrije. Putevi su neizbežni pratioci aerodroma, a u zahvatu pristupnih saobraćajnica aerodroma, i landside-a uopšte, često se sreću i najsloženiji oblici denivelisanih raskrsnica. Stoga softverska podrška putnoj geometriji mora biti vrlo snažna. Razvijeni softver podržava i definisanje projektne geometrije puta sa osloncem na tangenti poligon i projektovanje kontinualnih krivinskih oblika. Prvi pristup karakterističan je za softvere američkih proizvođača, kojih je i najviše, a drugi svoje uporište nalazi u nemačkoj projektantskoj školi. Drugi pristup je superioran, naročito pri projektovanju složenih krivinskih oblika nezaobilaznih u mreži pristupnih saobraćajnica landside-a. U donjem levom delu slike 3-06 pokazan je postupak interaktivnog projektovanja osovine puta u planu. Trasa se prvo grubo definiše primenom pravaca i kružnih lukova. Zatim se, rotacijom oko interaktivno izabranih tačaka u grafičkom editoru, ovi elementi dovode u položaj za međusobno povezivanje kontinualnim krivinskim oblicima baziranim na klotoidi. Ovde su za tačke rotacije izabrane obodne tačke objekata u blizini trase. Time je sprečeno približavanje trase objektima po rotaciji pravaca i kružnih lukova.

Nakon definisanja situacionog plana linijskog objekta, pristupa se projektovanju njegovog podužnog profila. Osnova za projektovanje podužnog profila objekta je podužni profil terena ili postojeće nivelete duž osovine objekta, ukoliko se radi o rekonstrukciji. Podužni profil može se konstruisati na osnovu topografske podloge, očitavanjem kota terena sa konstantnim stacionažnim korakom duž trase. Lokalne depresije između ovih koraka, kao što su vodotoci, lokalno se očitavaju i približno iscrtavaju u profilu. Ako se radi o rekonstrukciji puta, tada se detaljno snimaju kote površine kolovoza po profilima. Ti profili vezani su za stacionaže osovine određene prethodnom fazom projekta. Potpuno je očekivano da se u tekućoj fazi projekta, u cilju traženja optimalnog rešenja, ova osovina pomeri (zbog toga se projekat i radi). Međutim, tada ni stacionaže za koje su prethodno snimljeni podaci (profili) vezani više ne važe, te je neophodno njihovo preračunavanje.

Predložena metodologija i razvijena softverska podrška eliminišu navedene probleme. Situacioni plan projektuje se u realnom koordinatnom sistemu koji odgovara državnom koordinatnom sistemu. Pretpostavka je da u tom sistemu već postoji prostorni model terena dobijen na osnovu digitalizovanih ili snimljenih podataka. Naime, prvi korak pri projektovanju aerodroma ili puta primenom CAD-a je digitalno modeliranje terena ili, ako je u pitanju rekonstrukcija, digitalno modeliranje postojećeg stanja objekta. I jedan i drugi model sastoje se od prostornih trouglova. Tada se sama od sebe nameće ideja o



Sl.3-06.
Projektovanje u planu i podužnom profilu

softverskom alatu koji bi se kretao duž osovine u situacionom planu, sekao ove trouglove i na taj način očitavao podužni profil po modelu. Ovaj proračun nije vezan ni za kakav konstantan korak po osovini. Seku se svi trouglovi kojima osovina u planu prolazi tako da je podužni profil veran isto koliko i triangulisani model koji se seče. Ukoliko osovina, na primer, preseca vodotok u profil će biti uključeni preseki kroz trouglove koji predstavljaju obale, dno, pa i površinu vode ako je i ona modelirana. Primer takvog podužnog profila pokazan je u donjem desnom delu slike 3-06. Krajnji rezultat upotrebe razvijenog softvera je precizna i grafički potpuno opremljena podloga za projektovanje nivelete koja obuhvata i dijagram zakrivljenosti osovine. Ukoliko su na modelu TIN-om predstavljeni i geološki slojevi, tada se i oni mogu seći i unositi u podužni profil. I problemi pomeranja trase u planu i vezivanja snimljenih podataka (profila) za postojeće stacionaže više ne postoje. Kada se snimljeni podaci jednom unesu u model oni zauzimaju realno mesto u prostoru. Ti podaci, kao i prostorni trouglovi modela generisanog na osnovu njih ostaju fiksirani, a projektant osovinu može pomerati koliko kod je potrebno i duž nje može isecati nove i nove podužne profile.

Postupak isecanja podužnih profila sa triangulisanih površi poznat je i primenjuje se u postojećim softverskim paketima. Poznati postupci, međutim, ne eksploatišu do kraja mogućnost diskretizacije modela objekta prostornim trouglovima i konceptijski su isuviše vezani za TIN model terena. Predstava terena koju daje TIN donekle je slična predstavi koju pružaju izohipse. Izohipse na topografskoj podlozi ne mogu se seći i stoga se njima ne mogu predstaviti, na primer, litice koje se svojim vrhom nadnose nad bazu. Takvi se oblici ne mogu predstaviti ni TIN modelom terena. Komponenta Z vektora normale bilo kog trougla TIN modela uvek je pozitivna i nijedan trougao modela ne može se nadneti nad neki drugi trougao. Stoga se TIN-om ne mogu modelirati tunelska obloga, most i slični objekti. Postoje, doduše, algoritmi za prostornu triangulaciju ali se oni primenjuju u modeliranju prostornih tela. Njihova primena u niskogradnji nije ni potrebna ali je pogrešno isključivo vezivanje za TIN pri isecanju podužnog profila. Prema postojećim postupcima ne mogu se seći zatvorene triangulisane površi kakve su, na primer, tunelske obloge. Prema predloženom algoritmu, detaljno razrađenom u okviru posebnog poglavlja (4.3.3.), osnovni ciklus teče po elementarnim trouglovima modela i svaki trougao modela samostalno se preseca sa vertikalnom površi kroz osovinu. Takvim se softverskim alatom može preseći ne samo TIN model već i bilo koji triangulisani objekat koji može predstavljati ograničenje u nivelacionom pogledu: podzemna građevina, nadvožnjak iznad puta itd.

Nakon isecanja podužnog profila kroz teren ili postojeće stanje objekta, sledi projektovanje nivelete. Pozivom odgovarajućih komandi interaktivno se projektuju nagibi, a prelomi zaobljavaju vertikalnim kružnim krivinama. Podržani su i svi uobičajeni vidovi kotiranja u podužnom profilu. Takođe je podržano i isecanja podužnih profila paralelno osovini. Ova se opcija može primeniti na projektima rekonstrukcija u cilju nivelacionog koordiniranja ivičnih linija. Podužni profili sečeni paralelno osovini linijskog objekta u teškim terenskim uslovima pružaju pouzdanu predstavu o poprečnim nagibima terena duž trase.

Situacioni plan i podužni profil osovine objekta definišu prostornu krivu liniju. Da bi se duž te krive linije razvio prostorni model linijskog objekta potrebno je definisati i poprečni profil i utvrditi zakonitost njegove promene duž trase. Osnovna ideja razvijanja modela duž osovine ilustrovana je slikom 3-07. Prvo se, primenom kodiranih duži,

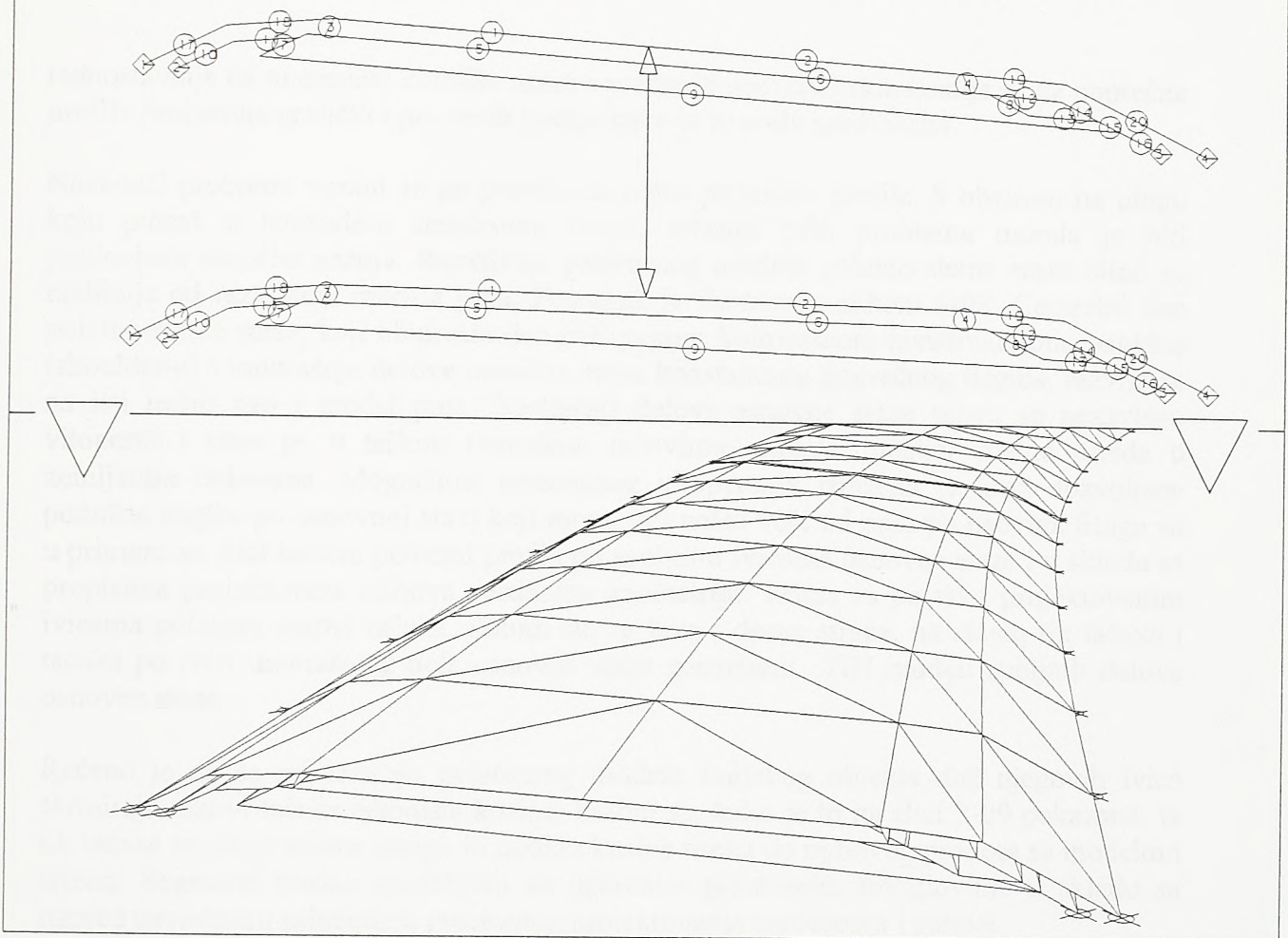
konstruišu poprečni profili. Potom se definiše promena poprečnih profila duž trase. Prvo se odrede stacionaže u kojima dolazi do diskontinualne promene profila. Za svaki potez trase između dveju ovakvih stacionaža definiše se poprečni profil na početku i na kraju. Linije unutar ovih poprečnih profila označene istim kodom prostornom interpolacijom duž osovine spajaju se mrežom uparenih prostornih trouglova. Pri tome se trouglovima automatski dodeljuje boja i lejer. Tako svaki sloj kolovozne konstrukcije može biti posebno izdvojen što dozvoljava detaljan proračun kubatura, a moguće je pripremiti i koordinate i kote za izvođenje duž svih strukturnih linija po pojedinim slojevima.

Na slici 3-07 je pokazano da se nizovi uparenih trouglova razvijaju između linija sa istim kodom. Stoga svaka linija u profilu mora dobiti odgovarajući kod. Ukoliko se međusobni položaj neke grupe linija ne menja, tada se one mogu označiti jedinstvenim kodom, kodom bloka linija. Tako se grupe linija kojima su definisane drenaže, nosači mosta i delovi ploča mosta u donjem delu slike označavaju jednim kodom. Pri definisanju poprečnog profila mora se pokazati i tačka koja se vezuje za prostornu krivu liniju osovine. Mesta koja su u profilima obeležena iskošenim kvadratima predstavljaju ishodišta kosina. Ta mesta se razvijaju u nizove tačaka iz kojih će kasnije biti konstruisane kosine useka i nasipa. U profilu na slici obeležena su po dva takva mesta sa svake strane osovine. Iz tačke udaljenije od osovine konstruiše se kosina po površini humusa, a iz bliže tačke konstruiše se kosina samog zemljanog trupa objekta. Kodovi blokova linija i kodovi ishodišta kosina na svakom mestu duž trase određuju relativan položaj bloka ili početka kosine u odnosu na prostornu krivu osovine. S druge strane, bilo koji par iskodiranih samostalnih linija u poprečnom profilu, pretvara se u triangulisanu površ koja se vitoperi duž trase, udaljuje se ili približava osovini ili čak menja stranu u odnosu na osovину.

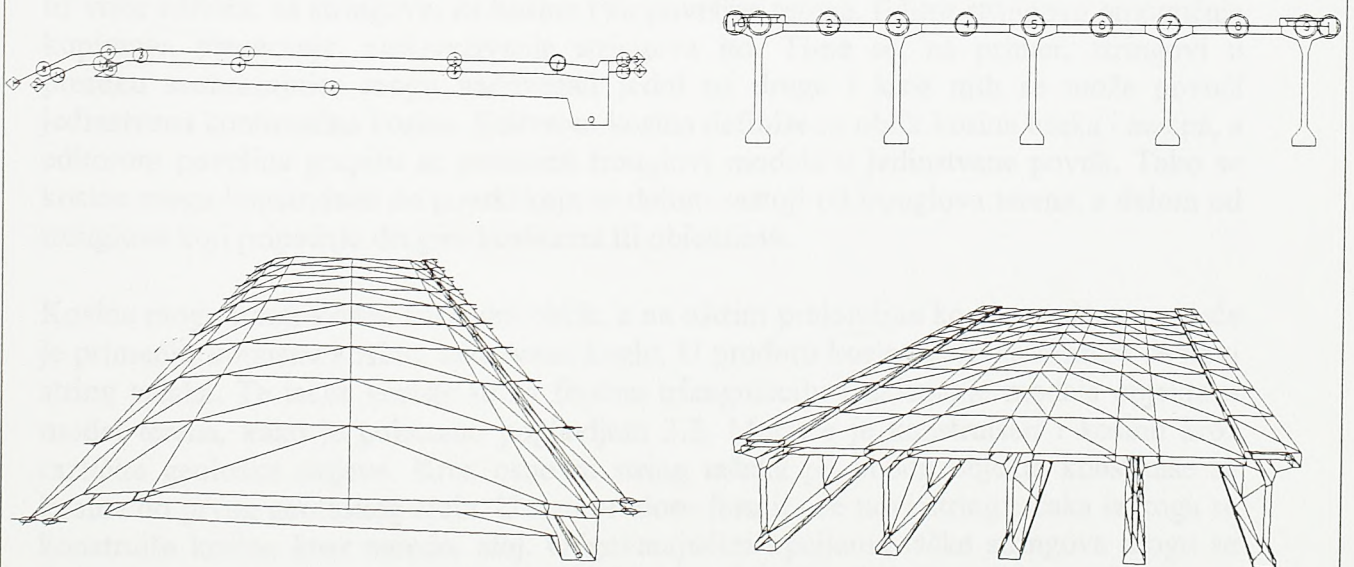
Pre pristupanja izradi prostornog modela linijskog objekta mora biti pripremljena biblioteka poprečnih profila. Ova biblioteka može biti prilično obimna. Očigledno je da treba definisati posebne profile sa drenažom na levoj ili desnoj strani, sa padom na jednu ili na drugu stranu, sa različitim poprečnim nagibima kolovoza itd. Stoji prigovor da je ovakav input prilično zametan. Međutim, projektant koji radi sa ovakvim sistemom vremenom uvećava svoju biblioteku poprečnih profila i blokova sa tipskim detaljima. I što je još važnije, ovakvom slobodnom grafičkom definicijom poprečnih profila moguće je odgovoriti na sve zahteve koje praksa postavlja.

Postoje programski paketi kod kojih je definicija promene poprečnog profila duž osovine potpuno automatizovana. Kroz program se zadaju, na primer, širine kolovoznih traka i bankina i podaci o poprečnim nagibima i dužinama rampi vitoperenja. Na osnovu toga razvija se prostorni model i duž ivica bankine konstruišu se kosine. Međutim, čim se vitoperenje automatizuje i veže za lokalne propise, docnije prilagođavanje modela nekom drugom konceptu vitoperenja čak i u najotvorenijim interaktivnim okruženjima predstavlja mukotrpan posao. Poznato je, takođe, da se površina planuma vitoperi nezavisno od površine kolovoza. Ako bi se i definisalo nezavisno vitoperenje planuma i kolovoza postavio bi se problem traženja prodora drenažnog ispusta (slika 3-07) kroz kosinu. Postavio bi se i problem analitičke definicije veze ivice drenaže sa površinom planuma koji se vitoperi. I kada bi se razvio neki način automatizovanog definisanja navedenih detalja u profilu uvek bi ostali neki nepokriveni slučajevi koji, kada se jave, sistem čine gotovo neupotrebljivim. I drugo, veliko je pitanje da li bi korisniku bilo

Kodiranje poprečnih profila i razvijanje prostornog modela



Primeri profila sa drenažom i profila na mostu



Sl.3-07.

Formiranje prostornih modela linijskih objekata

jednostavnije da numerički definiše masu navedenih geometrijskih detalja ili da poprečne profile projektuje grafički i potom ih kodira kako je to ovde predloženo.

Navedeni problemi vezani su po pravilu za putne poprečne profile. S obzirom na ulogu koju putevi u landside-u aerodroma imaju, rešenju ovih problema morala je biti poklonjena naročita pažnja. Razvijanje prostornog modela poletno-sletne staze bitno se razlikuje od razvijanja modela puta. Postupak je ilustrovan slikom 3-08. Centralni deo poletno-sletne staze, koji obuhvata deo pod punom kolovoznom konstrukcijom, bankine (shoulder-e) i unutrašnje delove osnovne staze konstantnog poprečnog nagiba, razvija se na isti način kao i model puta. Spoljašnji delovi osnovne staze mogu se nezavisno vitoperiti i time je, u teškim terenskim uslovima, moguće postići znatne uštede u zemljanim radovima. Mogućnost nezavisnog vitoperenja izražena je kroz dozvoljene podužne nagibe po osnovnoj stazi koji mogu biti nešto veći od onih po osovini. Stoga su u primeru na slici isečeni podužni profili po spoljnim ivicama osnovne staze i u skladu sa propisima projektovana njihova vertikalna geometrija. Zatim su po tako projektovanim ivicama položeni nizovi tačaka. Potom su, sa leve i desne strane, na skupu tih tačaka i tačaka po ivici unutrašnjeg dela osnovne staze generisani TIN modeli spoljnih delova osnovne staze.

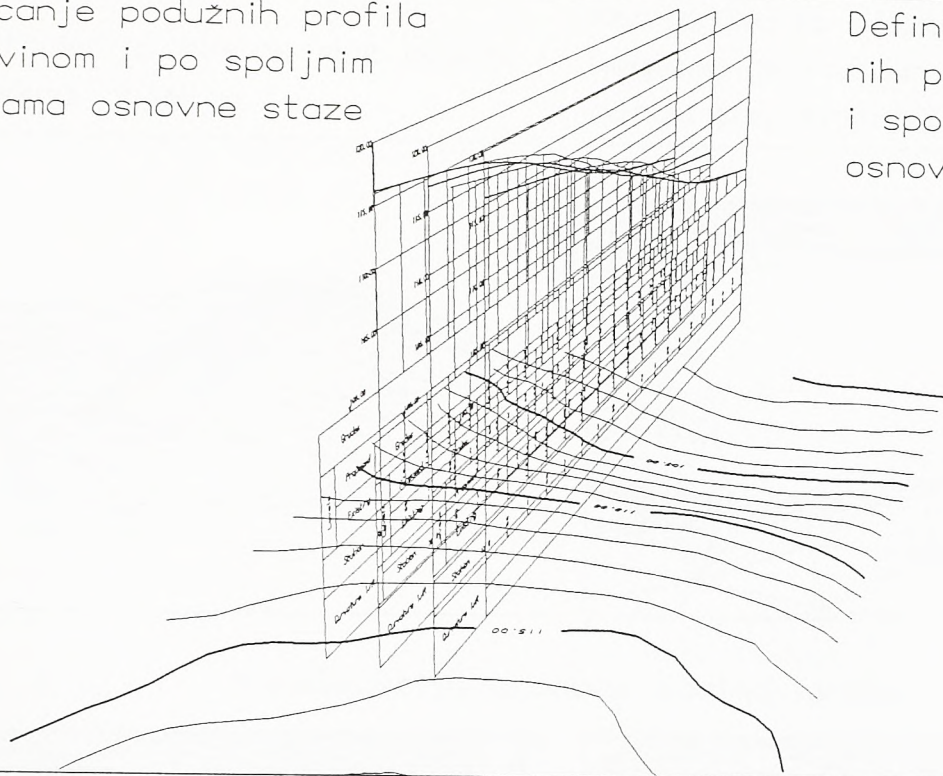
Rečeno je da se pri razvoju prostornog modela linijskog objekta duž njegovih ivica formiraju nizovi tačaka ishodišta kosina. Potom se, kako je to na slici 3-09 pokazano, iz tih tačaka spuštaju kosine nasipa ili podižu kosine useka do njihovog prodora sa modelom terena. Segmenti kosina modelirani su uparenim prostornim trouglovima u skladu sa napred navedenim principima prostornog projektovanja aerodroma i puteva.

Osnovni input za modeliranje kosina su nizovi (ili stringovi) tačaka ishodišta kosina, sama definicija kosine i površina terena do koje se kosina konstruiše. Stoga su razvijene tri vrste editora: za stringove, za kosine i za površine terena. Editor stringova omogućuje kopiranje, presecanje, nadovezivanje stringova itd. Time se, na primer, stringovi u preseku saobraćajnica mogu nadovezati jedni na druge i kroz njih se može povući jedinstvena kontinualna kosina. Editorom kosina definiše se oblik kosina useka i nasipa, a editorom površina grupišu se prostorni trouglovi modela u jedinstvene površi. Tako se kosine mogu konstruisati do površi koja se delom sastoji od trouglova terena, a delom od trouglova koji pripadaju drugim kosinama ili objektima.

Kosine mogu imati složen kaskadni oblik, a na oštrim prelomima kosina u planu moguće je primeniti konusnu kosinu, takozvanu keglu. U prodoru kosina i terena formira se novi string tačaka. Te tačke koriste se za finalnu triangulaciju i uklapanje modela objekta u model terena, kako je pokazano poglavljem 3.2. Moguće je konstruisati i kosinu kroz različite geološke slojeve. Kroz osnovni string tačaka po obodu objekta konstruiše se kosina do prvog geološkog sloja. U tom prodoru formira se novi string tačaka iz koga se konstruiše kosina kroz naredni sloj. Odgovarajućim opcijama tačke stringova mogu se bočno pomerati po geološkim slojevima kako bi se formirala berma.

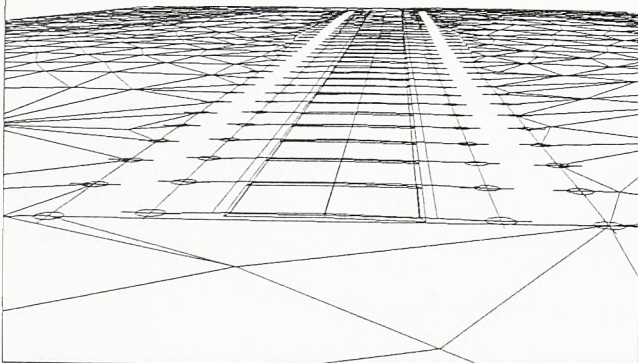
Poseban problem predstavlja modeliranje međusobnog prodora kosina. Ovakvi se prodori javljaju na ukrštajima linijskih objekata, a na slici 3-09 dati su primeri prodora u zonama uliva i izliva denivelisane raskrsnice. Odgovarajući računarski program trouglove po kosinama rastavlja na podtrouglove koji stranicama naležu na linije prvobitnog prodora.

Isecanje podužnih profila osovinom i po spoljnim ivicama osnovne staze

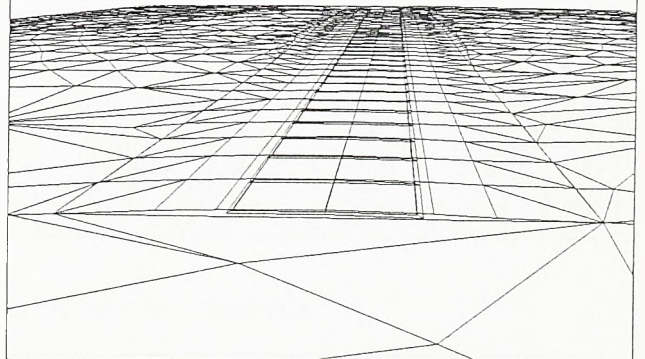


Definisanje podužnih profila osovine i spoljnih ivica osnovne staze

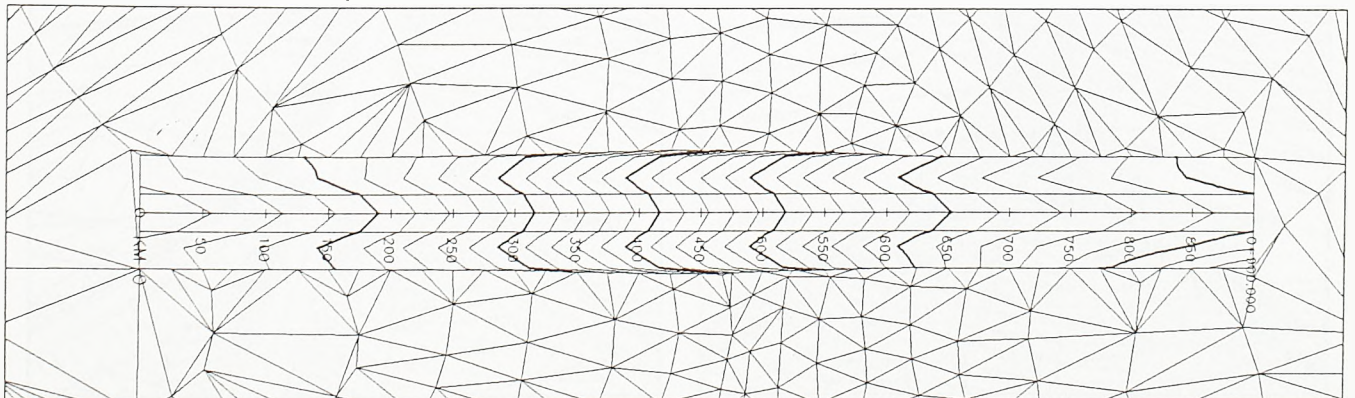
Postavljanje nizova tačaka po spoljnim ivicama osnovne staze



Triangulisanje vitopernog dela osnovne staze



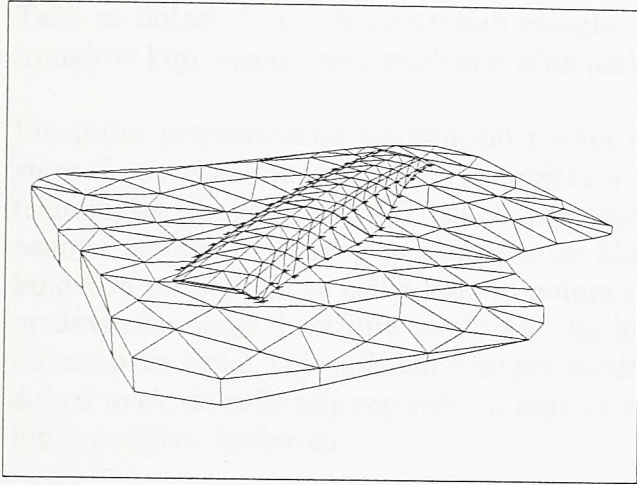
Nivelaciono rešenje osnovne staze



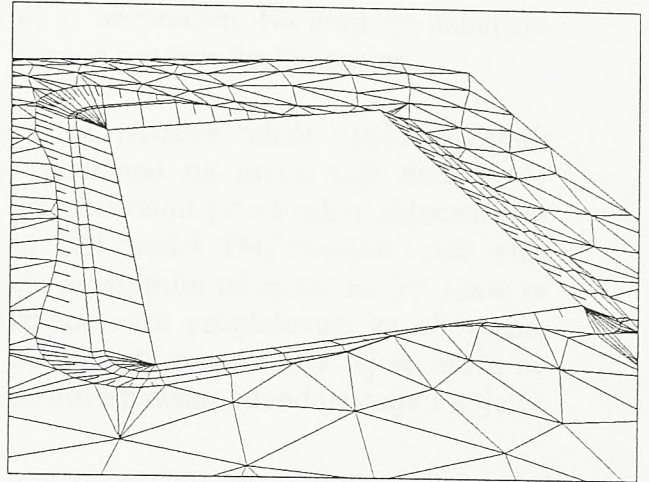
Sl.3-08.

Formiranje prostornog modela poletno-sletne staze

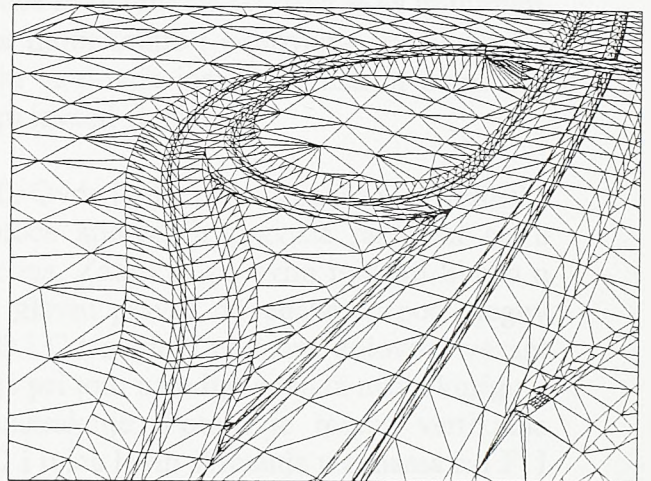
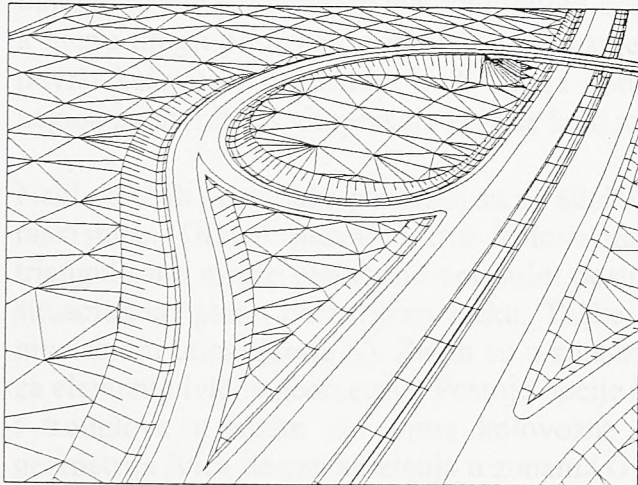
Konstrukcija kosine duž oboda linijskog objekta



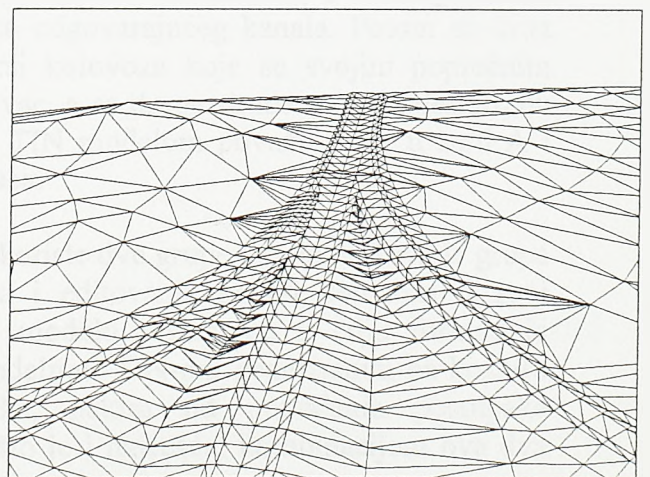
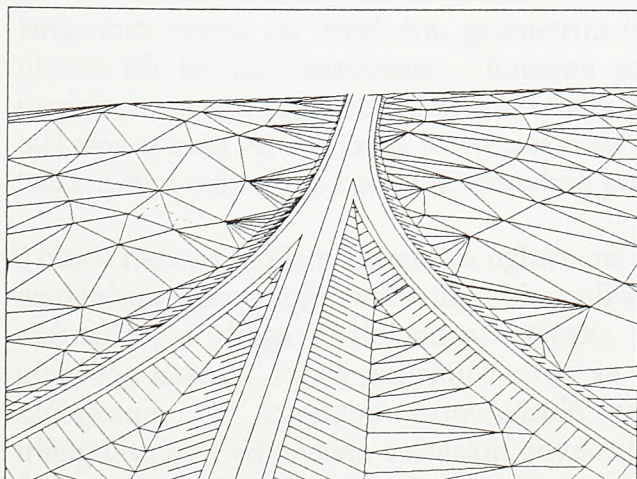
Konstrukcija složene kosine sa keglama (konusnim kosinama) po obodu površinskog objekta



Konstrukcija prodora kosina useka



Konstrukcija prodora kosina nasipa



Sl.3-09.

Modeliranje kosina useka i nasipa

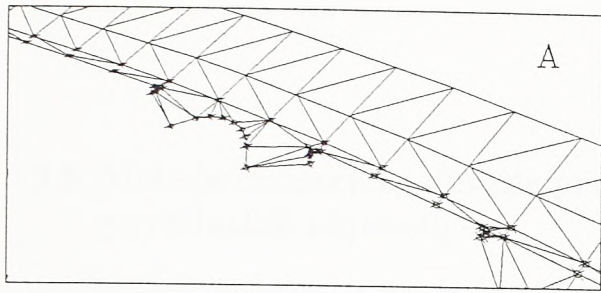
Tako se dolazi do mreže prostornih trouglova koji se ne prodiru. Na kraju se uklanjaju trouglovi koji ostaju iznad prodora kosina useka ili ispod prodora kosina nasipa.

Prostorno projektovanje površinskih putnih raskrsnica, ukrštaja rulnih i poletno-sletnih staza i, uopšte, ukrštaja linijskih objekata nije podržano na nivou koji nudi CAD tehnologija. Savremeni CAD paketi namenjeni projektovanju površinskih objekata kao osnovu za rešavanje ovog problema nude klasičan TIN model. Duž osovina i duž ivica kolovoza postavljaju se tačke koje se potom spajaju prostornim trouglovima. Pri tome se građevinske linije i važnije strukturne linije duž kolovoza proglašavaju za obavezne, odnosno za linije koje nijedan trougao modela ne sme da preseče. Na taj se način ne dolazi uvek do prihvatljivog rešenja koje će obezbediti efikasno odvodnjavanje i koje će biti izvodljivo finišerom.

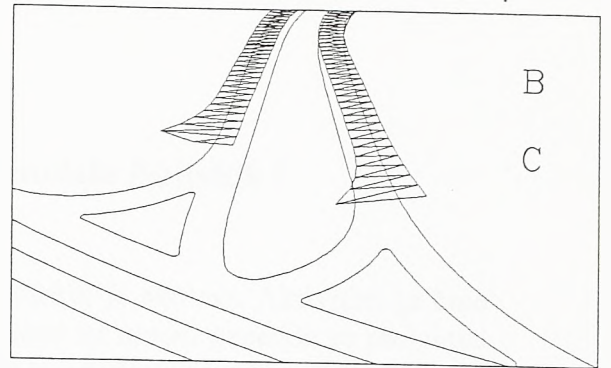
Kako se kod kanalisanih površinskih raskrsnica sreću najsloženiji oblici projektne geometrije to je najbolje predložene principe modeliranja objasniti na jednom takvom objektu. Ovde ponuđenom metodologijom upotreba triangulacije svedena je na minimum, a njenu ulogu preuzimaju interaktivne opcije za modeliranje i editovanje triangulisanih površi kolovoza. Primenom ovih opcija dobijaju se površi jasno definisanih poprečnih nagiba i zakonitosti vitoperenja koje se lako mogu izvesti finišerom.

Neki od ovih postupaka pokazani su na slici 3-10. Ovde je dat plan kanalisane površinske raskrsnice. Glavni pravac i dve kolovozne ploče sporednih pravaca razvijeni su u triangulisane mreže prethodno opisanim postupcima. Zatim su po svim ivičnim linijama u situacionom planu postavljene tačke. Tačke uz glavni pravac dovedene su pod njegov nivelacioni uticaj (zona A). Zatim su u zonama B i C trouglovi površine kolovoza vezani za elemente ivične geometrije. Postoje opcije koje pri tom na odgovarajući način koriguju i trouglove u nižim slojevima kolovozne konstrukcije. Potom je rešena vertikalna geometrija ivica desnih skretanja u zonama G i D i ivica levih skretanja u zonama E i F. I duž unutrašnjih linija ovih kanala postavljene su tačke. Te tačke su podignute na kote koje u podužnom profilu obično leže na spline liniji koja se sa jedne strane tangentno vezuje na vertikalnu geometriju ivice glavnog pravca (spoljna ivice zone A), a sa druge strane tangentno vezuje na vertikalnu geometriju ivice odgovarajućeg kanala. Potom su kroz nizove tih tačaka konstruisane vitoperne površi kolovoza koje se svojim poprečnim nagibima utapaju sa jedne strane u sporedni pravac, a sa druge strane u površ definisanu tačkama u zoni A. Na kraju je preostalo da se TIN modelom povežu tačke u zoni A i tačke u zoni izdvajanja kanala iz sporednih pravaca.

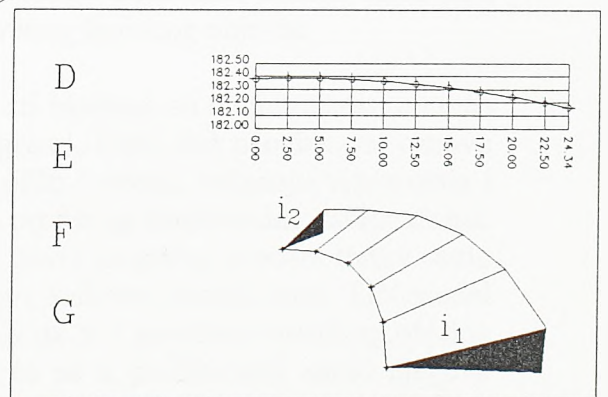
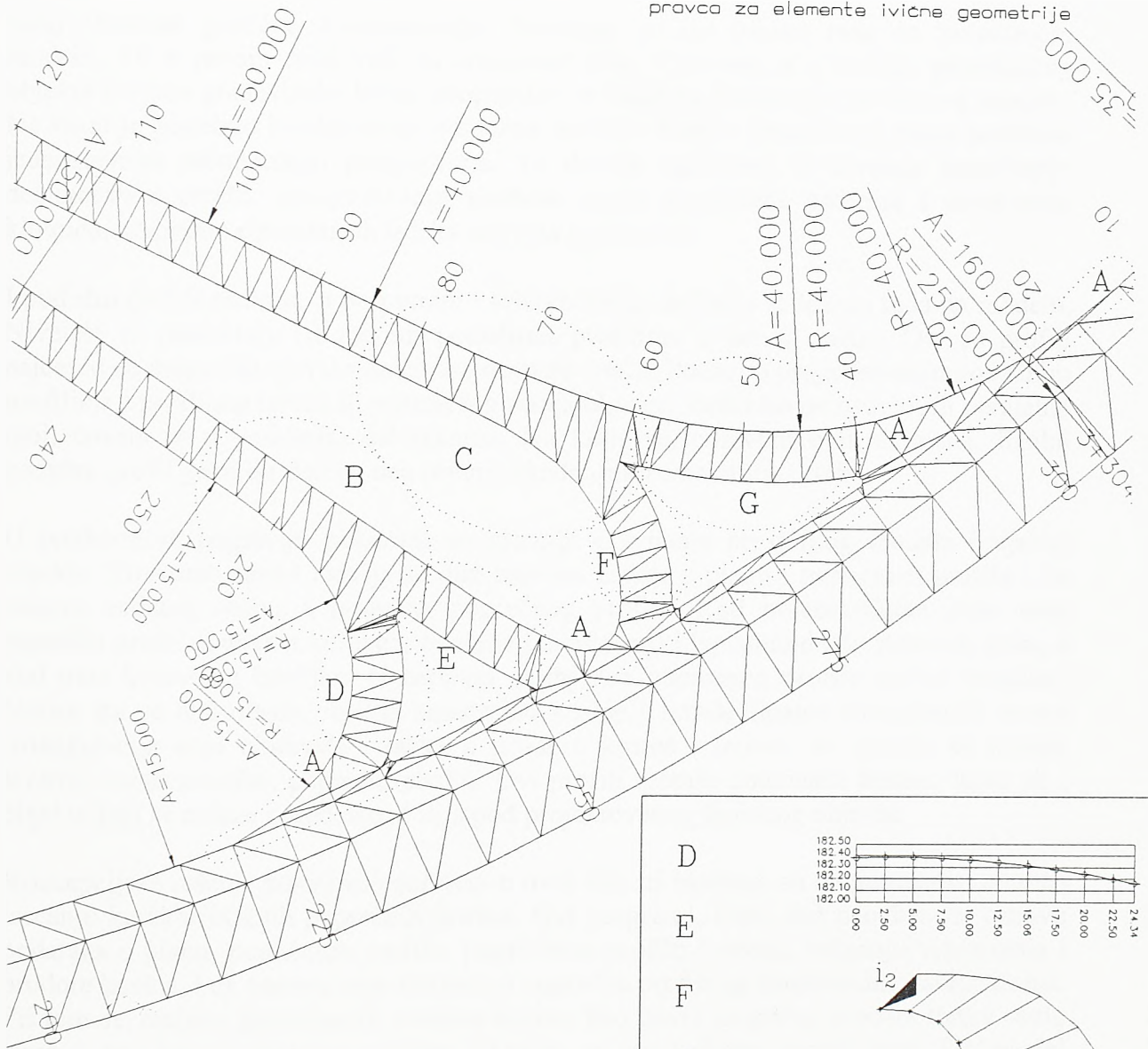
Tokom rada na modelu raskrsnice uglavnom se koriste dve grupe komandi. Prva je grupa namenjena specijalnim vidovima triangulisanja i editovanja površi kolovoza u zoni raskrsnice, a druga pozicioniranju tačaka po modelu raskrsnice u cilju formiranja njegovog kostura. Površ raskrsnice može se modelirati TIN-om generisanim na kosturu sačinjenom od korektno raspoređenih tačaka, nekim od ponuđenih postupaka triangulisanja i editovanja veštačkih površi ili, što je i najčešće, kombinacijom ova dva postupka.



Dovodjenje tačaka na spoju kolovoznih ploča u ravni trouglova glavnog pravca i zatvaranja spoja lokalnim TIN-om



Vezivanje trouglaone mreže kolovoza sporednog pravca za elemente ivične geometrije



Projektovanje poduznih profila ivica kolovoza sporednog pravca i konstrukcija vitopemih površi duž njih

Sl.3-10.

Prostorno modeliranje površinske raskrsnice

3.5. Metode numeričke obrade prostornih modela linijskih i površinskih objekata

Formirani prostorni model linijskog ili površinskog objekta je aktivan. Aktivnim ga čine posebno razvijeni softverski alati. Aplikacijom ovih alata na model generiše se projektna dokumentacija; koordinate za izvođenje, poprečni profili, nivelacioni planovi itd.

Neki elementi grafičke dokumentacije formiraju se još tokom rada na prostornom modelu. To u prvom redu važi za situacioni plan. Osovine, a u slučaju površinskog objekta i ivične građevinske linije, neophodan su input za formiranje prostornog modela. Na kraju je potrebno izvršiti samo određene grafičke dorade situacionog plana podržane jednostavnim računarskim programima. Te dorade uglavnom obuhvataju generisanje decimetarske mreže, urazmeravanje simbola ispisa stacionaža, radijusa i parametara klotoida, kodiranje elementarnih tačaka osovina u planu itd.

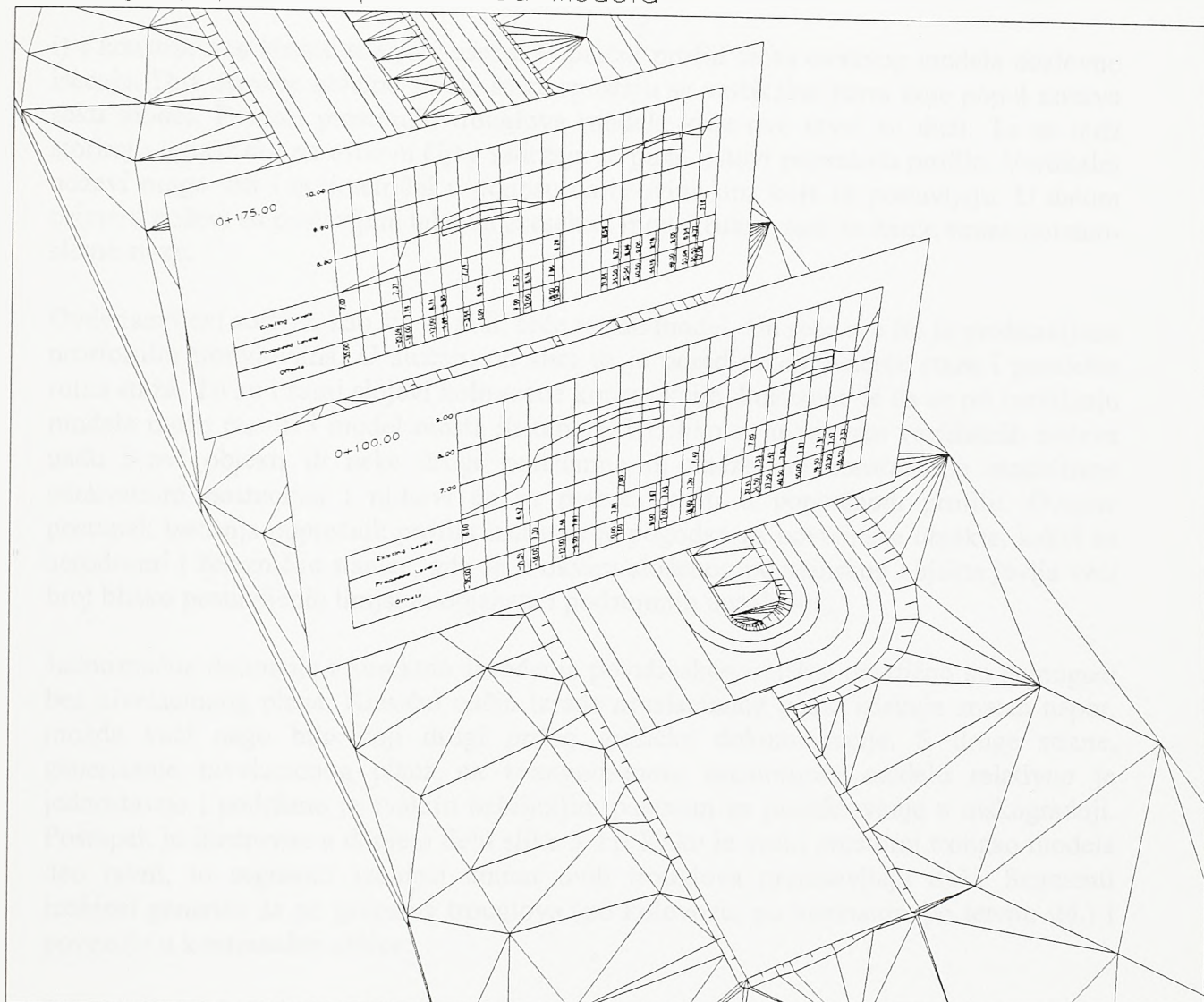
I podužni profili osovina, a po potrebi i ivičnih linija, definišu se tokom rada na modelu. Nivelete se projektuju na radnim podužnim profilima u punoj dužini. Ovi se profili najčešće ne mogu uklopiti u standardne formate crteža. Podaci o projektovanim podužnim profilima i profilima terena ili postojećeg stanja objekta, isečenim po osovini ili paralelno njoj, čuvaju se u posebnim datotekama. Na kraju se, pozivom ovih datoteka, finalni podužni profil generiše deo po deo prema standardnim formatima crteža.

U prethodnom poglavlju pokazani su principi razvijanja prostornog modela linijskog objekta. Prostorni model razvija se duž osovine zadate u planu i podužnom profilu i na osnovu zadatog oblika i promene poprečnog profila. Kod poletno-sletne staze ovaj poprečni profil obuhvata kolovoz, bankine (shoulder-i) i isplanirani deo osnovne staze, a kod puta kolovoz i bankine. U žargonu se taj deo poprečnog profila naziva template. Nakon što se duž oboda objekta konstruišu kosine i izvede finalna triangulacija terena (triangulacija koja obuhvata i tačke u prodoru kosina i terena) sa modela se isecaju stvarni, karakteristični, poprečni profili. Ovi profili moraju obuhvatiti kosine, teren ali i objekte koji se nalaze pored, iznad ili ispod projektovanog linijskog objekta.

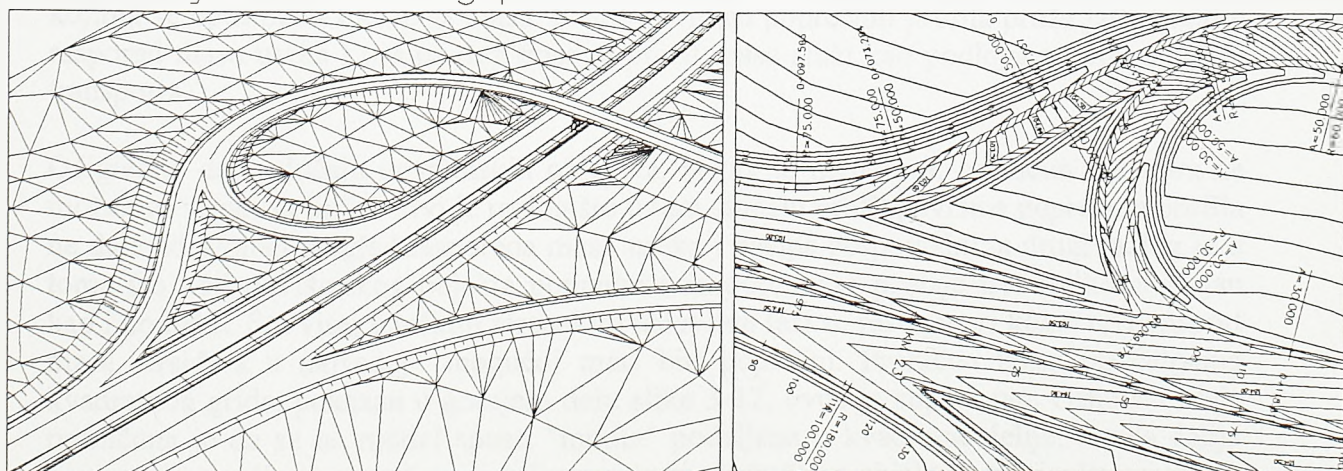
Koncepcijska rešenja postojećih softvera u ovoj oblasti bazirana su na proračunu, a ne na isecanju karakterističnih poprečnih profila. Ovi programi, idući duž osovine, na osnovu podataka o planu, podužnom profilu, poprečnom profilu i terenu, računaju vitoperenja i prodore kosina, i na osnovu toga iscertavaju poprečne profile na konkretnim stacionažama. Pri tom se, recimo, proračunom prodora kosina, kao površ mogućeg prodora tretira samo teren, a ne i kosina susednog objekta. Ukratko, za ove softvere postoji samo TIN model terena i trenutno razmatrani linijski objekat. Svakako da je i površinu susednog objekta moguće ukomponovati u TIN model terena. Tada će se u profilu naći samo njegova površina ali ne i slojevi. Kako bi se uspešno rešilo dreniranje dva blisko postavljena linijska objekta moraju, međutim, u profilu biti dati njihovi tamponski slojevi i elementi odvodnjavanja. Podzemne građevine zatvorenog profila i nadvožnjaci iznad puta koji se ne mogu predstaviti TIN modelom ne mogu se ni pojaviti u ovakvim profilima.

Gornjim delom slike 3-11 ilustrovan je ovde predloženi postupak generisanja poprečnih profila. Slikom je pokazan model poletno-sletne i paralelne rulne staze. Prethodno pomenutim postupcima modelirani su slojevi kolovozne konstrukcije i bankine (shoulder-

Isecanje poprečnih profila sa modela



Generisanje nivelacionog plana na modelu



Sl.3-11.

Numerička obrada prostornog modela – prvi deo

i) i konstruisane kosine nasipa i useka. Poprečni profili se sa ovakvog modela doslovno isecaju. Duž osovine poletno-sletne staze spuštaju se vertikalne ravni koje poput noževa seku model. Prodori prostornih trouglova modela kroz ove ravni su duži. Te se duži storiraju u datoteke na osnovu čijeg sadržaja se pune listovi poprečnih profila. Vertikalni noževi mogu biti i nesimetrični u odnosu na osovinu duž koje se postavljaju. U datom primeru noževi su postavljeni tako da preseku i model rulne staze sa desne strane poletno-sletne staze.

Ovde razvijeni softver, kao što se vidi, seče realan model. On seče sve što je predstavljeno prostornim trouglovima. U slučaju na slici to je pored poletno-sletne staze i paralelna rulna staza. To su i sami slojevi kolovozne konstrukcije. Pokazano je da se pri razvijanju modela može razviti i model mosta ili tunela. Ukoliko se u zahvatu vertikalnih noževa nađu i ovi objekti ili neke druge podzemne ili nadzemne konstrukcije modelirane adekvatnim postupcima i njihovi će se preseki javiti u poprečnom profilu. Ovakav postupak isecanja poprečnih profila izuzetno je pogodan za površinske objekte, kakvi su aerodromi i železničke stanice, gde se u okviru složenog površinskog objekta javlja veći broj blisko postavljenih linijskih objekata i podzemnih instalacija.

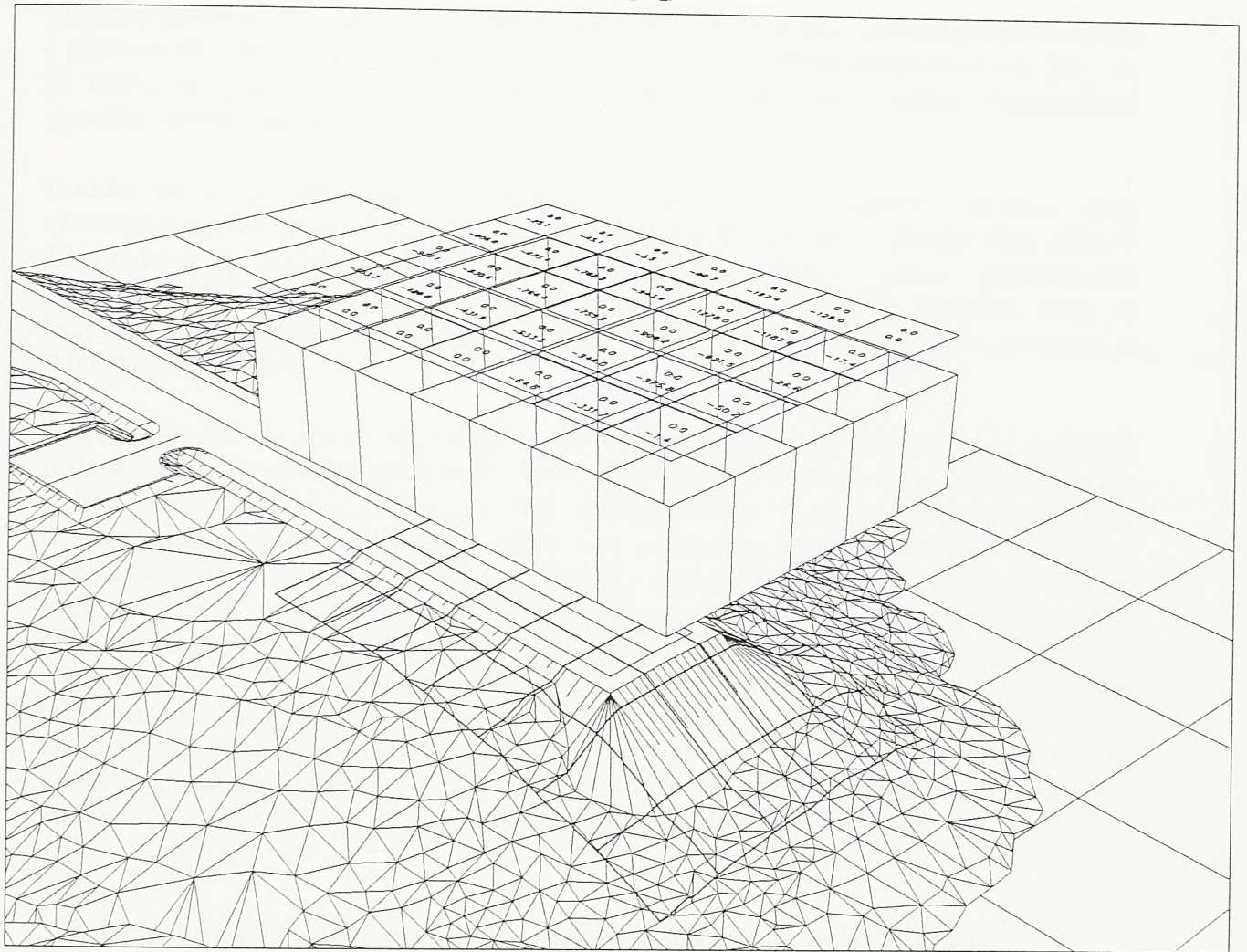
Jednoznačna definicija i korektno izvođenje površinskog objekta praktično su nemogući bez nivelacionog plana. Klasični način izrade nivelacionog plana iziskuje znatan napor, možda veći nego bilo koji drugi prilog grafičke dokumentacije. S druge strane, generisanje nivelacionog plana na triangulisanom prostornom modelu relativno je jednostavno i podržano je svakim ozbiljnijim paketom za projektovanje u niskogradnji. Postupak je ilustrovan u donjem delu slike 3-11. Kako je svaki prostorni trougao modela deo ravni, to segmenti izohipsi unutar ovih trouglova predstavljaju duži. Segmenti izohipsi generišu se po grupama trouglova (po kolovozu, po kosinama, po terenu itd.) i povezuju u kontinualne oblike.

Pri proračunu količina zemljanih radova duž trasa puteva i železničkih pruga koriste se postupci primereni linijskim objektima. Prvo se konstruiše profil površina poprečnih profila duž trase, a na osnovu njega profil masa. Na profilu masa konstruišu se uravnice kojima se optimizira transport masa. Profil površina poprečnih profila pruža jasan uvid u raspored masa useka i nasipa duž trase, a profil masa služi kao podloga za optimizaciju transporta.

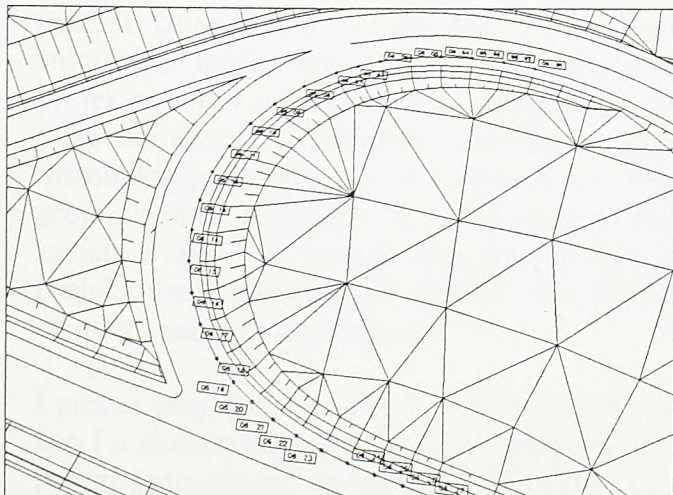
Očigledno da u slučaju površinskih objekata, kakav je aerodrom, proračun kubatura ne može biti vezan za liniju. Prvi je razlog što u tom slučaju profil površina poprečnih profila ne daje adekvatan pregled rasporeda masa useka i nasipa po površini, a drugi razlog je u tome što kod površinskog objekta poprečni transport masa postaje isto toliko značajan kao i podužni. Šta više, u teškim terenskim uslovima teži se rešenju pri kome će transport masa airside-a u najvećoj mogućoj meri biti poprečni. Proračun masa po ćelijama kvadratnog grida, pokazan u gornjem delu slike 3-12, ovde je superioran. Osnovna ideja proračuna je da se na model spusti "modla" podeljena u kvadratne ćelije. Svaka ćelija preseca triangulisanu površ po zemljanom trupu veštačkog objekta i triangulisanu površ terena, a zahvaćene mase pretvaraju se u elementarne prizmi. Na osnovu kubatura tih prizmi računaju se sumarne kubature useka i nasipa za svaku ćeliju.

Ćelijski proračun kubatura može se sprovesti između bilo koje dve površi. Na modelu sagrađenom prema prethodno pokazanim principima, kubature se mogu sračunati

Čelijski proračun kubatura na modelu



Ekstrakcija koordinata sa modela



Centerline 06			
Point No	Easting	Northing	Elevation
01	400293.617	900359.441	106.982
02	400289.000	900360.245	106.732
03	400284.362	900360.631	106.482
04	400279.742	900360.566	106.232
05	400275.186	900360.021	105.982
06	400270.753	900358.972	105.722
07	400264.477	900356.443	105.309
08	400260.063	900353.690	104.981
09	400256.145	900350.268	104.653
10	400253.123	900346.582	104.362
11	400250.724	900342.464	104.086
12	400249.007	900338.018	103.832
13	400248.015	900333.356	103.608
14	400247.775	900328.596	103.421
15	400248.291	900323.858	103.277

Sl.3-12.

Numerička obrada prostornog modela – drugi deo

posebno između površi koju čine planum i kosine i površi terena, između površi tampona i planuma itd. Postupak se može primeniti i u drugim oblastima građevinarstva. Na ovaj je način, na primer, moguće sračunati i kubature akumulacije između triangulisane površine jezera i digitalnog modela dna.

Budući da je prostorni model definisan u realnom koordinatnom sistemu, sama ekstrakcija koordinata i kota za izvođenje veoma je jednostavna. U donjem delu slike 3-12 pokazan je postupak prema kome se tačke na modelu kodiraju atributiranim simbolima. Atributi nose broj osovine i redni broj tačke po osovini. Kodirane tačke na kraju se sortiraju prema pripadnosti osovini i rednom broju, a njihove koordinate slažu se u odgovarajuće tabele.

Odavde se vidi da prostorni model predstavlja izvorište svih numeričkih i grafičkih priloga potrebnih za tehničko dokumentovanje projekta i izvođenje. Pomenut je i koncept (CIC) prema kome se u nekim oblastima građevinarstva izvođaču isporučuje prostorni model i odgovarajući softverski alati za njegovu numeričku i grafičku obradu. I na osnovu ovde izloženih postupaka razvijeni su softverski alati kojima se model obrađuje i na taj način proizvodi projektna dokumentacija. Sada izvođač na osnovu modela generiše dokumentaciju koja je i suštinski i formalno potpuno primerena realnoj situaciji na terenu i specifičnim uslovima izvođenja. Moguće je, na primer, kodirati i ekstrahovati dodatne tačke za izvođenje, generisati i detaljno kotirati poprečne profile po slojevima ili po fazama gradnje itd. Iako se postupci numeričke obrade modela primenjuju i u toku samog formiranja modela, u cilju kontrole primenjenih rešenja, očigledno je da oni čine zasebnu metodološku celinu. Stoga su ovi postupci i izdvojeni u zasebno poglavlje.

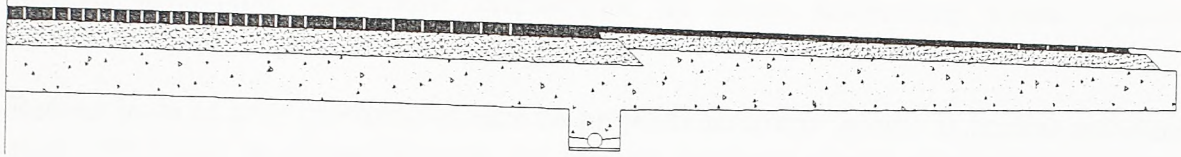
3.6. Primena metoda prostornog projektovanja aerodroma po pojedinim koracima procesa projektovanja

Činjenica da se svaka pozicija modela definiše sa tačnošću koja daleko prevazilazi zahteve izvođenja, u situaciji kada su na raspolaganju odgovarajuće podloge i terenska snimanja, može isprovocirati projektanta da preskoči neke od koraka procesa projektovanja i odmah pristupi, recimo, glavnom (izvođačkom) projektu. Raspolaganje odgovarajućom softverskom podrškom projektanta koji nije dovoljno upućen u metodologiju procesa projektovanja može dodatno ohrabriti u tim namerama. Od takvog projektovanja, pa samim tim i od takve primene softvera, najčešće ima više štete nego koristi. Svakako da postoje situacije u kojima je izostavljanje pojedinih koraka u procesu projektovanja opravdano. Takve su situacije vezane za rat i prirodne katastrofe i stoga se ne mogu smatrati uobičajenim.

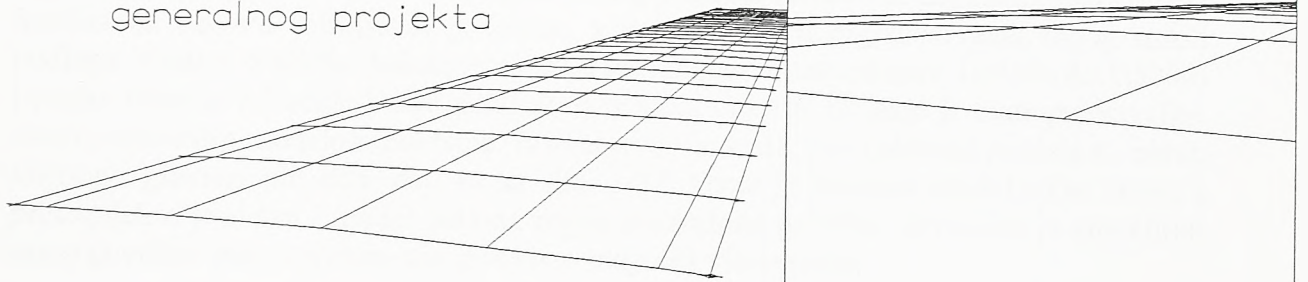
I proces projektovanja aerodroma primenom CAD tehnologije treba proći kroz iste faze kao i u slučaju primene klasičnih postupaka. Takvim se pristupom postepeno ali sigurno prilazi optimalnom rešenju objekta na sve višem i višem nivou detaljnosti. Na svakom nivou procesa projektovanja formira se i na adekvatan način numerički obrađuje prostorni model objekta. I sam model, idući ka glavnom projektu, postaje sve detaljniji. U početnim fazama donose se najvažnije odluke na nivou aerodroma kao celine i ovde model mora biti lišen suvišnih detalja. Model se na svim nivoima gradi u razmeri 1:1 (jedna jedinica u grafičkom editoru jednaka je jednom metru), a projektna dokumentacija formira se u



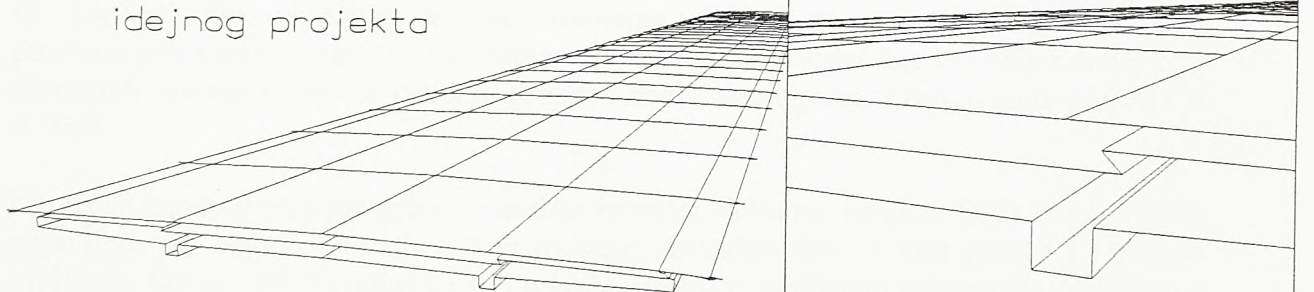
Poprečni profil rulne staze



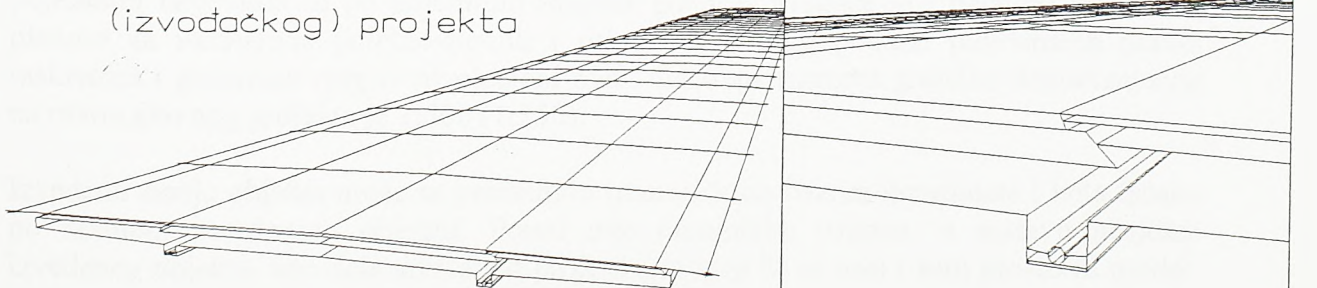
Model na nivou
generalnog projekta



Model na nivou
idejnog projekta



Model na nivou glavnog
(izvođačkog) projekta



Sl.3-13.

Sadržaj prostornog modela po pojedinim koracima projektovanja

razmeri primerenoj detaljnosti razmatranja na nivou konkretnog koraka procesa projektovanja.

Rečeno je da su prve prostorne analize na projektu aerodroma vezane za analize zaštićenih zona. Na ovom se nivou još uvek ne formira prostorni model aerodroma, već samo digitalni model terena šireg područja i model zaštićenih zona. Na osnovu topografskih podloga čija je razmera obično 1:25000 do 1:50000 (preporučeno 1:10000 do 1:20000) formira se TIN ili grid model terena i prema njemu postavlja figura zaštićenih zona.

Nije redak slučaj da se već na nivou generalnog projekta aerodroma digitalni model terena formira na osnovu snimljenih podataka, a ne na osnovu digitalizovanih topografskih podloga. Finalna grafička dokumentacija izrađuje se na nivou razmere 1:2500 (do 1:5000) i prema tome se određuje i nivo detaljnosti modela objekta. Objekat je ovde predstavljen samo prostornim modelom površina. Primer ovog modela, kao i primeri modela na nivou idejnog i glavnog projekta, dati su na slici 3-13. Ovde je pokazan model rulne staze, a principijelno je sličan i model puta na nivou generalnog projekta. Dovoljno je modelirati samo površinu puta i pri tom nije potrebno uključiti vitoperenje.

Na nivou idejnog projekta prostorni model objekta je detaljniji. Sada su na prostornom modelu rulne staze posebno izdvojeni tamponski sloj i drenaža. Ovu dodatnu diskretizaciju iziskuje rešavanje koncepta odvodnjavanja. Na isti se način modeliraju i objekti landside-a, pristupne saobraćajnice i parkizi. Ovi su objekti blisko postavljeni te se stoga, u cilju uspešnog rešenja odvodnjavanja, prostorno koordiniraju ne samo površine pomenutih objekata, već i tamponski slojevi kolovozne konstrukcije i donje kote drenažnih rovova. Osnovna razmera grafičke dokumentacije na nivou idejnog projekta je 1:1000.

Na nivou glavnog projekta pristupa se detaljnom modeliranju objekta. Sada se na modelu pojavljuju svi slojevi kolovozne konstrukcije, drenažne cevi, a kod puteva i elementi oivičenja. Svi ovi detalji pojaviće se i u isečenim karakterističnim poprečnim profilima, a izvođenje je moguće podržati i koordinatama bilo koje tačke modela. Primena savremene CAD tehnologije čini racionalnom i izradu grafičke dokumentacije koja do sada nije bila uobičajena, a koja bi svakako pomogla efikasnijem izvođenju objekta. Tipičan primer ovakve dokumentacije bili bi detaljno kotirani karakteristični poprečni profili po pojedinim slojevima ili po pojedinim fazama gradnje. Moguće je i detaljno modelirati planum na ukrštajima poletno-sletnih i rulnih staza ili u podlozi površinskih putnih raskrsnica i generisati njegov nivelacioni plan. Osnovna razmera grafičke dokumentacije na nivou glavnog projekta je 1:500 (1:250).

Izvedeno stanje objekta može se predstaviti numeričkom bazom koordinata i kota tačaka po realnom izvedenom objektu. Pored ove numeričke osnove, u sastavu projekta izvedenog objekta, kao dela arhivskog projekta, mogao bi se naći i sam prostorni model. Tokom procesa modeliranja na nivou glavnog projekta kao čvorne tačke triangulisanih površi pojavljuju se sve tačke neophodne za izvođenje i korektnu definiciju objekta u prostoru. Tehnikama editovanja pozicije ovih tačaka mogu se dovesti do realno izvedenih prostornih koordinata. Takav bi model verno, na racionalan način i veoma plastično predstavljao izvedeno stanje.

4.0. RAZVOJ TEHNOLOGIJE PROSTORNOG PROJEKTOVANJA AERODROMA

Prethodnim poglavljem postavljena je metodologija prostornog projektovanja aerodroma. Metodologija je razvijena na osnovu analize procesa projektovanja aerodroma i usklađena je sa mogućnostima savremene CAD tehnologije.

Na metodološkim osnovama zadatim prethodnim poglavljem razvijena je i odgovarajuća tehnologija prostornog projektovanja aerodroma. Kao tehnološki odgovor na postavljene metodološke zahteve razvijen je konkretan softverski paket nazvan AeroCAD 3D. Metodološka osnova i generalni koncept čine ovaj programski paket različitim od ostalih srodnih paketa. Težište aktivnosti ovde se prenosi na prostorni model objekta. Razvijeni tehnološki postupci prostornog projektovanja aerodroma podržavaju dve grupe aktivnosti: grupu namenjenu modeliranju objekta i grupu namenjenu numeričkoj obradi modela.

Ovde je prvo opisano okruženje u kome je programski paket razvijen, a potom je ukratko predstavljen AeroCAD, programski paket za projektovanje aerodroma u planu koji je autor razvio tokom rada na magistarskoj tezi. Ovaj je softver u potpunoj metodološkoj i tehnološkoj kompatibilnosti sa novim programskim paketom AeroCAD 3D za prostorno projektovanje aerodroma.

Najveći deo ovog poglavlja posvećen je razvoju programskog paketa za prostorno projektovanje aerodroma AeroCAD 3D. Paket se sastoji od većeg broja računarskih programa koji se pokreću pozivima odgovarajućih komandi. Programi uzimaju ulaz iz interaktivnog grafičkog editora i u istom editoru generišu izlaz. Srodne komande i programi grupisani su u module. I sam razvoj programskog paketa AeroCAD 3D izložen je po pojedinim modulima. Date su funkcionalne karakteristike pojedinih komandi, precizirana su mesta njihove primene u procesu prostornog projektovanja aerodroma i priložena su odgovarajuća algoritamska rešenja.

4.1. Osnove razvoja tehnologije projektovanja aerodroma

Metodološka osnova razvoja programskog paketa AeroCAD 3D postavljena je poglavljem 3. Preostalo je da se kaže nešto više o tehnološkoj osnovi razvoja softvera. Ovde se pod tim podrazumeva hardversko i softversko okruženje i primenjeni programski jezici.

Poglavljem 3.1. pokazan je kratak istorijat razvoja CAD tehnologije. Današnja situacija je takva da AutoCAD na platformi PC-a predstavlja standardno okruženje u svetskim razmerama. Ono što je AutoCAD dovelo na tu poziciju jeste cena softvera, cena zahtevanog hardvera i otvorenost, odnosno programabilnost, sistema. Na delu tržišta AutoCAD-u konkuriše Microstation. I ovaj se paket odlikuje visokim kvalitetom, niskom cenom i programabilnošću.

Već je rečeno da se veliki broj proizvođača softvera, čak i onih najvećih, u razvoju softvera sve više vezuje za standardne CAD sisteme opšte namene, u prvom redu za AutoCAD.

Za manje programerske ekipe i pojedince prednosti ovakve razvojne politike bile su očigledne od samog početka. Najčešće je cilj pojedinca da razvije računarski program za rešavanje konkretnog inženjerskog problema ili ograničene grupe problema. Pri tom širina potencijalnog tržišta uglavnom ne opravdava ulaganje rada u razvoj interaktivnog grafičkog editora i pisanje većeg broja drajvera za grafičku karticu, digitajzer, ploter itd. Savremeni CAD sistemi opšte namene raspolažu i komfornim grafičkim editorom i pratećim paketom drajvera. Eventualna otvorenost za programerske intervencije prosto ih nameće kao okruženje za razvoj inženjerskih softvera. Opšti problemi već su rešeni u okviru CAD paketa opšte namene, a programerima ostaje da reše probleme u okviru svoje uže struke. Stoga je vezivanje za široko rasprostranjene CAD pakete opšte namene oduvek predstavljalo najracionalnije rešenje za pojedince i manje programerske grupe.

Svakako da je vezivanje za CAD pakete opšte namene u početku predstavljalo izvesno ograničenje. Potencijalni korisnik specifičnog inženjerskog softvera morao je posedovati i CAD paket opšte namene pod kojim taj softver radi. Vremenom je, u slučaju AutoCAD-a, došlo do, na prvi pogled, paradoksalne situacije. Ovaj je programski paket postao svetski standard, a broj softvera iz različitih inženjerskih struka koji rade pod njim toliko je porastao da je vezivanje novih softvera za AutoCAD postalo prednost. Na primer, geolozi, geodeti, građevinski inženjeri i arhitekta sada mogu, uz primenu softvera specifičnih za svoje struke, raditi u jedinstvenom okruženju AutoCAD-a i međusobno razmenjivati kompatibilnu elektronsku dokumentaciju. Bilo koje izdvajanje neke od struka zbog specifičnog nekompatibilnog softvera remeti tokove informacija i nije opravdano. Stoga su i neke najveće softverske kuće žrtvovala deo svoje tehnološke autonomije i razvoj novih verzija softvera vezale za AutoCAD.

Zbog napred navedenih razloga i razvoj paketa AeroCAD 3D vezan je za AutoCAD. Sasvim je opravdano posmatrati AutoCAD, ali i druge savremene CAD pakete opšte namene, kao baze podataka. Osnovni objekti baze su duži, kružnice, kružni lukovi, tačke ili kakvi drugi grafički entiteti. Svaki od entiteta poseduje geometrijska i negeometrijska svojstva. Geometrijska svojstva duži su koordinate početne i krajnje tačke, a geometrijska svojstva kružnice su koordinate centra i radijus. Negeometrijska svojstva entiteta bila bi boja i lejer. Bazi entiteta korisnik se uglavnom obraća kroz interaktivni grafički editor. Iscrtavanjem entiteta u trodimenzionalnom prostoru polje entiteta u bazi puni se geometrijskim i negeometrijskim podacima. Baza entiteta može se pregledati po projekcijama ili u trodimenzionalnom prostoru. Tako se savremeni CAD paketi opšte namene mogu smatrati bazama podataka opremljenim moćnim grafičkim interfejsom.

Krajnji produkt rada sa CAD programima su datoteke crteža. Isto kao što se projekat urađen primenom klasičnih postupaka grafičke i numeričke obrade sastoji od određenog broja crteža, tako se i projekat urađen primenom CAD tehnologije sastoji od određenog broja datoteka crteža. Datoteku crteža čini baza grafičkih entiteta. Ako je cilj da se predstavi neka od projekcija objekta, na primer situacioni plan aerodroma, tada se u bazi crteža mogu naći duži, kružni lukovi i ostali entiteti dovoljni za vektorski opis objekta u ravni. Ako je datotekom crteža definisan prostorni model, predložen poglavljem 3., tada

se moraju primeniti i specijalni grafički entiteti namenjeni modeliranju objekata u prostoru kao što je, na primer, elementarna pravoizvodna površ.

Imena osnovnih entiteta AutoCAD-a su POINT (tačka u prostoru), LINE (duž), ARC (kružni luk), CIRCLE (krug), POLYLINE (složena linija sastavljena od nanizanih segmenata duži i kružnih lukova), 3DFACE (elementarna pravoizvodna površ), TEXT (tekstualni ispis), INSERT (složeni entitet sastavljen od proizvoljnog broja napred pobrojanih entiteta) itd. Za opis situacionog plana, podužnih i poprečnih profila, odnosno za opis pojedinih ravnih projekcija objekata niskogradnje aerodromskog kompleksa, dovoljno je primeniti LINE, ARC i POLYLINE entitete. LINE i ARC entitetima vektorski se definišu pravci i kružni lukovi osovina i građevinskih linija, a složenom POLYLINE linijom sastavljenom od niza pravih segmenata vektorski se definišu prelazne krivine. Poglavljem 3. predloženo je formiranje prostornog modela objekta sa prostornim trouglom kao osnovnim elementom diskretizacije. Ovde se kao prostorni trougao koristi degenerisani 3DFACE entitet. 3DFACE entitet predstavlja elementarnu pravoizvodnu površ definisanu u četiri obodne tačke. Kada se 3DFACE entitetom predstavlja prostorni trougao tada se taj entitet degeneriše tako što se preklape treća i četvrta tačka.

Rečeno je da su tipična negeometrijska svojstva entiteta boja i lejer. Lejer (layer) ili nivo okuplja funkcionalno srodne entitete. Na primer, svi prostorni trouglovi površine kolovoza morali bi se naći u jednom lejeru, kao što bi se i sve duži koje predstavljaju vodovodne instalacije zgrade takođe morale naći u jednom lejeru. Iako sam pojam lejer (nivo ili sloj) asocira na ravan očigledno je da sadržaj jednog lejera može biti raspoređen u trodimenzionalnom prostoru. Svim grafičkom entitetima crteža mogu se dodeliti i jedinstveni identifikatori, handles. Pored ovog negeometrijskog svojstva svaki entitet ima i svoje ime u heksadecimalnom kodu. Ovo je ime varijabilno i pri svakom narednom otvaranju crteža entitet dobija različita imena. Za razliku od ovog imena, koje očigledno predstavlja memorijsku adresu i na osnovu koga se može brzo pristupiti podacima o entitetu, jedinstveni identifikator (handle) svakog entiteta ostaje konstantan kroz različite crtačke sesije. Stoga će, ako je potrebno sačuvati podatke o grupi entiteta na kojoj će se u nekoj od narednih crtačkih sesija izvoditi određena operacija, u eksternoj datoteci biti sačuvani jedinstveni identifikatori, a ne imena entiteta.

Definicija grafičkih entiteta u delu koji se odnosi na negeometrijske odlike, kao što su boja i lejer, gotovo je ista. Međutim, geometrijska definicija entiteta po formatu veoma je različita. Duž je definisana sa dve tačke, kružnica centrom i radijusom, kružni luk centrom, radijusom i direkcionim uglovima početka i kraja luka itd. Krajnje bi neracionalno bilo ovakve raznorodne podatke staviti u matrice. Njihov prirodan format je lista, odnosno lista entiteta, čiji su članovi podliste sa geometrijskim i negeometrijskim podacima o entitetu.

Još pedesetih godina razvijen je jezik LISP namenjen obradi lista. I samo ime LISP proisteklo je iz izraza LIST Processing. Osnovni elementi programa, osnovne programske celine, čitavi programi, ali i objekti obrade ovde su liste. Stoga je AutoDESK razvio programski jezik AutoLISP, kao dijalekt programskog jezika LISP, i namenio mu ulogu built in (ugrađenog) programskog jezika AutoCAD-a. Pozivom određenih funkcija korisnički AutoLISP programi omogućavaju interaktivni pristup numeričkoj bazi crteža. U konkretnom slučaju, po pozivu AutoLISP programa, korisnik pokazuje dva presečna

LINE entiteta u planu, program potom iz baze uzima njihove geometrijske podatke (koordinate početnih i krajnjih tačaka), izvodi potrebne proračune i između LINE entiteta kao tangenti iscrtava prostu putnu krivinu sa zadatim radijusom i parametrima prelaznih krivina. Programima pisanim u AutoLISP-u i, kako će se kasnije videti, u C-u prema ADS konceptu mogu se automatizovati i najsloženiji proračuni vezani za konkretnu inženjersku struku. Pri tom opšti vidovi manipulacije entitetima, kao što su pojedinačna brisanja entiteta, iscrtavanje na ploteru, postavljanje pogleda itd., u nadležnosti su standardnih opcija AutoCAD-a kao CAD paketa opšte namene.

LISP nije ni interpreter, ni kompajler, već evaluator. LISP nije interpreter kao BASIC koji pri svakom nailasku na neku programsku liniju prevodi u memoriji njen sadržaj u mašinski kod. LISP takođe nije ni kompajler koji čitav izvorni kod programa prevodi u mašinski kod. Jezik evaluator je između interpretera i kompajlera. Kada tokom izvršenja programa evaluator prvi put naiđe na funkciju, kao osnovnu celinu LISP koda, on je evaluira, prevodi njen sadržaj u takozvani kompaktan kod i izvršava je. Pri sledećem nailasku na tu funkciju ovaj se proces ne ponavlja već se funkcija odmah izvršava.

Na žalost, na ozbiljnijim proračunskim problemima snaga AutoLISP-a vrlo se brzo iscrpljuje. LISP je brz i spretan sa listama, ali se pokazuje sporim i trapavim i pri običnim trigonometrijskim proračunima, neizbežnim pri rešavanju geometrijskih problema u prostoru. Stoga je još krajem 1990. godine AutoDESK razvio ADS koncept. ADS, ili AutoCAD Development System, otvara AutoCAD prema programima pisanim u C jeziku. Ovi programi pozivaju se iz beskonačne petlje koja pomoću takozvanih prekidača, ustupa kontrolu čas AutoCAD-u, čas nekoj od ADS aplikacija, već prema potrebi korisnika. ADS paket sadrži i bogatu biblioteku C funkcija namenjenih manipulaciji grafičkim entitetima.

I prema ADS konceptu zadržava se osnovni vid storiranja podataka o entitetima u liste. Već je pokazano da podliste ovakvih lista, kada su geometrijski podaci u pitanju, nisu iste. Stoga, precizno rečeno, ADS programi storiraju podatke o entitetima u dinamički alocirane vezane liste, sastavljene od struktura koje adresnim pokazivačima pokazuju jedna na drugu, a čiji su osnovni nosioci informacija unije varijabilnog sadržaja. Pri tom poseban element strukture pokazuje da li unija treba da sadrži tačku, dužinu, string itd. Liste su dinamički alocirane i memorijske lokacije njima zauzete po upotrebi se oslobađaju.

Algoritmi dati u daljem toku rada formalno su primereni pisanju programskog koda namenjenog obradi lista i načinu razmišljanja na kojima ove procedure počivaju. Svakako da je lakše algoritamski pokazati krute forme tokova misli na kojima počivaju fortranski programi namenjeni obradi matrica. Stoga su ovde, u cilju postizanja vizuelne dinamike toka programa, primenjene posebne tehnike grafičke obrade algoritama. Cilj je bio i da se plastično prikažu operacije na članovima lista (prostornim trouglovima, tačkama u prostoru itd.).

Programski paket za prostorno projektovanje aerodroma razvijen je delom u AutoLISP-u, a delom u C-u, prema ADS konceptu. U C-u su napisane proračunski i vremenski najzahtevnije aplikacije. To su aplikacije za proračun digitalnog modela terena, generisanje izohipsi, modeliranje kosina useka i nasipa, isecanje podužnih i poprečnih

profila, proračun kubatura itd. Sve ukupno to je oko 700 kilobajta softvera u izvornom kodu, što u LISP-u, što u C-u.

Programi napisani u C-u sve podatke koje obrađuju vezuju u dinamički alocirane liste i pri kompajliranju nema nikakvog rezervisanja memorije unapred. Kompajlirani i linkovani programi stoga su izuzetno kompaktni i svi oni, zajedno sa LISP rutinama, standardnim blokovima i ostalim pratećim datotekama, staju na jednu disketu od 1.44Mb. Ograničenja u dužini lista praktično ne postoje. Ovi programi rade u protected modu i u stanju su da iskoriste svu raspoloživu memoriju.

Dvanestom verzijom AutoCAD-a programerima je pružena prilika da naredbama DCL (Dialog Control Language) jezika kreiraju i aranžiraju složene menije (dijaloge) sastavljene od standardnih elemenata (buttons, list boxes, popup lists, radio buttons etc.). Prema mišljenju mnogih programera DCL se ne bi mogao smatrati programskim jezikom. Kontrola dijaloga uspostavlja se ili kroz LISP ili kroz C, a DCL-om se praktično definiše samo izgled dijaloga. Kao što će kasnije biti pokazano, i najsloženiji inputi razvijenog programskog paketa primenom DCL-a organizovani su u vrlo pregledne i manipulativne dijaloge.

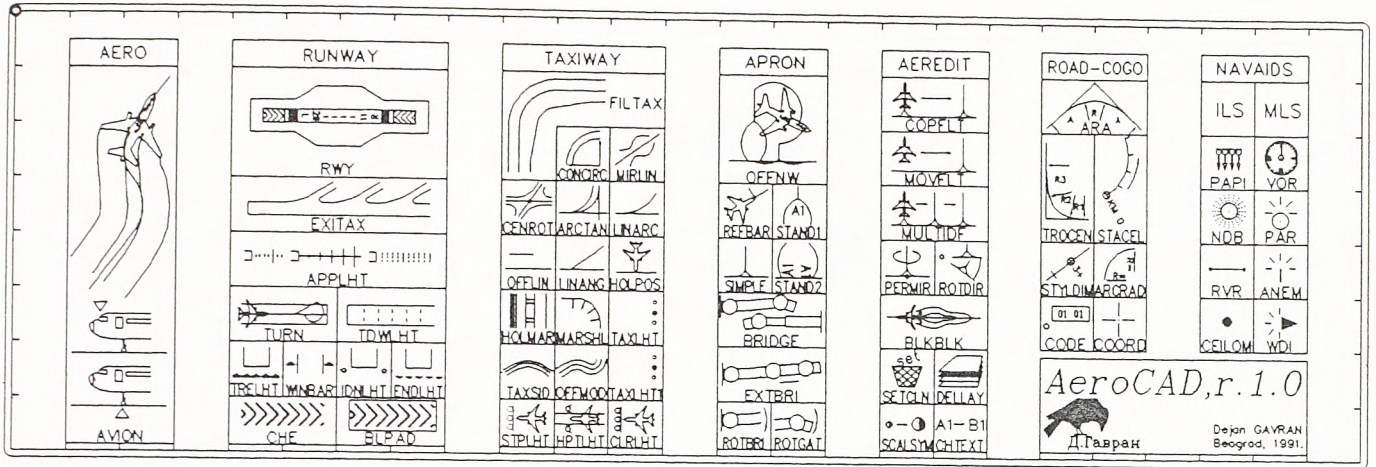
4.2. Razvoj tehnologije projektovanja aerodroma u planu

Razvoju programskog paketa za prostorno projektovanje aerodroma AeroCAD 3D prethodio je rad na programskom paketu AeroCAD za projektovanje manevarskih površina i platformi aerodroma u planu. Ovaj programski paket autor je razvio radeći na magistarskoj tezi [L.11], nakon sveobuhvatnog proučavanja udžbeničke i opšte stručne literature, kao i nacionalnih regulativa i međunarodnih propisa vezanih za ovu oblast. Razvoj paketa AeroCAD 3D neposredno se nadovezuje na AeroCAD i između ova dva programska paketa postoji potpuna metodološka i tehnološka kompatibilnost.

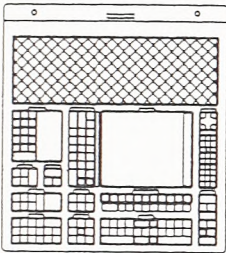
Paket AeroCAD namenjen je projektovanju manevarskih površina i platformi aerodroma u planu. Upravo se u domenu horizontalne geometrije i elemenata koji neposredno prate ovu projekciju (horizontalna markacija, svetlosna signalizacija itd.) nalazi najveći broj osobnosti koje aerodrome izdvajaju od ostalih transportnih sistema, pa i od sebi najsrodnijih objekata, puteva.

Sistem AeroCAD razvijen je kao biblioteka AutoLISP rutina u okruženju paketa AutoCAD. Ovim rutinama definisano je 66 novih komandi koje su svrstane u sedam grupa ili modula. Sistematizacija komandi jasno se vidi na slici 4-01 gde je pokazano modifikovano područje AutoCAD-ovog template-a, pomoću koga se ove komande pozivaju sa grafičke table.

Modul AERO sadrži samo jednu komandu, AVION, kojom se simulira kretanje vazduhoplova po interaktivno izabranim putanjama u airside-u. Njome je moguće simulirati kretanje aviona unapred ili unazad, uzimajući kabinu ili nosni točak kao datum point (tačku praćenja). Jedan od inputa je blok aviona sa osnovnim gabaritnim i kinematičkim atributima. Stoga je formirana grafičko-numerička biblioteka blokova vazduhoplova koja se koristi i u ostalim modulima (pri projektovanju okretnica, fillet-a, pri formiranju modula parkiranja itd.).

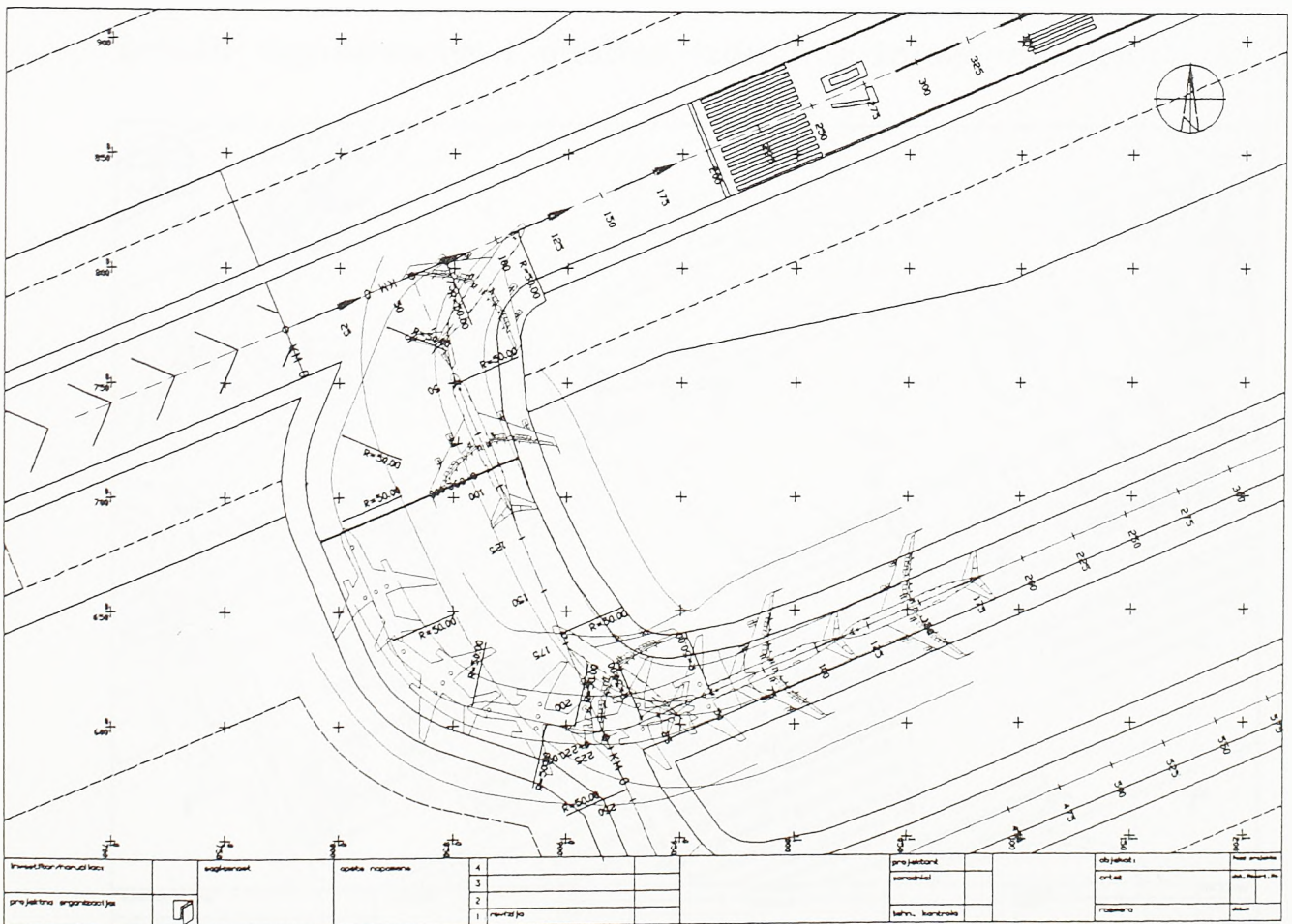


© AeroCAD, r. 1.0, Beograd, 1991.

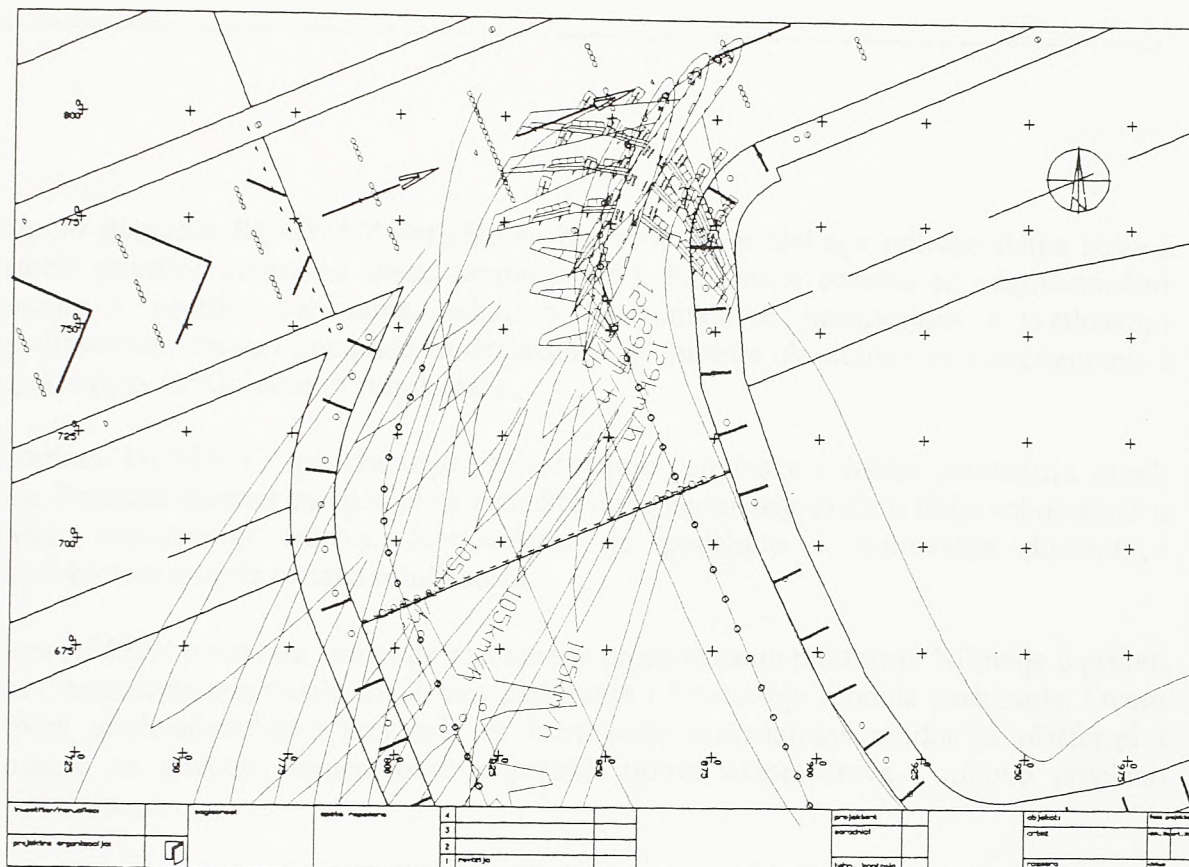


Chair for Roads and Airports
Faculty of Civil Engineering
University of Belgrade

Sl.4-01.
Template programskog paketa AeroCAD

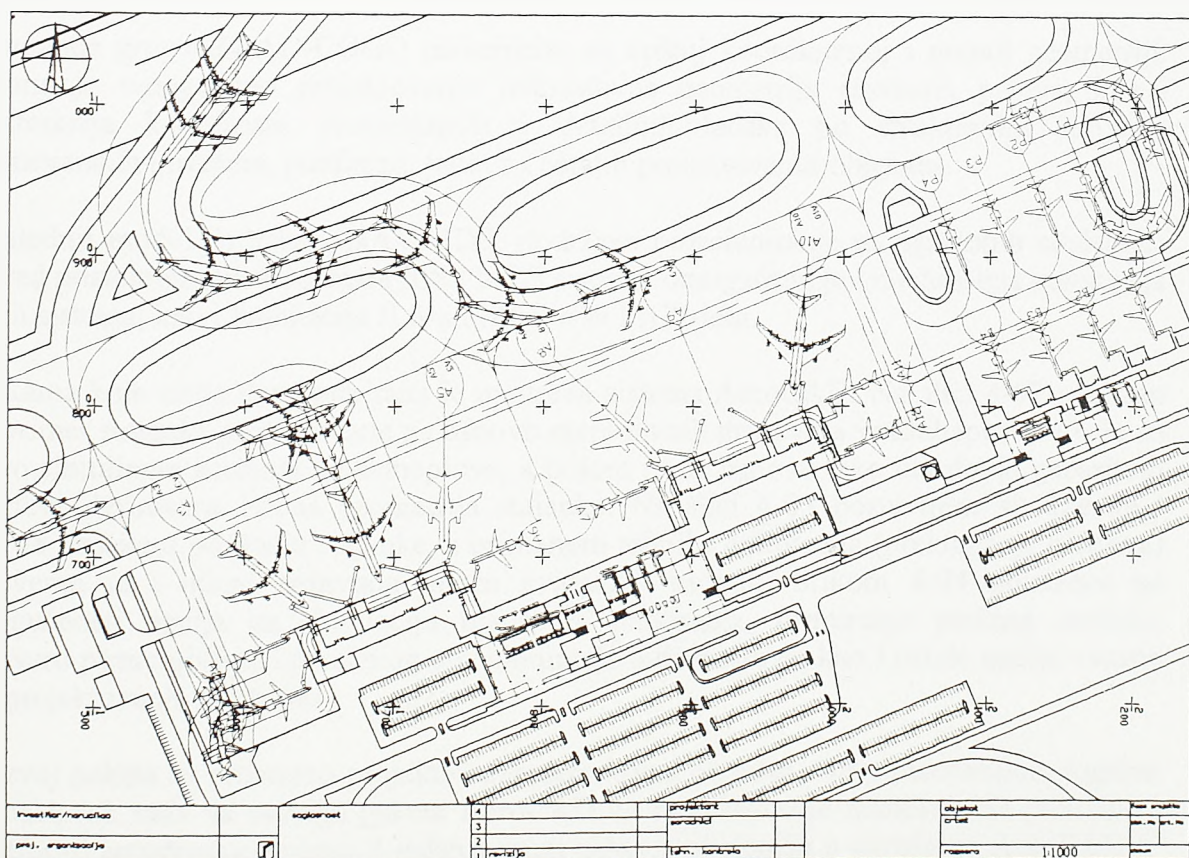


Sl.4-02.
Projektovanje stajanke na osnovu simulacije merodavnih manevara



Sl.4-03.

Detalji signalizacije i analiza izduvnog mlaza motora



Sl.4-04.

Upotreba opcija za projektovanje platformi

Grupom komandi RUNWAY definišu se horizontalne projekcije poletno-sletne staze i pratećih površina (osnovna staza, pretpolje itd.). Plan staze oprema se odgovarajućim dnevnim i noćnim oznakama, odnosno horizontalnom markacijom i svetlosnom signalizacijom. Tu su i komande za definisanje geometrije okretnica i za pozicioniranje i projektovanje brzih izlaznih rulnih staza.

Modulom TAXIWAY podržano je projektovanje osovinske i ivične geometrije rulnih staza. Poseban akcenat stavljen je na projektovanje geometrije ivičnih linija rulnih staza u krivini, takozvanog fillet-a. Komandama je podržano i iscrtavanje dnevnih i pozicioniranje noćnih oznaka rulnih staza.

Grupa APRON obuhvata komande namenjene projektovanju platformi. Njima je u prvom redu omogućena simulacija manevara parkiranja i formiranje modula parkiranja. Ovom grupom obuhvaćene su i komande za iscrtavanje horizontalne markacije platformi i komande za analizu primenljivosti pojedinih tipova aviomostova i njihovo precizno pozicioniranje.

Komandama grupe AEREDIT podržani su naročiti vidovi editovanja neophodni pri projektovanju aerodroma u dve dimenzije. Ovim je komandama podržano multipliciranje modula parkiranja, reskaliranje blokova po pojedinim lejerima, grupna manipulacija sadržajem pojedinih lejera itd.

Komande grupe ROAD-COGO namenjene su opštoj koordinatnoj i putnoj geometriji. Njima je omogućeno projektovanje jednostavne geometrije servisnih puteva, kao i ekstrakcija koordinata elementarnih i detaljnih tačaka po strukturnim linijama manevarskih površina, platformi, puteva i ostalih projektovanih objekata.

Poslednji modul ili grupa, NAVAIDS, podržava pozicioniranje navigacionih sredstava. Pored pozicioniranja elemenata ILS i MLS sistema omogućena je i međusobna kolokacija ovih sistema, kao i kolokacija ILS-a i MLS-a sa PAPI-jem.

Slikama koje slede demonstrirana je upotreba sistema AeroCAD. Na slici 4-02 pokazan je primer stajanke projektovane na osnovu merodavnih manevara vazduhoplova. Ovde su prvo simulirana kretanja vazduhoplova, a potom je na osnovu tako utvrđenih gabaritnih zahteva definisana ivična geometrija stajanke. Na slici 4-03 postavljene su dnevne i noćne oznake u području stajanke, a primenom tehnike editovanja (preklapanja blokova) proveren je i uticaj izduvnog mlaza avionskih motora. Slikom 4-04 pokazane su mogućnosti opcija za simulaciju manevara parkiranja, formiranje parking modula, proveru primenljivosti i preciznog pozicioniranje aviomostova, kao i ostale opcije vezane za projektovanje platformi.

Razvoj paketa za prostorno projektovanje aerodroma obrađen ovom disertacijom logičan je nastavak rada na razvoju paketa AeroCAD za projektovanje manevarskih površina i platformi aerodroma u planu. I jedan i drugi paket funkcionišu u okruženju AutoCAD-a, te pored jedinstvene metodološke niti koja ih spaja postoji i potpuna tehnološka kompatibilnost.

4.3. Razvoj programskog paketa AeroCAD 3D za prostorno projektovanje aerodroma

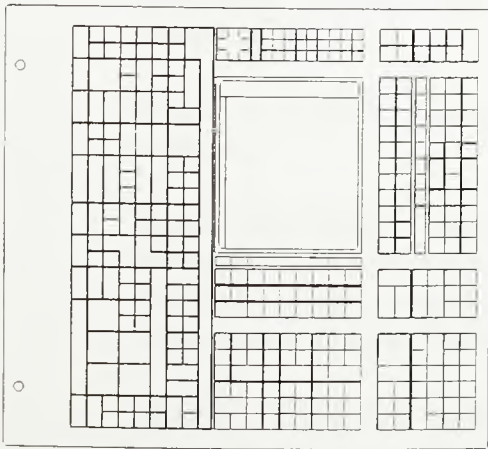
Programski paket AeroCAD 3D za prostorno projektovanje aerodroma razvijen je na metodološkim osnovama postavljenim u poglavlju 3. i na tehnološkim osnovama predstavljenim u poglavlju 4.1. Računarski programi ovog paketa podržavaju praktično sve aktivnosti projektovanja airside-a i landside-a u tri dimenzije. Pokriveno je digitalno modeliranje terena, prostorna analiza zaštićenih zona aerodroma, projektovanje linijskih i površinskih objekata, modeliranje zemljanih objekata, proračun kubatura itd. Ceo paket podeljen je na dvanaest modula, što se može videti na slici 4-05. Ovde je pokazan template AeroCAD-a 3D pomoću koga se njegove komande mogu pozivati sa grafičke table. Ovde su sve komande, kojih ukupno ima 110, predstavljene piktogramima. Piktogrami su, kao i komande, grupisani po modulima. Svaki piktogram zauzima jedno ili više elementarnih kvadratnih polja i pored samog imena komande uglavnom sadrži i grafički opis rada određene komande. Template se kao šablon polaže na predviđeno područje grafičke table. Tada se, uz elementarnu softversku podršku, izborom pojedinih piktograma sa grafičke table mogu pozivati komande paketa AeroCAD 3D.

Ovim će poglavljem ceo sistem biti predstavljen po modulima. Redosled predstavljanja modula trebao bi biti takav da prati redosled upotrebe modula kroz aktivnosti projektovanja. Nemoguće je, međutim, za neke od njih naći fiksno mesto u jednom takvom nizu. Na primer, modul SETPOINT namenjen je, između ostalog, unosu snimljenih terenskih podataka. Sa tog stanovišta, prvi bi on morao biti upotrebljen u procesu projektovanja, odnosno prvi predstavljen u ovom delu rada. Međutim, u ovom modulu su i komande za pozicioniranje tačaka u cilju finalnog oblikovanja površinskog objekta koje se koriste u završim stadijumima projektovanja. Isto tako se i modul CLRZONE, namenjen prostornoj analizi zaštićenih zona aerodroma gotovo po pravilu koristi odmah po digitalnom modeliranju terena. Međutim, da bi se primenjeni koncept analize jasnije sagledao, potrebno je da se prethodno predstave procedure vezane za manipulaciju osovina u planu. Naime, u složenim terenskim uslovima prilazna i odletna površ nisu postavljene duž pravih linija, već prate osovine geometrizirane u planu i profilu. Tako se moduli SETPOINT i CLRZONE, iako se u operativnoj upotrebi javljaju među prvima, ovim poglavljem predstavljaju među poslednjima.

U daljem toku rada moduli su postrojani tako da se što pre obuhvate procedure vezane za projektovanje u standardnim projekcijama (situacioni plan, podužni profil, poprečni profil) i u potpunosti sagleda metodologija i tehnologija građenja prostornih modela linijskih i površinskih objekata. Moduli koji se ne nalaze u samoj matici ovakvog toka predstavljeni su kasnije. U početku je akcenat stavljen na tehnike građenja prostornih modela objekata, a u završnom delu na tehnike numeričke obrade modela. Tako će redosled predstavljanja modula biti sledeći:

Modul DTM - namenjen je digitalnom modeliranju terena i postojećeg stanja linijskih i površinskih objekata. Predviđen je TIN i grid model terena. Komande za generisanje izohipsi koriste se i za izradu nivelacionih planova modela objekata.

Modul PLAN - namenjen je projektovanju u domenu situacionog plana. Specifični elementi horizontalne geometrije manevarskih površina i platformi aerodroma podržani



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
A	DTM																									
B	PTSTEN GEPTS	DEFORD																								
C	PTSTEN CALCOTEN	DEFORD CALCQRED																								
D	DRAWPTEN DRAWBODT	DRAWPTEN DRAWBODT																								
E																										
F																										
G																										
H																										
I																										

GAVRAN software for airport and road design

Д. Гавран

SL1.4-05.
AeroCAD 3D template sa komandama za prostorno projektovanje aerodroma i puteva

su paketom AeroCAD, a ovde su pojačane opcije namenjene složenim oblicima putne geometrije koji se po pravilu sreću u landside-u. Tu su i opcije za vezivanje grafičkih entiteta u osovine, kao i opcije za kotiranje elemenata horizontalne geometrije i stacioniranje.

Modul PROFILE - namenjen je projektovanju linijskih objekata u podužnom profilu. Komandama je podržano isecanje podužnog profila sa digitalnog modela terena ili digitalnog modela postojećeg stanja objekta i projektovanje linijskih objekata u podužnom profilu.

Modul CROSS SECTION / TEMPLATE - namenjen je razvijanju prostornog modela linijskog objekta duž prostorne krive linije osovine, prethodno definisane situacionim planom i podužnim profilom. Posmatrano u poprečnom profilu, razvijeni model obuhvata raspon između unutrašnjih ivica kosina. U praksi se za ovaj raspon koristi naziv template. Tu su i opcije za konstruisanje samog template-a, kao i editor za definisanje promena template-a duž trase.

Modul GRADING - namenjen je konstruisanju kosina duž ivica linijskog objekta (ivica razvijenog template-a) i po obodu površinskog objekta. Razvijen je i editor kosina, editor stringova (nizova tačaka iz kojih se kosina spušta ili podiže ka površi terena ili geološkog sloja) i editor površi. Komandama ovog modula duž ivica objekata mogu se postaviti ne samo modeli kosina, već i modeli oivičenja i modeli elemenata odvodnjavanja.

Modul SETPOINT - namenjen je unosu snimljenih terenskih podataka, relativnom pozicioniranju tačaka u odnosu na pojedine elemente prostornih modela i korigovanju položaja unetih tačaka.

Modul EDITRI - namenjen je editovanju triangulisanih površi. Akcentat je stavljen na postupke vezivanja triangulisanih mreža površinskih objekata za elemente ivične geometrije u planu.

Modul TRIUTILS - namenjen je konstrukciji specijalnih triangulisanih površi (npr. površine jezera).

Modul CROSS SECTION / SECTION - namenjen je isecanju poprečnih profila sa prostornog modela duž izabranih osovina i aranžiranju odgovarajuće grafičke dokumentacije.

Modul VOLUME - namenjen je proračunu kubatura linijskih i složenih površinskih objekata.

Modul CLRZONE - namenjen je prostoroj analizi zaštićenih zona aerodroma. Tu su komande za konstrukciju zaštićenih zona, kartiranje prepreka u planu i konstruisanje podužnih profila prepreka. Proračun prodora zaštićenih zona sa terenom podržan je komandama modula EDITRI.

Modul UTILITY - modul sa korisničkim funkcijama za podršku analize vetra, za sortiranje elementarnih tačaka po osovinama, sortiranje i tabelarni prikaz koordinata, za manipulacija lejerima itd.

4.3.1. Digitalno modeliranje terena i postojećeg stanja objekta - - modul DTM

Digitalno modeliranje terena predstavlja skup procedura namenjenih matematičkoj reprezentaciji površi, posebno primerenih specifičnim zahtevima reprezentacije terenskih oblika. I pored raznovrsnosti postupaka modeliranja terena, koja se ogleda i u raznovrsnosti raspoloživog softvera, svi se oni baziraju na jednoj od dve metode. Prema prvoj metodi teren se predstavlja grid modelom, a prema drugoj mrežom prostornih trouglova.

Grid model sastoji se od niza pravoizvodnih površi, najčešće kvadratne osnove, koje se dodiruju u čvornim tačkama grida. Osnove proračuna vezane su upravo za određivanje visinskih kota tih čvornih tačaka. Tri su metode proračuna visinskih kota čvornih tačaka grid modela [L.32].

Tačkastim metodama visine čvornih tačaka regularnog grida računaju se na osnovu slučajno rasutih snimljenih tačaka po terenu, nekom od metoda interpolacije. Svaka čvorna tačka računa se nezavisno jedna od druge. Kroz njih se nižu elementarne pravoizvodne površi, ćelije grida, i ne postoje problemi vezani za diskontinuitete i granične uslove.

Globalnim se metodama kroz niz rasutih snimljenih tačaka postavlja površ definisana polinomom višeg reda. Po tako definisanoj površi računaju se kote čvornih tačaka grida. Problem je u tome što primenom polinoma višeg reda površ prilazi bliže realnim pozicijama snimljenih tačaka ali u području između ovih tačaka uobičajena je pojava nepredvidljivih i neprirodnih oscilacija.

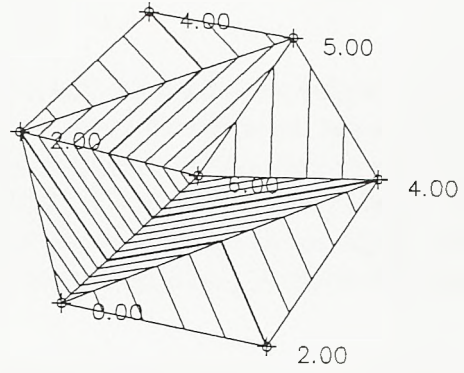
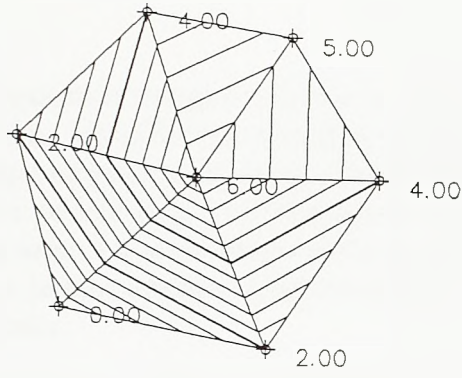
Prema trećem metodu zahvata se područje nekoliko susednih ćelija budućeg grid modela i u lokalnu se sprovodi proračun primenom polinoma nižeg reda na ograničenom skupu tačaka po terenu. Proračun se ponavlja po grupama ćelija budućeg grida, a posledica je problem zaobljavanja dodira lokalno definisanih površi.

Digitalno modeliranje terena nalazi primenu u oblastima geodezije, geologije, geofizike, rudarstva, građevinskog inženjerstva itd. U oblasti niskogradnje modeliranje terena primenom prostornih trouglova ima prednost nad grid modelom. Postupkom triangulacije snimljene tačke spajaju se prostornim, u osnovi nepreklapajućim, trouglovima kojima se zatvara površ modela. Sve snimljene tačke ovde se javljaju kao čvorne tačke modela.

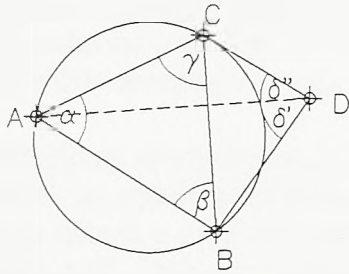
Računarski programi paketa AeroCAD 3D podržavaju i modeliranje terena primenom grid modela i modeliranje terena primenom TIN modela. Pri tome je predviđeno da se grid model koristi za generalno sagledavanje terena i analizu zaštićenih zona aerodroma, dok se TIN model pojavljuje kao osnova za projektovanje, počev od generalnog, preko idejnog, do glavnog (izvođačkog) projekta.

Slikom 4-06 ilustrovani su principi formiranja TIN modela terena na skupu rasutih tačaka. U poglavlju 3.2. rečeno je da se trougaona mreža formira tako da horizontalne

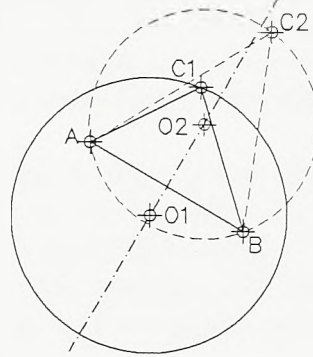
Primer ekviangularne i neekviangularne mreže



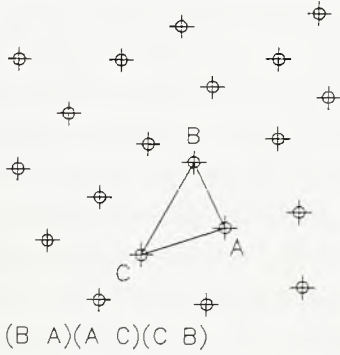
Geometrijski uslov lokalne ekviangularnosti



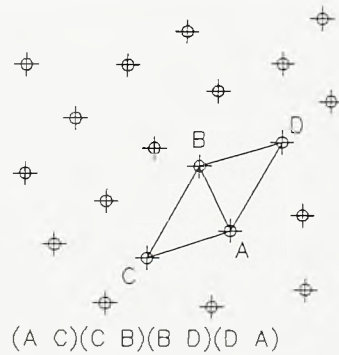
Izbor trećeg temena nad bazom trougla



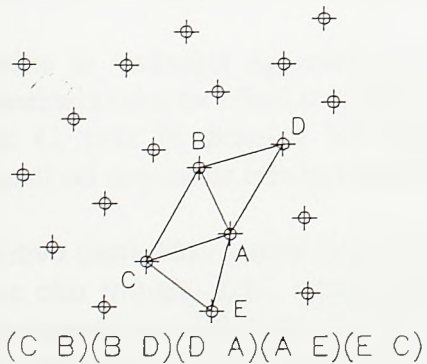
1. korak [(A B)(B A)]



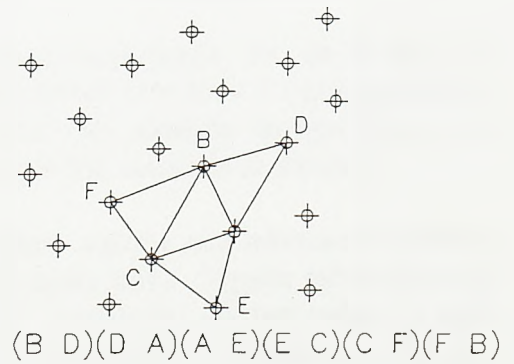
2. korak



3. korak



4. korak



projekcije prostornih trouglova TIN-a u najvećoj mogućoj meri teže jednakostraničnim, ekviangularnim, trouglovima. Gornjim delom slike 4-06 plastično je pokazana razlika između trougaone podele pri kojoj plan projekcije trouglova TIN-a teže ekviangularnim trouglovima i podele koja ovaj kriterijum ne poštuje. Trouglovima je modeliran lokalni vrh od koga teren na levu stranu pada nešto strmije, a na desnu stranu blaže. Izohipse generisane na jednoj i drugoj grupi trouglova pokazuju očigledne prednosti leve podele u odnosu na desnu.

Konkretan geometrijski kriterijum za generisanje trougaone mreže čiji će trouglovi u plan projekciji u najvećoj mogućoj meri težiti jednakostraničnim dao je Loson (Lawson) [L.33]. Ako dva trougla TIN modela imaju zajedničku stranicu tada oni čine četvorougao, kvadrilateral, sa zajedničkom stranicom kao dijagonalom. Ako je taj četvorougao konveksan, tada zamena postojeće dijagonale (zajedničke stranice) alternativnom ne sme povećati minimalni od šest uglova u trouglovima koji četvorougao čine. Ako je ovaj uslov ispunjen za sve četvorouglove triangulacije, tada se ona naziva lokalno ekviangularnom.

Prethodni kriterijum ekvivalentan je kriterijumu po kome u krug opisan oko bilo kog trougla u planu, ne upada projekcija ni jedne čvorne tačke mreže osim one tri koje ga grade i koje se nalaze u njegovim temenima. Dokaz je jednostavan i može se ilustrovati skicom na slici 4-06. Dva trougla lokalno ekviangularne triangulacije ABC i BCD grade četvorougao $ABDC$. Stranica BC je dijagonala četvorougla. Uglovi trougla ABC su α , β i γ , a ugao uz teme D je $\delta = \delta' + \delta''$. Oko trougla ABC opisan je krug.

Cilj je da se dokaže kako će lokalna ekviangularnost na četvorouglu biti postignuta samo ako je tačka D van kruga opisanog oko trougla ABC . I zaista, tada će promenom dijagonale kvadrilaterala sa BC na AD minimalni od šest uglova biti umanjjen. Dokaz je jednostavan. Ukoliko je ugao α u trougaonoj podeli ABC/BCD bio manji od uglova β i γ , tada će se samim njegovim rastavljanjem u novoj podeli ABD/ADC ovaj, već minimalni ugao, još više umanjiti. Ukoliko je jedan, ili oba, od uglova β i γ bio manji od α tada će se u novoj podeli minimalni ugao umanjiti stoga što će se javiti ugao δ' koji je manji od ugla γ i ugao δ'' koji je manji od ugla β . Ugao γ je periferni ugao nad lukom AB , a ugao δ' bio bi mu jednak kada bi i on bio periferni ugao nad istim lukom, odnosno kada bi se tačka D nalazila bilo gde na luku BC . Međutim, tačka D je van kruga i stoga je ugao δ' manji od ugla γ . Na isti se način dokazuje i da je ugao δ'' manji od ugla β .

Prethodna se diskusija ograničila na slučaj konveksnog četvorougla. Jer, da je tačka D pozicionirana tako da izlazi van ugla zahvaćenog polupravom iz A kroz B i polupravom iz A kroz C , tada bi stranica BC sigurno bila izabrana kao stranica triangulacije, a u zavisnosti od rasporeda tačaka u susedstvu i AD bi moglo biti izabrano za stranicu.

Na osnovu prethodno iznete diskusije vezane za periferne uglove nad lukovima kružnice opisane oko trougla ABC , zaključuje se da u slučaju kada tačka D pada tačno na ovaj krug, alternativnim izborom BC ili AD za dijagonalu, minimalni od šest uglova u oba slučaja ostaje isti. U tom su slučaju tačke A , B , C i D kocičične. Ukoliko se TIN-om predstavlja model prirodnog terena opisanog slučajno rasutim tačkama, verovatnoća da četiri tačke budu kocičične, odnosno da padnu na temena kvadrata, pravougaonika ili jednakokrakog trapeza, beznačajna je. Pretpostavimo da se TIN-om modelira veštački objekat, na primer put. Ukoliko je put u pravcu, tada četiri tačke, koje definišu ivice puta

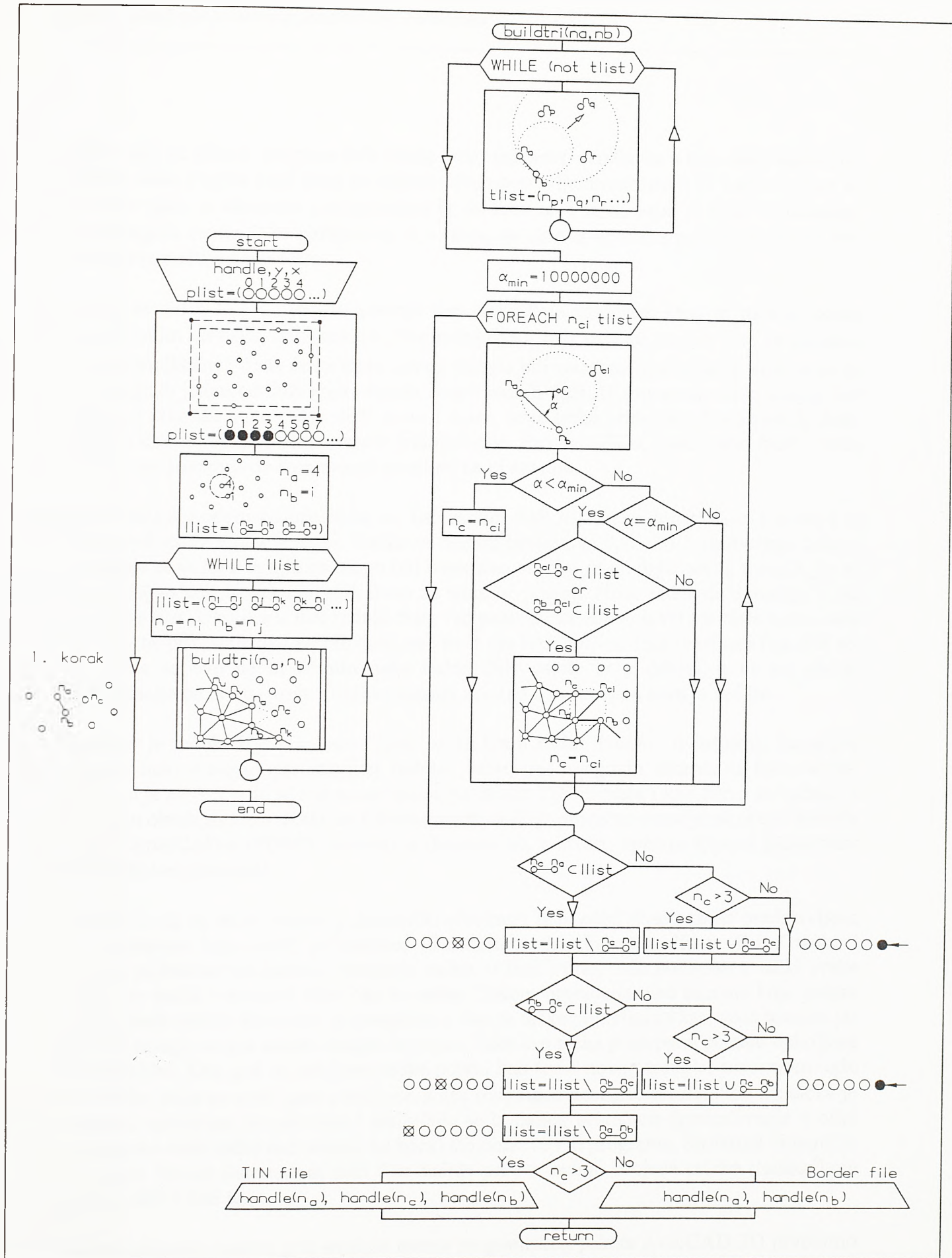
na susednim poprečnim profilima i koje treba da sagrađe dva prostorna trougla, u osnovi leže na temenima pravougaonika. U kružnoj krivini ove će tačke u osnovi ležati na temenima jednakokrakog trapeza. Znači da je pojava kocikličnih tačaka pri modeliranju pravilnih veštačkih objekata pravilo, a ne slučajnost. Ovde ponuđeni algoritam baziran je na Deloneovom postupku triangulacije modifikovanom za slučaj pojave kocikličnih tačaka.

Osnovni postupak Deloneove triangulacije pokazan je u donjem delu slike 4-06. Prema ovom postupku triangulacija započinje od slučajno izabrane tačke skupa. Slučajno se izabere tačka A i njoj najbliža tačka B . Potom se među tačkama sa leve strane duži AB traži tačka C koja će sa tačkama A i B graditi krug u koji neće pasti neka četvrta tačka. Centar kruga konstruisanog na osnovu ovako izabrane tačke C biće najviše desno postavljen u odnosu na duž AB . Centri krugova C_i , konstruisani na osnovu svih ostalih tačaka, biće postavljeni levo od njega. Skicom na slici 4-06 pokazano je kako bi bilo pogrešno tačku C nad bazom AB birati tako da rezultira opisanim krugom čiji će radijus biti najmanji. Na skici je dat primer u kome je nad bazom AB izabrana tačka C_2 koja sa bazom AB formira krug radijusa manjeg od onog koji bi formirala tačka C_1 . Tačka C_1 , međutim, pada u krug određen tačkama A , B i C_2 i kao treća tačka nad bazom AB trebala je biti izabrana upravo ona jer je njen centar, O_1 , postavljen desno od centra O_2 , određenog eventualnim izborom tačka C_2 . Potom se za osnovu uzima duž BA pa se sa suprotne strane od već sagrađenog trougla ABC , odnosno sa leve strane duži BA , traži tačka D koja sa tačkama B i A gradi krug sa centrom postavljenim najviše desno. Odmah po slučajnom izboru tačke A i njoj najbliže tačke B , u nultom se koraku u takozvanu listu radnih duži unose duži AB i BA . To su duži nad kojima trebaju biti konstruisani trouglovi. Po konstrukciji trougla nad bazom AB (1. korak), iz liste radnih duži briše se duž AB , ali se njoj sada dodaju duži AC i CB , nad kojima u nekom od narednih koraka takođe trebaju biti konstruisani trouglovi. U drugom se koraku gradi trougao nad bazom BA . Za treće teme ovde se uzima tačka D te se, nakon brisanja duži BA iz liste radnih duži, njoj sada dodaju duži BD i DA . Na čelu liste radnih duži sada se našla duž AC i u trećem koraku se nad njom, kao bazom, gradi trougao AEC . Tako se mreža trouglova širi idući u pravcu kazaljke na časovniku obodom trenutno generisane mreže.

Na slici 4-07 dat je algoritam programa za proračun TIN modela. Prvo se učitava skup tačaka i stavlja u vezanu listu *plist*. Na početak liste postavljaju se četiri fiktivne obodne tačke koje ograničavaju područje proračuna i, kako će biti pokazano, zadržavaju triangulaciju u logičnim granicama. Potom se iz liste uzima tačka sa rednim brojem na u listi i i pronalazi njoj najbliža tačka sa rednim brojem nb . Tada se formira lista radnih duži, *llist*, koja za početak sadrži duži $na-nb$ i $nb-na$. Tok programa potom, kroz ciklus, odlazi u rutinu *buildtri* za građenje trougla. U prvom koraku trougao se gradi nad bazom određenom tačkama sa rednim brojevima na i nb , u drugom koraku nad bazom određenom tačkama sa rednim brojevima nb i na itd.

Broj članova liste radnih duži rašće i opadaće. U momentu kada triangulacija izbije na granice triangulacije definisane fiktivnim obodnim tačkama lista *llist* će nestati. Sve do tada program će uzimati prvu duž iz liste i nad njom će graditi jedan trougao pozivajući rutinu *buildtri*.

Sama rutina *buildtri* uzima duž ponuđenu kao osnovu za izgradnju novog trougla. Potom sa leve strane duži širi krug kroz početnu i krajnju tačku duži sve dok se u tom krugu ne



Sl.4-07.

Algoritam generisanja TIN modela terena na skupu tačaka

nađu neke od tačkaka. Program tada među ovim tačkama, svrstanim u listu *tlist*, bira tačku koja sa ovim dvema gradi krug sa najviše desno postavljenim centrom C . Tačka nc bira se tako da ugao α zahvaćen polupravama iz na kroz nb i iz na kroz C bude minimalan. Pomeranjem centra C ka polupravoj iz na kroz nb ugao α opada, a prelaskom preko ove poluprave postaje negativan.

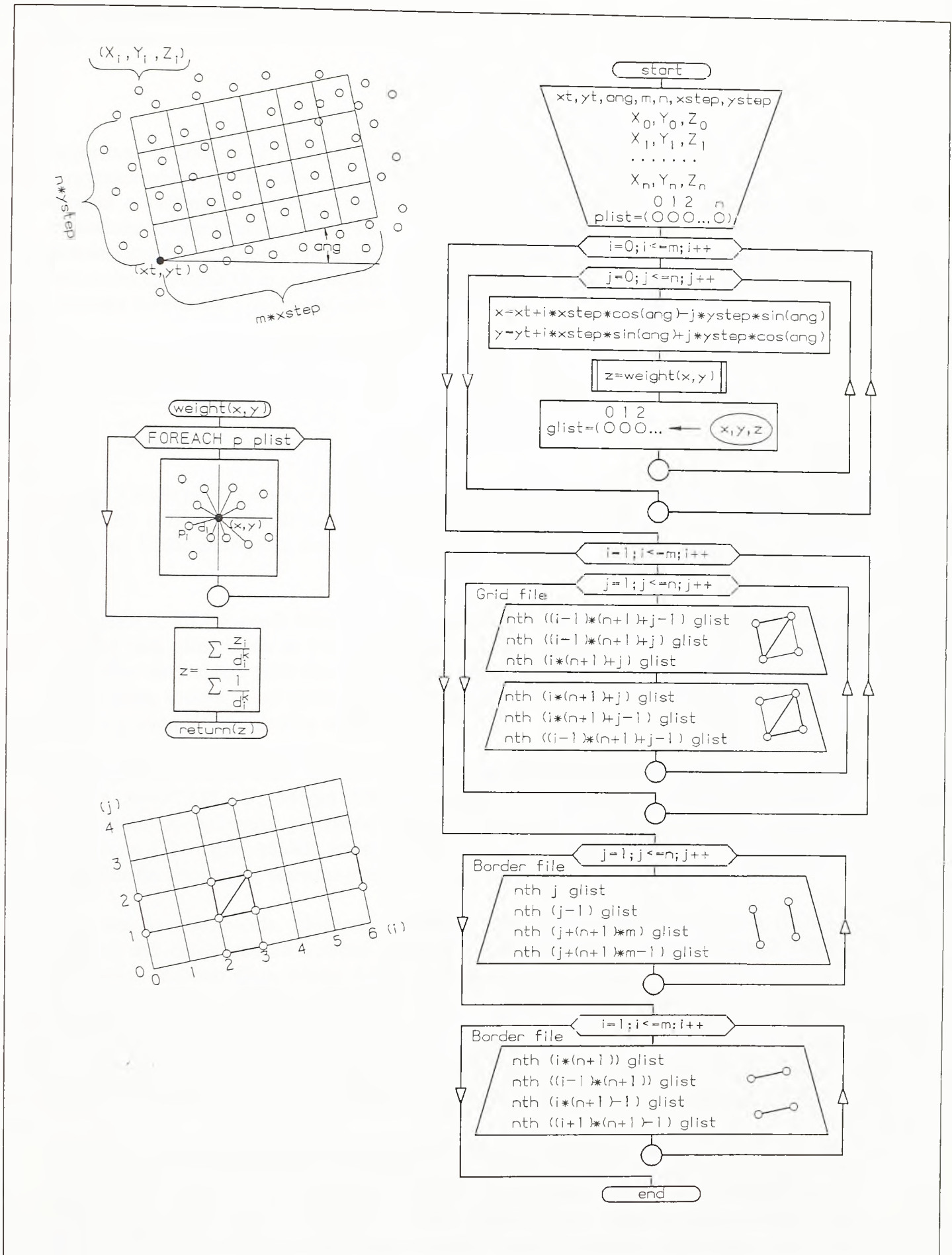
Šta će se desiti ako u listi *tlist* postoje dve tačke koje grade isti krug sa najviše desno postavljenim centrom, odnosno isti minimalni ugao α , i koje su, samim tim, sa tačkama na i nb kociklične? Tada će za teme novog trougla biti izabrana ona tačka nc koja sa na ili nb već gradi jednu od duži koja pripada skupu radnih duži. U suprotnom nc bi moglo biti izabrano tako da nove radne duži $na-nc$ i $nc-nb$, koje treba pridodati skupu radnih duži, nisu na obodu već unutar postojeće triangulacije. Program bi se tada vratio među tačke koje je već triangulisao i verovatno se nikad ne bi završio.

Po pronalasku odgovarajuće tačke nc , listi radnih duži *llist* treba dodati $na-nc$ i $nc-nb$, i to samo pod uslovom da je $nc > 3$. Tačke sa rednim brojevima 0, 1, 2 i 3 su fiktivne tačke i duži koje se vezuju za njih ne mogu biti uzete kao osnova za gradnju novog trougla, jer ni sam trougao koji bi neku od njih imao za teme ne postoji. Nove radne duži dodaju se na kraj liste *llist*. Ukoliko u listi radnih duži već postoji duž $nc-na$, inverzna duži $na-nc$, tada se $na-nc$ ne pridodaje listi radnih duži, već se iz nje briše i $nc-na$. Isto se odnosi i na duž $nc-nb$. Kada se ovo ne bi učinilo neke radne duži ostale bi u dubini, a ne po obodu triangulacije pa bi i u ovom slučaju program zalutao u područje u kom je već bio.

Ukoliko je redni broj tačke $nc > 3$ tada se na kraju rutine *buildtri* u datoteku trouglova upisuje novi trougao predstavljen rednim brojevima njegovih temena u listi tačkaka. Ukoliko je $nc \leq 3$ tada se duž $na-nb$ nalazi na obodu TIN modela i kao takva se upisuje u datoteku oboda modela. Kako se u konkretnom slučaju proračun obavlja na skupu entiteta tačkaka AutoCAD-a (POINT entiteta) u datoteke se, u stvari, upisuju njihovi jedinstveni identifikatori (handles).

Rečeno je da su tačke vezane u dinamički alociranu listu *plist*. Svaka tačka predstavljena je strukturom koja sadrži jedinstveni identifikator (handle), koordinate X i Y tačke i adresni pokazivač na sledeću strukturu, tačku, u listi. Pored ovih podataka o tački svaka struktura sadrži i sumarni ugao oko te tačke. Tokom proračuna, nad bazama koje polaze iz pojedinih tačkaka formiraju se trouglovi, a iste se tačke pojavljuju i kao treća temena pri gradnji trouglova nad nekim drugim bazama. Tako sve tačke postepeno postaju opkoljene trouglovima. Kad god se određena tačka pojavi kao teme novog trougla, sumarnom uglu oko tačke doda se novi ugao u temenu. Kada ovaj ugao dostigne vrednost od 2π tačka je potpuno opkoljena trouglovima i isključuje se iz daljeg proračuna (pretraživanja u cilju pronalaska treće tačke nad nekom od baza) što ubrzava rad programa. Strukture dinamički alocirane vezane liste radnih duži *llist* sadrže parove rednih brojeva tačkaka (tačkaka koje grade duži) u listi *plist*.

Za proračunsku osnovu grid modela terena programskog paketa AeroCAD 3D prvobitno je usvojen metod inverznih distanci. Grid model terena ovde je namenjen generalnom sagledavanju terenskih oblika i prostornih ograničenja i analizi zaštićenih zona aerodroma, što je vezano za rad na podlogama sitnije razmere (uglavnom 1:25000). Stoga je izabran metod baziran na brzom i vrlo jednostavnom proračunu. Na slici 4-08 dat je



Sl.4-08.

Algoritam generisanja grid modela terena na skupu tačaka

algoritam proračuna grid modela terena metodom inverznih distanci. Na početku programa učitavaju se podaci koji definišu osnovu grida i podaci o tačkama po terenu. Podaci o tačkama po terenu vezuju se u listu *plist*. Potom se, po čvorovima grida, metodom inverznih distanci, računaju kote modela. U okolini čvora, iz svakog od četiri lokalna kvadranta biraju se po dve, njemu najbliže, tačke po terenu. Ako je z_i kota jedne od ovako izabраниh tačaka po terenu, a d_i njeno horizontalno odstojanje od čvora, tada se visinska koordinata z posmatranog čvora računa kao:

$$z = \frac{\sum z_i / d_i^k}{\sum 1 / d_i^k}$$

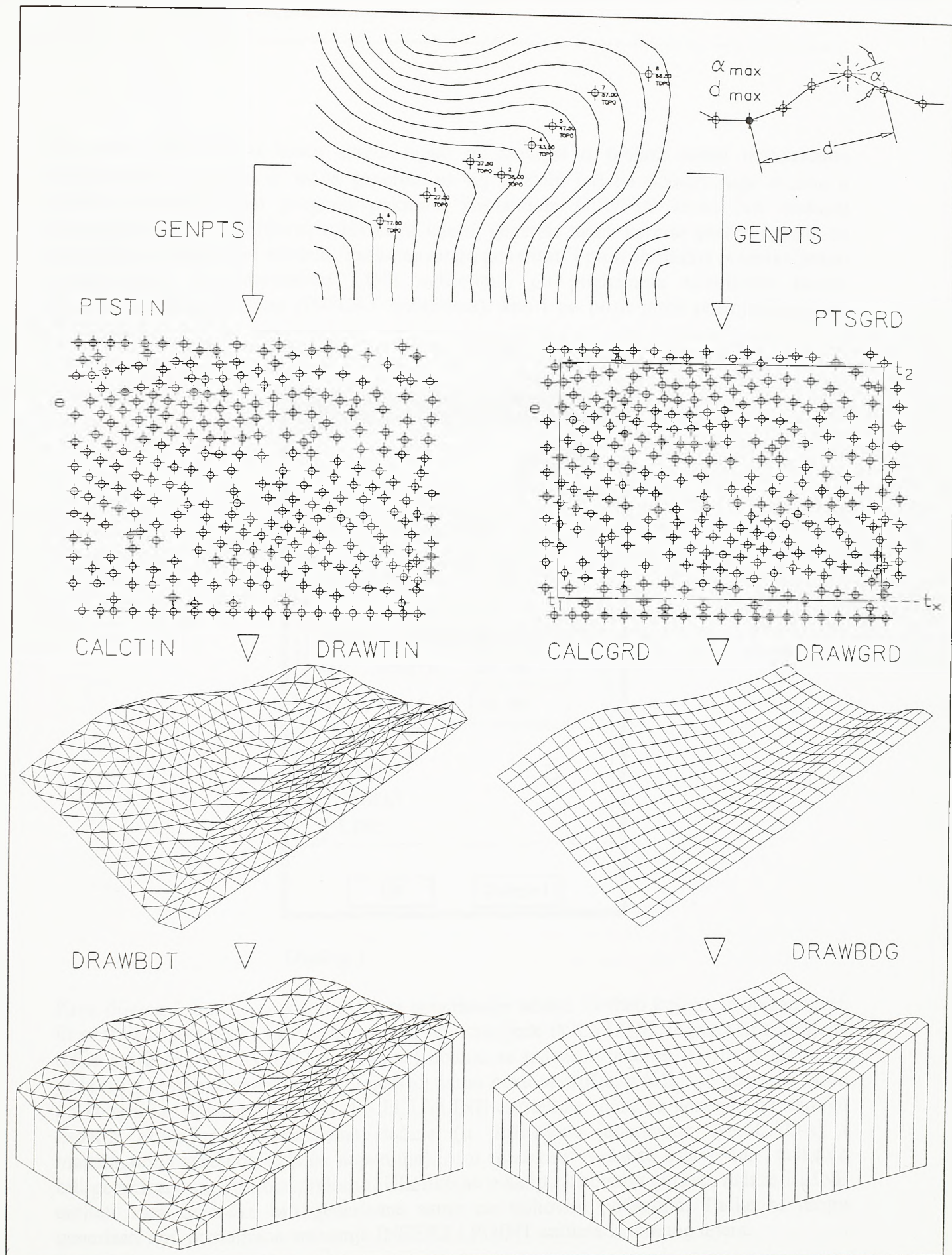
Indeks i kreće se od 1 do 8, a ako se čvor nalazi na periferiji skupa tačaka po terenu i neki kvadranti ostaju prazni ili samo sa po jednom izabranom tačkom, zbir sadrži manje sabiraka. Uobičajeno je da eksponent k (težinski koeficijent) uzima vrednost od 0.5 do 4 [L.32].

Kordinate X , Y i Z čvornih tačaka grida čuvaju se tokom proračuna u dinamički alociranoj vezanoj listi *glist*. Kada se sve čvorne tačke grida sračunaju i vežu u listu, tada se po susednim vertikalama grida formiraju nizovi ćelija grida i upisuju u datoteku grid modela. Ćelije grida sastoje se od uparenih prostornih trouglova. U posebnu datoteku upisuju se i podaci o obodnim stranicama modela.

Programi za proračun TIN i grid modela terena čine okosnicu programskog modula DTM paketa AeroCAD 3D. Modul DTM namenjen je digitalnom modeliranju terena i digitalnom modeliranju postojećeg stanja objekata. Procedure pripreme podataka, proračuna TIN i grid modela terena i njihovog iscrtavanja ilustrovane su slikom 4-09. Proračunske procedure, odnosno programi, pokreću se pozivom određenih komandi.

Pozivom prve komande, komande GENPTS, generišu se tačke AutoCAD-a (POINT entiteti) duž digitalizovanih izohipsi i po pozicijama snimljenih ili digitalizovanih tačaka po terenu. Izabrani skup tačaka AutoCAD-a predstavlja osnovu kako za proračun TIN modela, tako i za proračun grid modela terena. U primeru na slici digitalizovane izohipse predstavljene su POLYLINE linijama i postavljene su na odgovarajuće visinske kote. Tu se nalaze i blokovi (INSERT entiteti) sa rednim brojem, kotom i opisom dodatnih (snimljenih ili diskretno digitalizovanih) tačaka po terenu. Procedura unosa blokova snimljenih tačaka detaljno je objašnjena u okviru modula SETPOINT (poglavlje 4.3.6.).

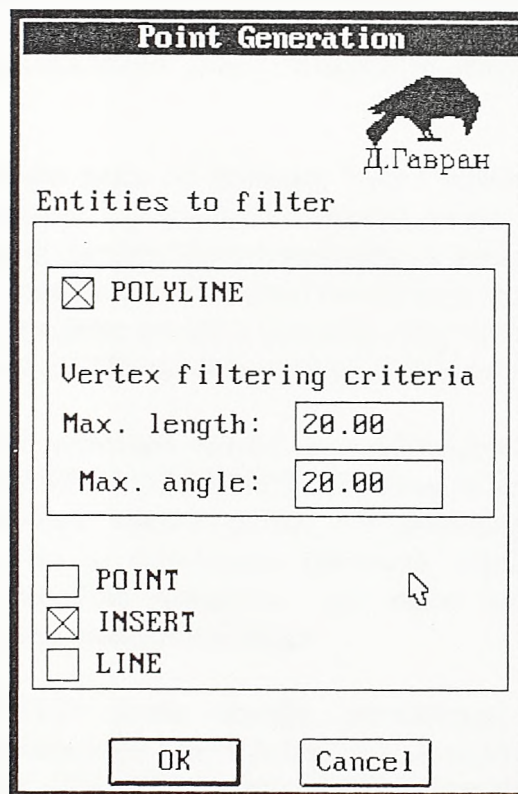
U primeru na slici 4-09 izohipse su predstavljene POLYLINE linijom sastavljenom od pravih segmenata, a program pokrenut komandom GENPTS na racionalan način generiše tačke duž ovih izohipsi. Program korača po prelomnim tačkama (VERTEX-ima) POLYLINE linije i samo u nekima od njih generiše tačke koje se mogu upotrebiti za proračun buduće triangulacije ili grid modela. Neka je program generisao tačku na poziciji VERTEX-a POLYLINE entiteta označenog na slici crnim krugom. Program, kreće po VERTEX-ima koji slede i meri odstojanja između njih i te tačke. Kada dostigne VERTEX koji se nalazi na odstojanju d većem od zadatog maksimalno dozvoljenog d_{max} , vraća se u prethodni VERTEX i u njemu postavlja tačku. Ako je u međuvremenu



Sl.4-09.

Primena komandi za pripremu terenskih podataka i modeliranje terena

pronađen VERTEX u kome skretni ugao po izohipsi α prelazi zadati maksimalno dozvoljeni α_{max} , tada se tačka generiše na toj poziciji i dalje odmeravanje dužine d počinje od nje. Tako program pokrenut komandom GENPTS kreće duž izohipsi izabranog skupa i po njima, u tekućem lejeru, generiše tačke koje se potom koriste za formiranje TIN ili grid modela. Tačke se mogu generisati i po izohipsama predstavljenim nadovezanim ali nezavisnim LINE entitetima, po pozicijama snimljenih tačaka predstavljenih blokovima (INSERT entitetima), kao i po pozicijama postojećih tačaka AutoCAD-a.



Dijalog 1.

Kroz dijalog 1. zadaju se kriterijumi za generisanje tačaka. Entiteti kojima je opisan teren ili postojeće stanje objekta (npr. izohipse predstavljene POLYLINE linijama ili snimljene tačke predstavljene INSERT entitetima) obično se nalaze u jednom lejeru. Program za početni ulaz uzima sadržaj celog lejera ili samo neka područja, a tačke se generišu samo po izabranim tipovima entiteta. Po POLYLINE entitetima tačke se generišu na osnovu zadatih kriterijuma maksimalne dužine (u dužinskim jedinicama AutoCAD-a) i maksimalnog skretnog ugla (u stepenima). Ako se za ove vrednosti ostave nule, tačke će biti generisane na svakom prelomu. Ukoliko se u skupu izabranih entiteta nalaze i LINE entiteti tada će tačke biti generisane samo na njihovim počecima. Tačke se mogu generisati i po pozicijama umetanja INSERT i POINT entiteta izabranog lejera.

Prethodnim postupkom generisan je skup tačaka (POINT entiteta) na osnovu koga se može formirati digitalni model terena. Na slici 4-09, nakon komande GENPTS, slede dva paralelna niza od po četiri komande. Prvi je niz namenjen izradi TIN modela, a drugi izradi grid modela terena.

Prvi se niz sastoji od komandi PTSTIN, CALCTIN, DRAWTIN i DRAWBDT. Komandom PTSTIN biraju se tačke AutoCAD-a na kojima će se formirati TIN model, a komandom CALCTIN sprovodi se sam proračun modela. Komandom DRAWTIN iscrtava se sračunati TIN model terena, a komandom DRAWBDT plašt po obodu modela ili bordura.

Komanda PTSTIN pokreće program za definisanje skupa tačaka na kome će biti formiran TIN model terena. Prvo se bira entitet *e* kao uzorak za lejer, a program po izboru uzima sve POINT entitete tog lejera ili samo interaktivno izabrani podskup. Jedinствeni identifikatori izabranih entiteta tačaka (handles) i njihove horizontalne koordinate storiraju se u datoteku (ekstenzija *.pts*) i moguće je imati u pripremi više ovakvih datoteka.

Komanda CALCTIN uzima neku od datoteka **.pts* i pokreće program koji na skupu tačaka storiranom u datoteci sračunava TIN model terena. Program trianguliše skup tačaka na osnovu njihovih horizontalnih koordinata, a sračunate trouglove predstavlja trilingama jedinstvenih identifikatora (handles) tačaka koje te trouglove grade. Podatke o sračunatim trouglovima program storira u datoteku istog imena kao datoteka **.pts* ali sa ekstenzijom *.tri*. Obodne duži TIN modela storiraju se u datoteku sa ekstenzijom *.bdt*.

Podaci o sračunatim TIN modelima čuvaju se u datotekama i po potrebi se iscrtavaju pozivom komandi DRAWTIN i DRAWBDT. Pri tome je neophodno da u AutoCAD-ovom crtežu budu sačuvani entiteti tačaka čiji jedinstveni identifikatori određuju trouglove modela. Kao što je algoritmom pokazano, rezultat proračuna TIN-a nisu koordinate tačaka u temenima trouglova, već samo uređeni nizovi jedinstvenih identifikatora koji na temena trouglova ukazuju.

Tako komanda DRAWTIN samo obavlja povezivanje trilinga tačaka, zadatih jedinstvenim identifikatorima koje čita iz datoteke **.tri*, u prostorne trouglove. Prostorni trouglovi generišu se kao 3DFACE entiteti sa identičnim trećim i četvrtim temenom. Ukoliko su neki od entiteta tačaka na koje jedinstveni identifikatori ukazuju obrisani, postoji mogućnost da se, pozivom komande CHKFILE programskog modula UTILITY, oni povrate.

Komandom DRAWBDT iscrtava se plašt po obodu TIN modela ili bordura. Bordura se iscrtava na osnovu sadržaja odgovarajuće **.bdt* datoteke u koju program za proračun TIN-a upisuje podatke o obodnim linijama modela. Prethodno se zadaje nadmorska visina baze bordure.

Prvobitno je bilo predviđeno da drugi niz komandi, niz namenjen izradi grid modela terena, čine komande PTSGRD, CALCGRD, DRAWGRD i DRAWBDG. Komandom PTSGRD (koja je tokom praktične primene zamenjena drugom) biraju se tačke AutoCAD-a koje ulaze u proračun grid modela i definiše osnova grida. Sam proračun grid modela terena pokreće se komandom CALCGRD. Sračunati grid model iscrtava se pozivom komande DRAWGRD, a plašt po obodu modela pozivom komande DRAWBDG.

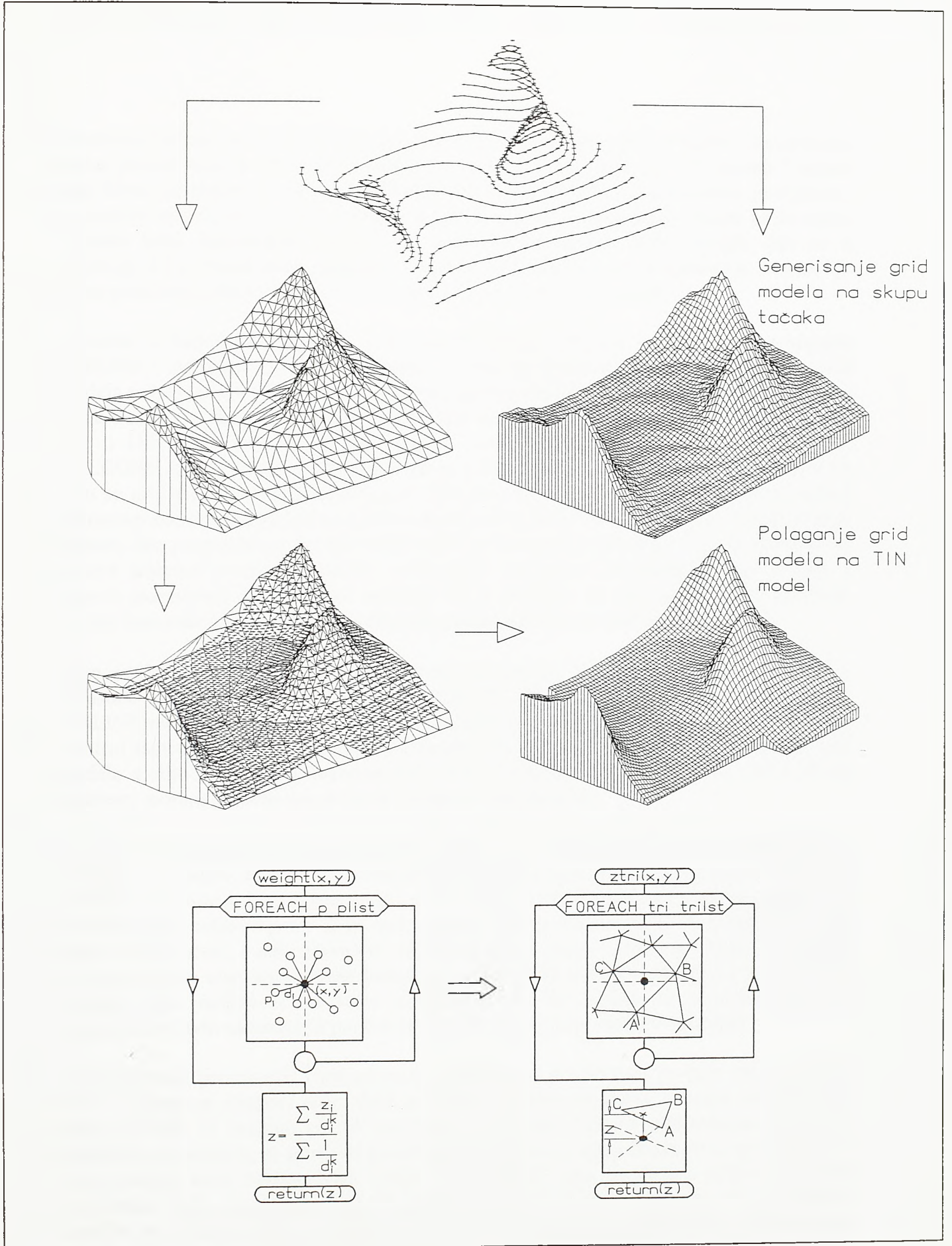
Programom koji se pokreće pozivom komande PTSGRD biraju se tačke koje ulaze u proračun modela i definiše osnova grida. Prvo se u tački t_1 (vidi sliku 4-09) bira koordinatni početak grida, a direkcioni ugao baze grida određuje se tačkom t_x . Kada se zada i strana ćelije grida (npr. 10), kursor počinje skokovito da se pomera po mogućim čvorovima budućeg grida očekujući izbor krajnje tačka grida (t_2 na slici). Potom se, kao i kod prethodno pokazanih komandi namenjenih formiranju TIN modela terena, bira entitet e kao uzorak za lejer, a potom skup entiteta iz koga se prema pripadnosti lejeru filtriraju tačke po terenu koje u proračunu učestvuju. Definicija osnove grida, zajedno sa izabranim POINT entitetima po terenu koji u proračunu grid modela učestvuju, upisuje se u datoteku sa ekstenzijom *.grid*.

Pozivom komande CALCGRD pokreće se program koji na osnovu sadržaja izabrane **.grid* datoteke računa grid model terena. Potom se u datoteku istog imena ali ekstenzije *.trg* upisuju koordinate temena uparenih trouglova po ćelijama grid modela. U svakoj liniji su po tri koordinate jedne tačke, što znači da po tri uzastopne linije definišu jedan prostorni trougao, a dve grupe po tri linije čine jednu ćeliju. Obodne linije grid modela storiraju se u datoteku sa ekstenzijom *.bdg*.

Grid model terena definisan sadržajem neke od **.trg* datoteka iscertava se pozivom komande DRAWGRD. Ćelije grid modela terena predstavljene su uparenim prostornim trouglovima, a svaki prostorni trougao generiše se kao 3DFACE entitet sa preklapljenim trećim i četvrtim temenom. Plašt po obodu grid modela iscertava se komandom DRAWBDG, na osnovu sadržaja datoteke oboda modela i uz prethodno zadavanje nadmorske visine baze plašta.

Na slici 4-10 jedan isti lokalitet predstavljen je na dva načina, i TIN i grid modelom terena. U poglavlju 3.2. istaknuto je da su sve čvorne tačke TIN modela tačne, a da su sve čvorne tačke grid modela dobijene nekim od postupaka interpolacije po snimljenim ili digitalizovanim terenskim podacima, kao i da se u trougaonu mrežu TIN modela lako uklapa bilo kakav model objekta niskogradnje. Primerom na slici ilustrovan je još jedan nedostatak grid modela dobijenog metodom inverznih distanci u odnosu na TIN. Kako bi se što realnije predstavio greben sa desne strane modela, usvojena je relativno sitna ćelija grida. Tako su čvorne tačke grida u predelu jaruge u centralnom delu modela znatno gušće od tačaka po izohipsama na osnovu kojih se proračun izvodi. Ovde su čvorne tačke modela, u širem pojasu duž izohipsi, proračunom postavljene na visinske kote približne kotama izohipsi. Posledica je stvaranje terasa duž izohipsi koje su na slici očigledne. Terasa su izraženije ukoliko je eksponent k u obrascu za sračunavanje kote čvorne tačke (težinski koeficijent) veći. Grid model dobijen metodom inverznih distanci harmoničan je ukoliko je gustina polaznog skupa tačaka po terenu, s jedne strane, i gustina čvornih tačaka, s druge, približno ista. Takav je model bio pokazan u primeru na slici 3-09.

Postupak proračuna grid modela terena programskog paketa SOFTDESK eliminiše prethodno opisanu pojavu. Tokom praktične primene programskog paketa AeroCAD 3D napušten je metod inverznih distanci i prihvaćen je postupak sličan SOFTDESK-ovom. Ovde se, kako je to na slici 4-10 pokazano, prvo formira TIN model terena, a onda se na njega prosto polažu čvorne tačke grida. Čvorne tačke grida "padaju" na trouglove TIN-a i tako dobijaju svoje visine. Izmene u algoritmu proračuna grid modela terena pokazanom na slici 4-08 minimalne su i pokazane su u donjem delu slike 4-10. Umesto da za svaku čvornu tačku grida proračun prođe svim tačkama po terenu i iz svakog od četiri lokalna



Sl.4-10.
Načini generisanja grid modela terena

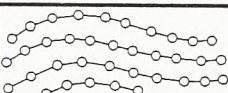







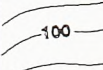

kvadranta izabere po dve najbliže posmatranoj čvornoj tački, ovde za svaku čvornu tačku ciklus prolazi svim prostornim trouglovima prethodno generisanog TIN modela i nalazi onaj kome, posmatrano u planu, dotična čvorna tačka pripada. Elementarnim postupkom, na osnovu koeficijenata ravni trougla i koordinata X i Y čvorne tačke, dolazi se do njene visinske kote. Jednostavni postupci za kontrolu pripadnosti tačke trouglu dati su u poglavlju 4.3.6. Mana ovog postupka u odnosu na metod inverznih distanci je u tome što je pre proračuna grid modela terena neophodno formirati TIN model.

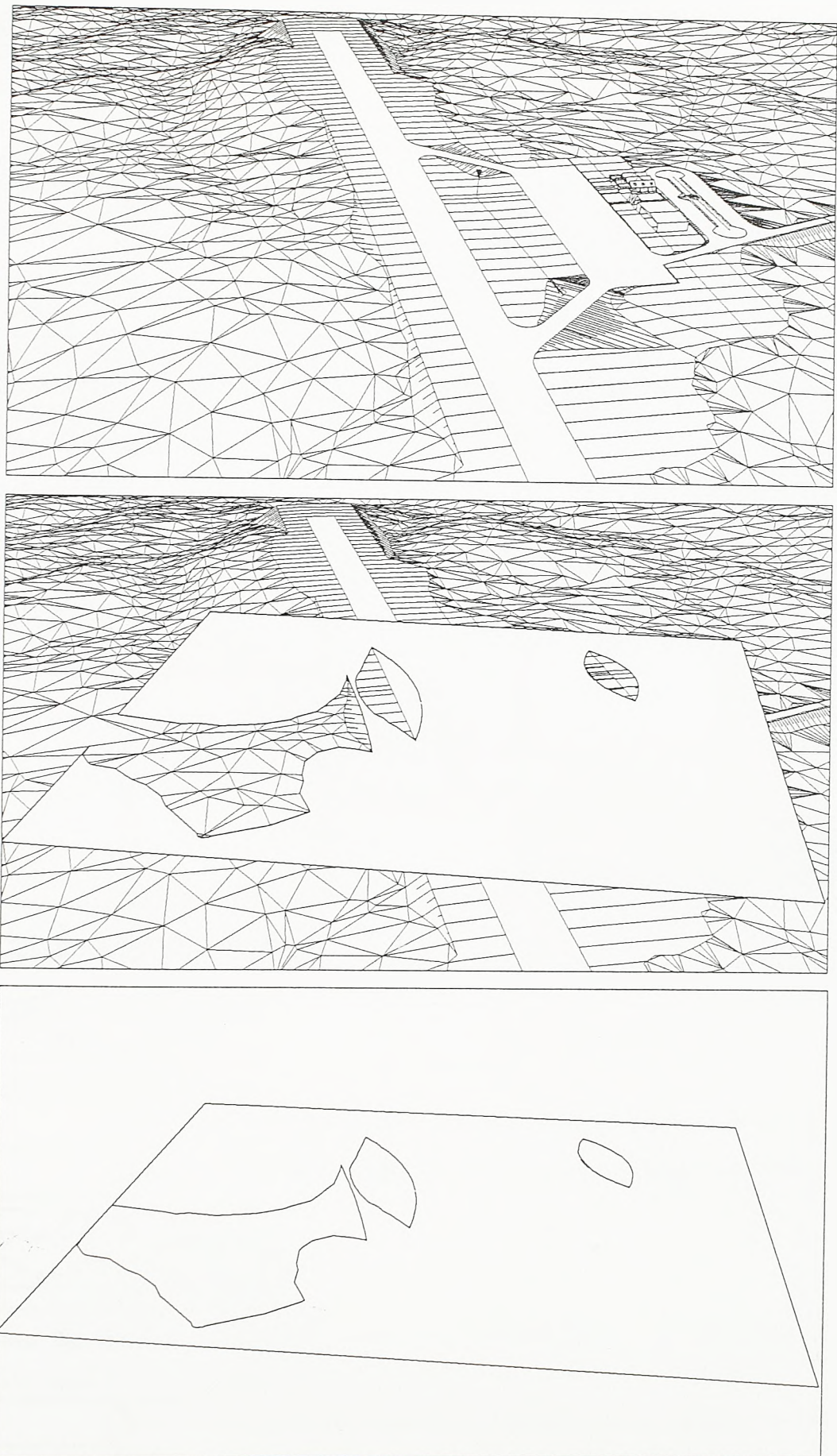
Promena u konceptu proračuna grid modela terena usloвила je i promenu komande PTSGRD i programa koji ona pokreće. Ovom je komandom zadavana osnova grid modela i skup tačaka po terenu na osnovu kog se proračun grid modela izvodi. Sada se u ulazu umesto tačaka pojavljuju trouglovi TIN modela terena. Komanda PTSGRD menja ime u DEFGRD i njom se sada zadaje samo osnova grida u planu, a komanda CALCGRD, pored ovako definisane osnove grida, zahteva i ime triangulisane površi na koju se grid polaže. Prostorni trouglovi TIN modela prikupljaju se u jedinstvenu površ primenom editora površi koji se pokreće komandom SURFACE. Komanda SURFACE je sastavni deo programskog modula GRADING opisanog u poglavlju 4.3.5. Opcijama ovog editora izabrani prostorni trouglovi prikupljaju se prema pripadnosti lejeru i boji, a njihovi jedinstveni identifikatori storiraju se u datoteke sa ekstenzijom *.srf*. Prilikom poziva komande CALCGRD te se datoteke pojavljuju kao neophodan deo ulaza.

Tako se došlo do definitivnog skupa komandi modula DTM pokazanog na slici 4-11. Preostale komande modula DTM su ISOLINE, ISOLBL i CHGDIAG. Komandom ISOLINE na mreži prostornih trouglova generišu se izohipse, a komandom ISOLBL duž izohipsi ispisuju se njihove visine. Komanda CHGDIAG namenjena je editovanju TIN modela u cilju njegovog prilagođavanja položaju i obliku obaveznih linija, linija čiji se segmenti moraju pojaviti kao stranice trouglova triangulacije.

Na slici 4-12 pokazana je osnovna ideja postupka generisanja izohipsi na triangulisanom prostornom modelu. Prodor neke horizontalne ravni sa bilo kojim od prostornih trouglova modela, ako postoji, jeste horizontalna duž na koti ravni. Prodor ove ravni sa prostornim modelom kao celinom jeste skup nadovezanih nizova horizontalnih duži od kojih neki mogu biti otvoreni, a neki zatvoreni. Horizontalna se ravan pomera po visini od najniže do najviše kote izabranog skupa trouglova na kome se izohipse generišu i postavlja na visinske kote deljive sa zadatom ekvidistancom. Na svakoj od visinskih pozicija horizontalne ravni računaju se prodori sa skupom trouglova, odnosno izohipse.

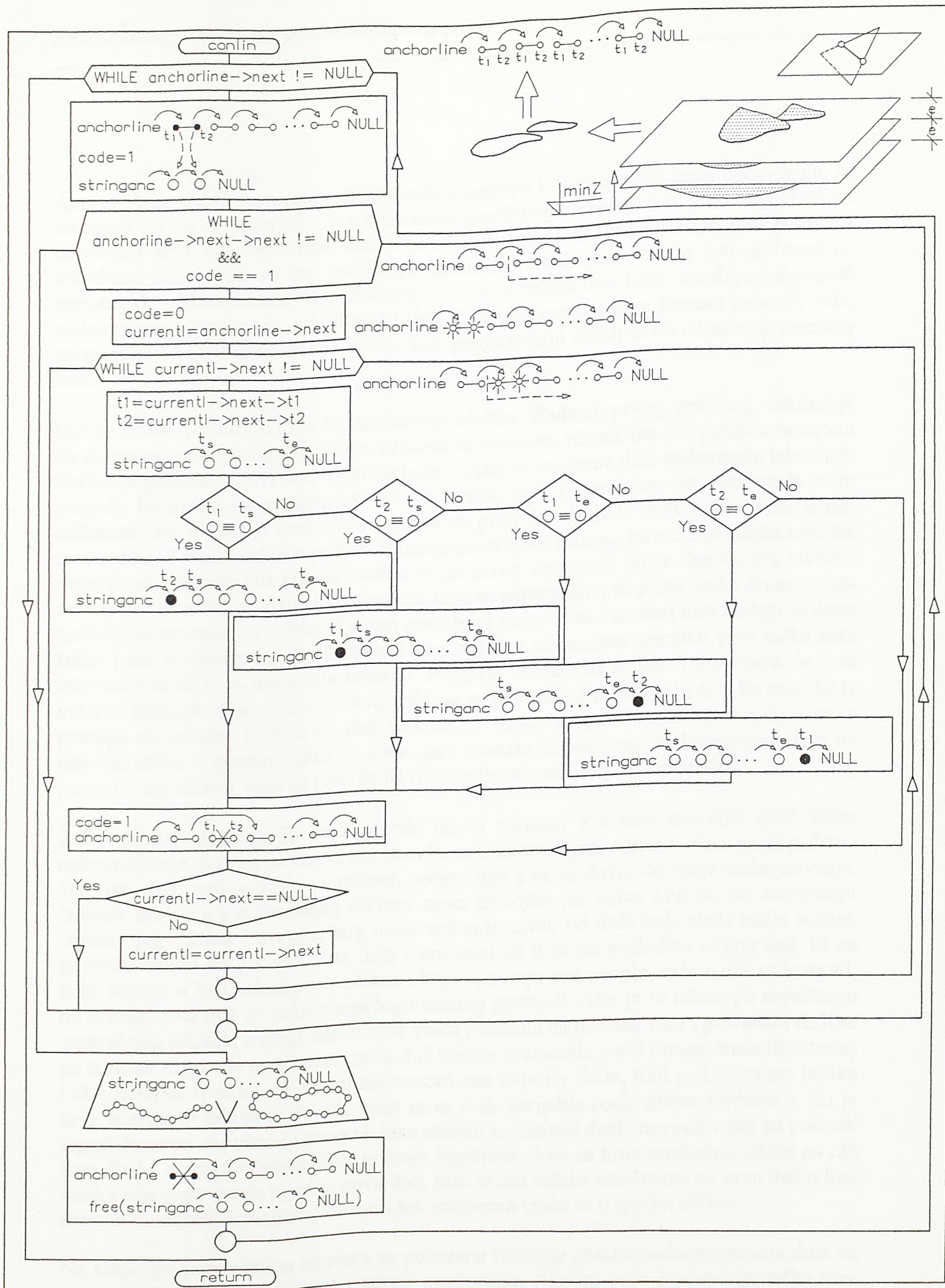
Sam algoritam generisanja izohipsi na triangulisanom prostornom modelu dat je na slici 4-13. U gornjem desnom delu slike pokazano je inkrementalno kretanje horizontalne ravni na više. U svakom od tih položaja, na osnovu tehnika elementarne analitičke geometrije u prostoru, za svaki od prostornih trouglova zadatog skupa, traži se eventualna duž prodora kroz horizontalnu ravan. Najsloženiji deo programa rešava problem prevođenja ovih nezavisnih duži u kontinualne zatvorene i otvorene nizove tačaka. Ukoliko se izohipsa opisuje dužima umesto nizovima tačaka, troši se više memorijskog prostora. Na primer, izohipsa koja se sastoji od svega četiri nadovezana prava segmenta, primenom koncepta duži biće opisana sa $4 \times 2 = 8$ tačaka. Ako se ova izohipsa opiše nizom tačaka tada je za opis potrebno svega 5 tačaka. S druge strane, samo se na uređenom nizu tačaka može sprovesti odgovarajuća numerička operacija zaobljavanja izohipsi kao što je, na primer, prevođenje poligonalne linije definisane nizom tačaka u spline liniju.

	DTM		
			Generator tačaka duž izohipsi i po kodiranim terenskim podacima
Izbor tačaka za TIN model	PTSTIN ▽	DEFGRD ▽	Definisanje osnove grid modela
Proračun TIN modela			Proračun grid modela
Iscrtavanje TIN modela			Iscrtavanje grid modela
Iscrtavanje bordure TIN modela			Iscrtavanje bordure grid modela
			Generator izohipsi po mreži trouglova
Opis izohipsi			Editovanje kvadrilaterala



Sl.4-12.

Princip generisanja izohipsi na triangulisanom modelu objekta



Sl.4-13.
 Algoritam generisanja izohipsi na triangulisanom prostornom modelu

Ako se linije dobijene u prodoru susednih trouglova i horizontalne ravni nadovezuju, to ne znači da su one susedne i u dinamički alociranoj vezanoj listi prodornih duži na određenoj koti. Prodorne duži skupa prostornih trouglova kroz horizontalnu površ na određenoj koti rasute su bez pravila po dinamički alociranoj vezanoj listi usidrenoj na memorijskoj adresi *anchorline*. Funkcija *conlin* obrađuje ovu listu, utvrđuje mogućnost nadovezivanja prodornih duži koje tu listu čine i na osnovu toga formira jedan ili više, otvorenih ili zatvorenih, nizova tačaka koji predstavljaju izohipse na određenoj visinskoj koti.

Ovi se nizovi formiraju kroz tri ugnježdena ciklusa. Zadatak prvog, spoljnog, ciklusa je da u svakom prolazu formira jedan, otvoren ili zatvoren, niz tačaka. Na početku se ne zna koliko će puta program proći ovim ciklusom. Ako se prodorne duži nadovezuju tako da je moguće formirati, na primer, pet nizova tačaka, tada će program pet puta proći ovim ciklusom. Po ulasku u prvi ciklus uzima se prva duž iz liste duži usidrene na adresi *anchorline*. Krajnje tačke ove duži uzimaju se za prvu i drugu tačku niza tačaka koji tek treba da se formira. Niz tačaka usidren je na adresi *stringanc*. Kroz sledeća dva ciklusa, srednji i unutrašnji, pronalaze se one duži koje se neposredno, ili jedna preko druge, mogu nadovezati na ovaj niz tačaka. Tokom proračuna na početak i na kraj niza dodaju se nove tačke i niz se postepeno produžava. U proizvoljno izabranom trenutku prva tačka niza biće neka tačka t_s , a poslednja tačka t_e . Program uzima duž iz liste i proverava da li se neka od krajnjih tačaka duži, t_1 ili t_2 , poklapa sa jednom od tačaka t_s ili t_e . Ako se tačka t_1 poklapa sa tačkom t_s , tada se duž tačkom t_1 vezuje za početnu tačku niza t_s , a nova početna tačka t_s postaje tačka t_2 . Ova, kao i ostale tri varijante nadovezivanja duži na postojeći niz tačaka, date su kroz četiri *IF* naredbe u srednjem delu algoritma.

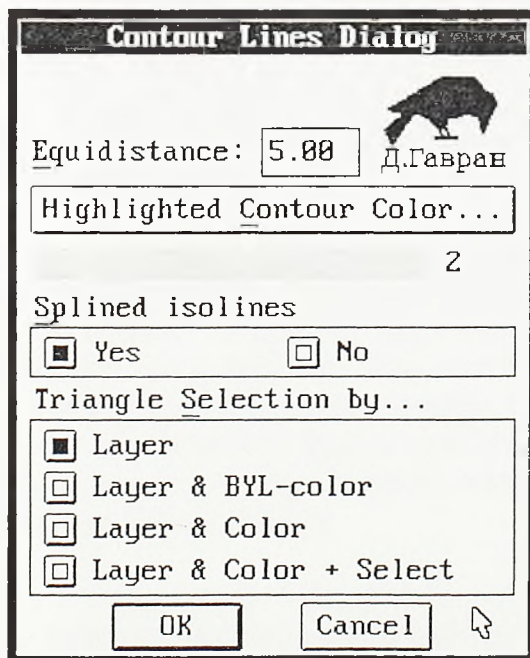
Zašto se duži nadovezuju kroz gnezdo od tri ciklusa? Zar nisu dovoljna dva? Samo nadovezivanje duži na postojeći niz obavlja se u unutrašnjem ciklusu. Neka se na početnu duž liste duži nadovezala, na primer, sedma duž i tu se došlo do kraja nadovezivanja. Između spoljnog i unutrašnjeg ciklusa mora postojati još jedan koji će, po napuštanju unutrašnjeg ciklusa i eventualnog nadovezivanja nekih od duži koje slede posle sedme, proračun vratiti na početak liste duži i proveriti da li se na pridodatu sedmu duž, ili na neku koja se u listi nalazi posle sedme i koja se na nju nadovezala, sada može nadovezati, na primer, peta duž ili neka druga koja sedmoj prethodi. Ako je to tačno, po napuštanju unutrašnjeg ciklusa, srednji ciklus opet vraća proračun na početak liste i proverava da li se na trenutni niz može nadovezati neka duž koja je prethodila petoj (druga, treća ili četvrta) i ako jeste, da li se na nju mogu nadovezati one koje joj slede. Kad god se na niz tačaka kroz unutrašnji ciklus nadoveže neka nova duž, varijabla *code* uzima vrednost 1 što je signal da se pri napuštanju ovog ciklusa adresni pokazivač duži *currentl* vraća na početak liste duži i da pretraživanje duži počinje ispočetka. Ako se kroz unutrašnji ciklus na niz tačaka nije nadovezala nijedna nova duž, tada se niz tačaka nadovezan na prvu duž u listi formirao u najvećoj mogućoj dužini i tok programa vraća se u spoljni ciklus.

Na kraju spoljnog ciklusa iscrtava se povezana izohipsa nastala nadovezivanjem duži na prvu duž liste duži usidrene na adresi *anchorline*. Ako su prva i poslednja tačka niza tačaka usidrenog na adresi *stringanc* identične, izohipsa se iscrtava kao zatvoreni POLYLINE entitet, a u suprotnom kao otvoreni. Potom se iz liste duži briše njen prvi član. Na njega su nadovezane sve duži koje su mogle biti nadovezane, neposredno ili jedna preko druge. Pri sledećem ulasku u spoljni ciklus uzima se nova prva duž liste,

odnosno sledeća u odnosu na prethodno obrisano. Na kraju spoljnog ciklusa, po iscrtavanju izohipse, iz memorije se briše i niz tačaka usidren na adresi *stringanc*. Pretraživanja liste duži odvijaju se kroz cikluse sve brže i brže jer se pri svakom nadovezivanju određene duži ona briše iz liste usidrene na adresi *anchorline*. Ova se operacija obavlja u isto vreme kada i varijabla *code* uzme vrednost 1 i time signalizira da je došlo do promene u strukturi niza tačaka.

Program za generisanje izohipsi pokreće se komandom ISOLINE. Po pozivu komande otvara se dijalog 2. U vrhu dijaloga zadaje se ekvidistanca, a ispod nje boja svake pete izohipse. Izohipse se iscrtavaju u tekućem lejeru, a sve izohipse, sem svake pete, iscrtavaju se tekućom bojom. Izohipse mogu biti iscrtane kao poligonalne ili spline linije. Donjim delom dijaloga zadaju se metode izbora skupa prostornih trouglova modela na kome se izohipse generišu.

Skup trouglova se formira na osnovu njihove pripadnosti zajedničkom lejeru i zajedničke boje. Prvo se bira trougao koji služi kao uzorak za lejer i boju. Potom se prema tim osobinama biraju svi trouglovi modela ili samo trouglovi izabranog područja koji zadovoljavaju zadate kriterijume. Izohipse se nezavisno generišu po grupama trouglova razvrstanim prema lejeru i boji. Tako se posebno generišu izohipse po trouglovima lejera površine poletno-sletne staze, lejera osnovne staze, lejera kosina ili lejera prirodnog terena. Iako se izohipse na prelazima sa jedne na drugu grupu trouglova vizuelno nadovezuju tu se, u stvari, nalaze njihovi počeci i krajevi. Stoga će, po zaobljavanju izohipsi, na ovim prelazima ostati diskontinuiteti. Takav oblik izohipsi i odgovara korektno projektovanoj i realno izvedenoj nivelaciji objekta.



Dijalog 2.

Na korektnom TIN modelu prirodne i veštačke prelomne linije, ivice strmih odseka, grebeni, ivice kolovoza itd., moraju se pojaviti kao strukturne linije triangulacije. Drugim

rečima, segmenti ovih prostornih poligonalnih linija moraju se pojaviti kao stranice trouglova triangulacije. Te se linije obično zovu obavezne linije.

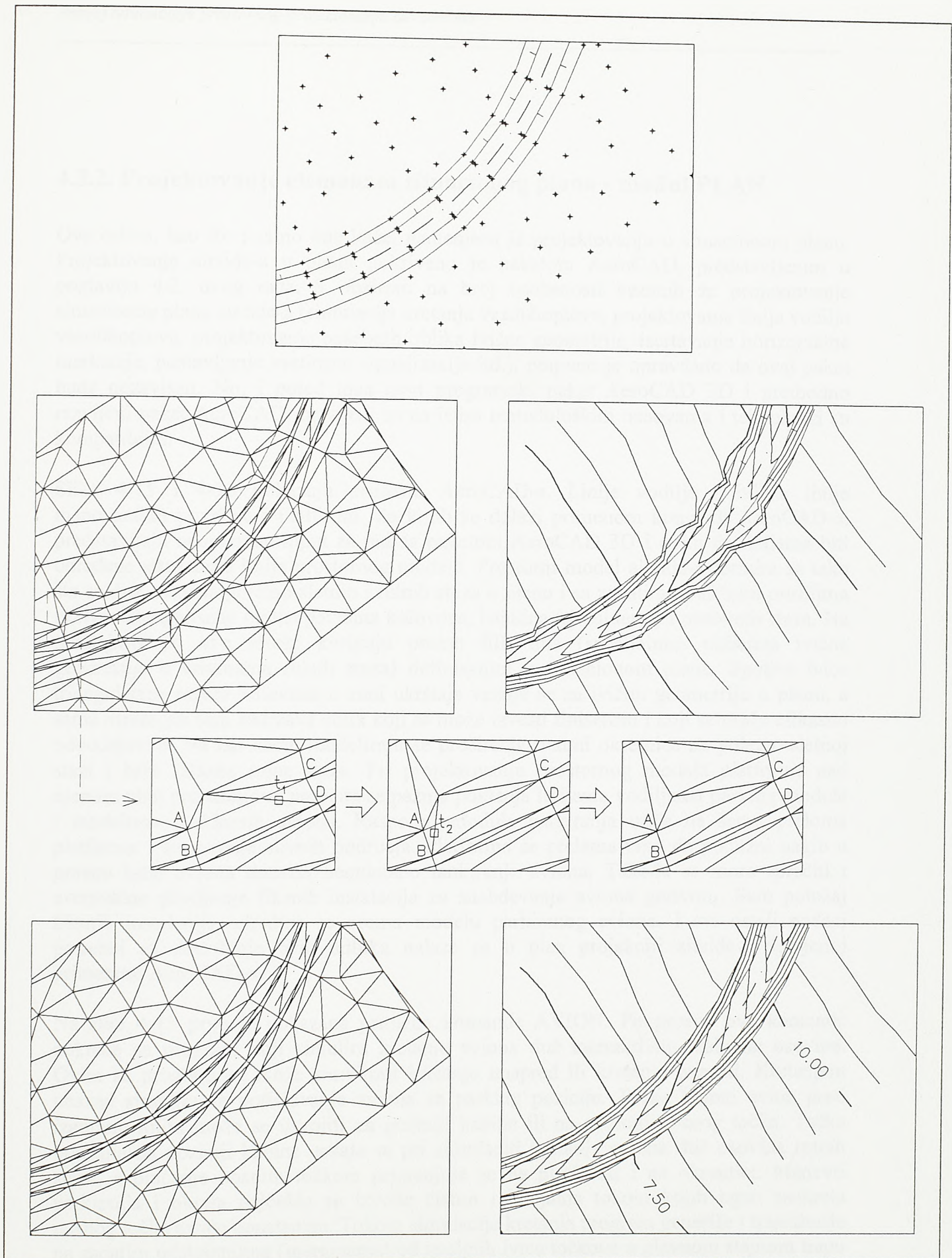
Standardna modifikacija algoritma za generisanje TIN-a, u slučaju kada je neophodno ispoštovati obavezne linije u triangulaciji, obično se sastoji u tome što se sve obavezne linije stave u početnu listu radnih duži. Tada će prvi trouglovi biti sagrađeni nad obaveznim linijama kao bazama. Postupak daje korektne rezultate onda kada su obavezne linije daleko postavljene. Ako se za obavezne linije zadaju, na primer, linije duž dva paralelna grebena i duž vododerine između njih, prvi trouglovi biće sagrađeni nad segmentima ovih linija i sprečiće trouglove generisane naknadno da svojim stranicama te obavezne linije preseku.

Međutim, kada su obavezne linije veoma blisko postavljene, što je po pravilu slučaj sa obaveznim građevinskim linijama kanalisane površinske raskrsnice, korektno rešenje nije garantovano. Tada prvi generisani trouglovi, trouglovi generisani nad segmentima obaveznih linija kao bazama, svojim stranicama mogu preseći neki od segmenata ostalih obaveznih linija. Stoga se ovde moraju uvesti dodatne kontrole koje mogu usporiti proračun. Prema ovde ponuđenim metodološkim i tehnološkim rešenjima, primena Deloneove triangulacije u modeliranju površinskih objekata, naročito površinskih raskrsnica i ukrštaja poletno-sletnih i rulnih staza, limitirana je.

Sledeći problem odnosi se na poštovanje obaveznih linija duž prodora kosina objekata i terena. Ove se obavezne linije moraju ispoštovati pri finalnoj triangulaciji koja se izvodi na skupu tačaka po terenu i tačaka u prodorima kosina kroz teren. Finalna triangulacija izvodi se radi uklapanja prostornog modela objekta u digitalni model terena. Međutim, na korektnom prostornom modelu, tačke po obodima kosina po pravilu su nešto gušće postavljene od tačaka po terenu. Stoga se obodi kosina i primenom postupka obične Deloneove triangulacije gotovo uvek pojavljuju kao stranice trouglova. Kod linijskih objekata, gustina tačaka po obodu kosina direktno je određena ritmom poprečnih profila usvojenim pri razvijanju prostornog modela.

Na slici 4-14 dat je primer triangulisanog objekta. Ovde je svesno povećano rastojanje tačaka po profilima, tako da su se na TIN modelu izgubile ne samo strukturne linije prodora kosina već, na jednoj deonici, i strukturne linije bankine. Model je korigovan primenom komande CHGDIAG. Po pozivu ove komande bira se neka od stranica trouglova modela. Ova je stranica zajednička za dva susedna trougla. Program izabranu stranicu tretira kao dijagonalu kvadrilateralala koji ta dva trougla grade i obrće je u alternativni položaj. U primeru na slici stranice trouglova biraju se u tačkama t_1 i t_2 , a program ih obrće i preklapa preko obaveznih linija.

Razlika između prvobitnog i korigovanog TIN modela pokazana je i nivelacionim planovima u desnom delu slike. U donjem nivelacionom planu, primenom komande ISOLBL, iskotirane su visine izohipsi. Ovo je poslednja komanda modula DTM. Po pozivu ove komande bira se izohipsa, program "prepoznaje" njenu visinu i opciono je ispisuje unutar ili iznad izohipse. Visine izohipsi po terenu obično se ispisuju unutar izohipse, a visine izohipsi po projektovanom stanju objekta (u nivelacionom planu) iznad nje.



Sl.4-14.

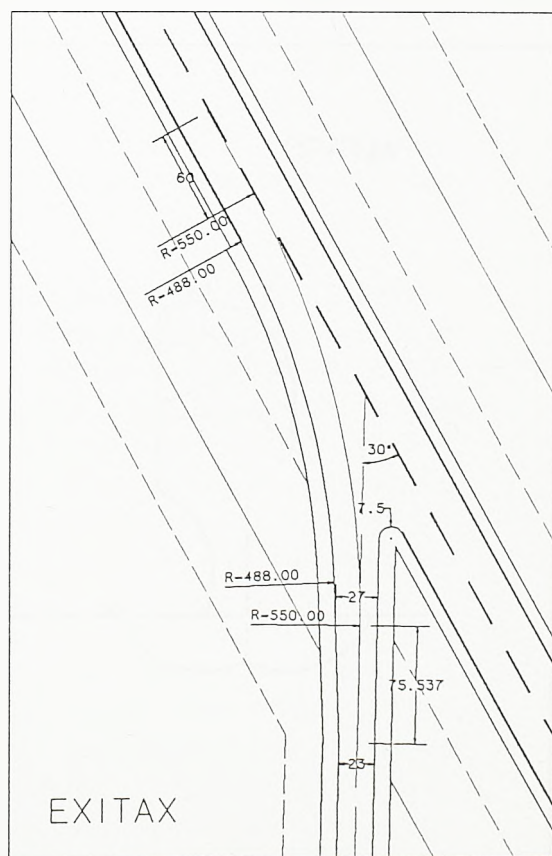
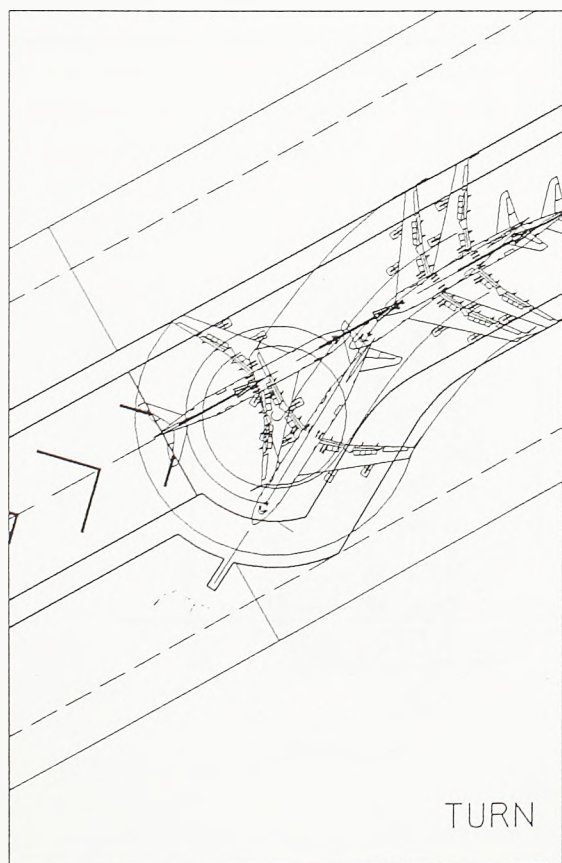
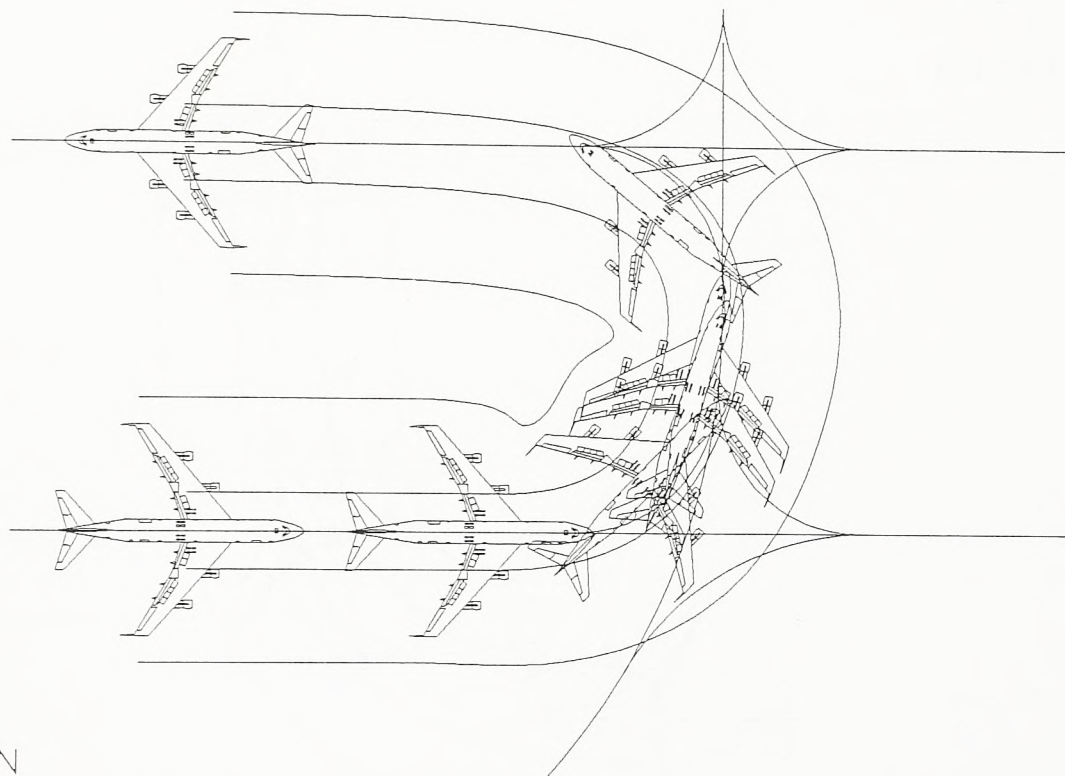
Uklapanje obaveznih linija u Deloneovu triangulaciju

4.3.2. Projektovanje elemenata situacionog plana - modul PLAN

Ova celina, kao što i samo ime kaže, namenjena je projektovanju u situacionom planu. Projektovanje airside-a u planu pokriveno je paketom AeroCAD, predstavljenim u poglavlju 4.2. ovog rada. S obzirom na broj osobenosti vezanih za projektovanje situacionog plana airside-a (simulacija kretanja vazduhoplova, projektovanje linija vodilja vazduhoplova, projektovanje posebnih oblika ivične geometrije, iscrtavanje horizontalne markacije, postavljanje svetlosne signalizacije itd.), potpuno je opravdano da ovaj paket bude nezavisan. No, i pored toga novi programski paket AeroCAD 3D i prethodno razvijeni paket AeroCAD, razvijeni su na istim metodološkim osnovama i tehnološki su kompatibilni.

Slike 4-15 i 4-16 pokazuju primenu AeroCAD-a. Linije vodilje i ivične linije manevarskih površina i platformi, do kojih se dolazi primenom komandi AeroCAD-a, predstavljaju neophodan input za rad sa paketom AeroCAD 3D i ovim će linijama biti određene strukturne linije prostornog modela. Prostorni model airside-a formira se tako što se duž osovina poletno-sletnih i rulnih staza u planu i sa zadatim podužnim profilima razviju triangulisane mreže površina kolovoza, bankina (shoulder-a) i osnovnih staza. Na ukrštajima se ove mreže koriguju prema fillet-ima (specijalnim oblicima ivične geometrije u krivinama rulnih staza) definisanim u situacionom planu. Spoljne ivice triangulisane mreže kolovoza u zoni ukrštaja vezuju se za ivičnu geometriju u planu, a sama mreža pri tom zadržava oblik koji se može izvesti finišeom i koji se može efikasno odvodnjavati. Na isti način modeliraju se proširenja u zoni okretnica na poletno-sletnoj stazi i brze izlazne rulne staze. Pri projektovanju prostornog modela platforme nad njenom plan projekcijom, naročita se pažnja poklanja linijama vodiljama parking modula i modelima parkiranih aviona. Raspored modula parkiranja utiče na šemu preloma platforme i formiranje slivnih područja. Platforma se prelama tako da podužni nagib u pravcu krila aviona dozvoli neometano tankiranje aviona. Takođe se mora sprečiti i eventualno plavljenje fiksnih instalacija za snabdevanje aviona gorivom. Sam položaj fiksnih instalacija određuje se prema modelu parkiranog aviona. I svi ostali podaci potrebni za donošenje ovih odluka nalaze se u plan projekciji airside-a dobijenoj primenom AeroCAD-a.

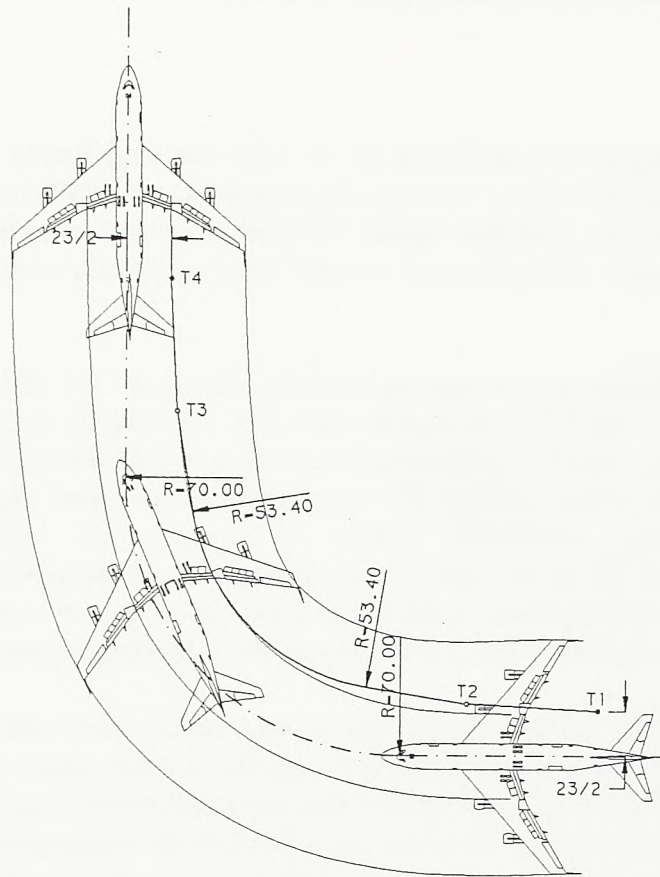
Na slici 4-15 prvo je pokazana primena komande AVION. Po pozivu ove komande pokreće se program koji simulira kretanje aviona duž interaktivno izabrane osovine. Ovim se programom može simulirati kretanje unapred ili kretanje unazad. Kretanjem unazad simulira se potiskivanje aviona sa parking pozicije. Tačka kojom avion prati izabranu liniju može se usvojiti na poziciji kabine ili na poziciji nosnog točka. Tačka praćenja na poziciji kabine usvaja se pri simulaciji kretanja aviona duž osovina rulnih staza, a praćenje nosnim točkom primenjuje se na platformi i na okrentici. Manevri parkiranja i okreta najčešće se izvode čistim rotacijama tokom kojih ugao zaokreta nosnog točka ostaje konstantan. Tokom simulacije kretanja program generiše i trajektorije na zadatim odstojanjima (marginama) od spoljnih ivica točkova u glavnom stajnom trapu i od vrhova krila. Na osnovu rezultata simulacije kretanja vazduhoplova utvrđuje se geometrija ivičnih linija, proverava prohodnost novih tipova vazduhoplova u postojećem sistemu rulnih staza itd.



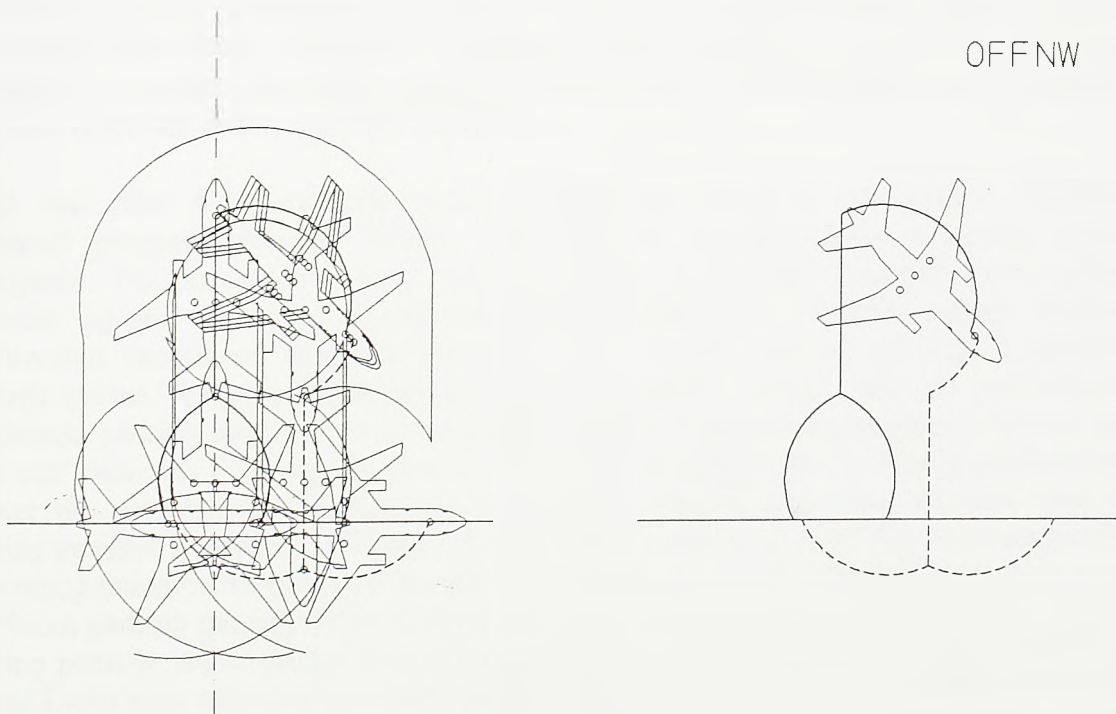
Sl.4-15.

Primena komandi AeroCAD-a (prvi deo)

FILTAX



OFFNW



Sl.4-16.

Primena komandi AeroCAD-a (drugi deo)

Komanda TURN (donji levi deo slike 4-15) namenjena je projektovanju okretnice na poletno-sletnoj stazi. Proračunska osnova preuzeta je iz odgovarajućih francuskih propisa [L.46] koji ovaj element airside-a tretiraju veoma detaljno. Na osnovu zadatog modela aviona i ugla otklona okretnice, a na osnovu manevra čiste rotacije, generiše se linija vodilja okreta.

Donji desni deo slike 4-15 pokazuje primenu programa za generisanje plana brze izlazne rulne staze. Program se pokreće pozivom komande EXITAX i njime se, na osnovu kodnog broja, nadmorske visine, referentne temperature, i brzina aviona nad pragom i na izlazu, pozicioniraju brze izlazne rulne staze duž poletno-sletne staze i generiše njihova bazična geometrija. Za osnovu se uzima standardna geometrija preporučena odgovarajućom međunarodnom regulativom [L.56], mada se mogu primeniti i neki modifikovani oblici. Propisi ovaj element airside-a tretiraju kao kritičan i stoga, zbog stečenih navika pilota, standardno rešenje preporučuju gde god je to moguće.

Gornjim delom slike 4-16 ilustrovana je primena programa za proračun i iscrtavanje fillet-a, proširenja rulne staze u krivini, koji se pokreće pozivom komande FILTAX. Proračun se izvodi na osnovu diferencijalnih jednačina propisanih od strane ICAO [L.56]. Fillet može biti simetričan ili nesimetričan, prost ili složen. Prost fillet sastoji se od kružnog luka unutrašnje ivice, povučenog na odstojanje koje dozvoljava prolaz točkova glavnog stajnog trapa uz obezbeđenje odgovarajućeg zaštitnog odstojanja (margine), i dve duži koje, povučene sa proračunatog završetka proširenja na pravom delu rulne staze, ovaj luk tangiraju. Završeci proširenja označeni su tačkama T_1 i T_4 . Ako je rulnom stazom predviđen prolazak merodavnog aviona sa relativno dugom krutom bazom, tada se projektuje složen fillet. Tangente se sada prelamaju u tačkama T_2 i T_3 i dovode bliže trajektoriji određenoj marginom glavnog stajnog trapa. Uštede izražene kroz smanjenu površinu kolovoza ovde mogu biti znatne.

Donji deo slike 4-16 pokazuje manevar parkiranja simuliran komandom OFFNW. Pokrenuti program simulira "Offset Nose Wheel" manevar koji se izvodi čistim rotacijama. Tokom manevra nosni točak kreće se, ili pravim putanjama pod nulnim skretnim uglom, ili kružnim lukovima pod konstantnim skretnim uglom bliskim maksimalno mogućem. Program generiše linije vodilje parking pozicije i simulira kretanje aviona. Avion parkiran ovim manevarom precizno se poravnava po predviđenim osovinama parking pozicije i zauzima manje prostora. Moguće je generisati i "power in - push out" manevar i "power in - power out" manevar parkiranja. Na slici je predstavljen "power in - power out" manevar pri kome avion snagom sopstvenih motora ulazi na parking poziciju i napušta je. "Power in - push out" manevar predstavlja skraćenu verziju pokazanog manevra. Ovde avion sa rulne staze platforme izvodi rotaciju, poravnava se sa osovinom parking pozicije (aircraft stand-a) i ulazi na nju do predviđene dubine. Dubina parking pozicije mora omogućiti postizanje zaštitnog odstojanja između repa parkiranog aviona i vrha krila aviona koji prolazi rulnom stazom platforme. U ovom slučaju avion ne napušta platformu snagom svojih motora, već ga potiskuje traktor. Precizno poravnavanje aviona sa osovinom parking pozicije ovde će omogućiti precizno pozicioniranje aviomosta.

Pored projektovanja osovinske i ivične geometrije airside-a, paketom AeroCAD podržano je i postavljanje dnevnih i noćnih oznaka (horizontalne markacije i svetlosne signalizacije) manevarskih površina, a razvijene su i specifične tehnike editovanja

neophodne za projektovanje airside-a u planu. Tako je preostalo da se programima modula PLAN programskog paketa AeroCAD 3D za prostorno projektovanje aerodroma reše dva osnovna problema.

Prvo, geometrija osovina i ivičnih linija airside-a vrlo je gruba u poređenju sa geometrijom puteva. Osovine i ivične linije airside-a definišu pravci i kružni lukovi. Paketom AeroCAD podržano je projektovanje i nekih elementarnih oblika putne geometrije ali su te opcije prvenstveno namenjene projektovanju servisnih puteva airside-a. One, na primer, ne mogu odgovoriti zahtevima projektovanja denivelisanih raskrsnica landside-a. Tako je prvi zadatak bio da se računarskim programima modula PLAN pokriju složeniji oblici putne geometrije.

Metode prostornog projektovanja predstavljene poglavljem 3. predviđaju izvođenje različitih proračuna duž osovina objekata u planu, kao što su isecanje podužnog profila terena kroz zadatu osovina ili razvijanje prostornog modela linijskog objekta po osovini zadatoj planom i profilom. Stoga je bilo neophodno razviti tehnike povezivanja pravaca, kružnih lukova i klotoida (predstavljenih grafičkim entitetima LINE, ARC i POLYLINE) u osovine situacionog plana, kako bi se one kasnije mogle proračunski povezati sa podužnim i poprečnim profilom. To je bio drugi važan problem koji se postavio pri razvoju modula PLAN.

Upravo se kroz modul PLAN uspostavlja najdirektnija veza paketa za prostorno projektovanje aerodroma AeroCAD 3D sa paketom AeroCAD. Deo modula namenjen putnoj geometriji predstavlja dopunu paketa AeroCAD, a deo namenjen definisanju osovina predstavlja nadogradnju neophodnu za rad u tri dimenzije.

Pregled komandi modula PLAN sa njihovim kratkim opisom dat je na slici 4-17. Komande CC, CT, TC, CTC, 3R, ARA i CLOTHOFS predstavljaju dopunu AeroCAD-a namenjenu putnoj geometriji. Komande CC, CT i TC koriste se za međusobno spajanje kružnih lukova i pravaca varijacijama klotoide, pri čemu je jedan od elemenata fiksna, a drugi rotacioni. Komandom CC između dva kružna luka postavlja se kontinualna, jednoparameterska ili dvoparameterska S-kriva ili O-kriva, pri čemu je prvi kružni luk fiksna, a drugi se u položaj za povezivanje dovodi rotacijom oko izabrane tačke. Komanda CT namenjena je konstrukciji klotoide između fiksnog kružnog luka i pravca koji rotira oko izabrane tačke. Komanda TC namenjena je obrnutom slučaju - pravac je fiksna, a kružni luk rotira. Komandom CTC između dva fiksna kružna luka konstruiše se S-kriva ili C-kriva sa međupravcem između klotoida. Komandom 3R konstruiše se trocentrična kriva, a komandom ARA simetrična ili nesimetrična prosta putna krivina. Komanda CLOTHOFS namenjena je konstrukciji "paralele" klotoide. Komandom LBLHOR kotiraju se radijusi kružnih krivina i parametri klotoida.

Komanda DEFCL namenjena je povezivanju grafičkih entiteta LINE, ARC i POLYLINE u osovine. Pretraživanje osovina u grafičkom editoru podržano je komandom SHOWCL. Komandom STATION duž osovina ispisuju se stacionaže, a komandom STAOFS po tačkama u okolini osovine kotiraju se stacionaže i bočni pomaci u odnosu na osovina.

Postupci proračuna bazirani na primeni fiksnih i rotacionih elemenata trase razvijeni su na osnovama nemačke projektantske škole. Današnji su softveri uglavnom razvijeni na osnovama američke projektantske škole koja za osnovu proračuna uzima tangentni

PLAN
 CC
 CT TC
 CTC
 SR ARA
 CLOTHOFS LBLHOR
 DEFCL SHOWCL
 STATION
 STAOFS

"S" i "O" kriva

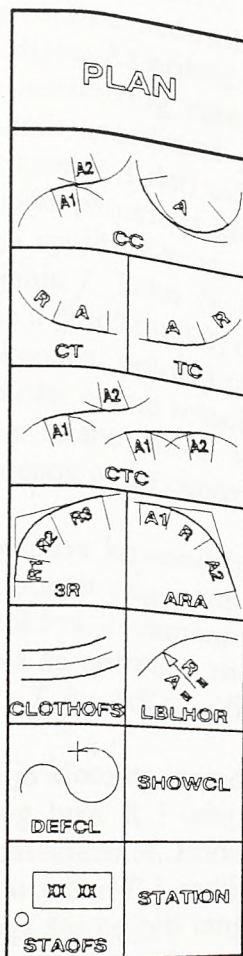
Klotoida sa fiksnog kruga
 na tangentu koja rotira

Trocentrična kriva

"Paralela" klotoide

Vezivanje elemenata
 plana u osovini

Kotiranje stacionže
 i bočnog pomaka



Klotoida sa fiksne tangente
 na krug koji rotira

"S" i "C" kriva
 sa međupravcem

Prosta putna krivina

Kotiranje elemenata
 situacionog plana

Pretraživanje osovina

Stacioniranje

poligon. Primenom fiksnih i rotacionih elemenata trase dolazi se do kontinualnih krivinskih oblika skladnijih u numeričkom, optičkom i vozno-dinamičkom smislu.

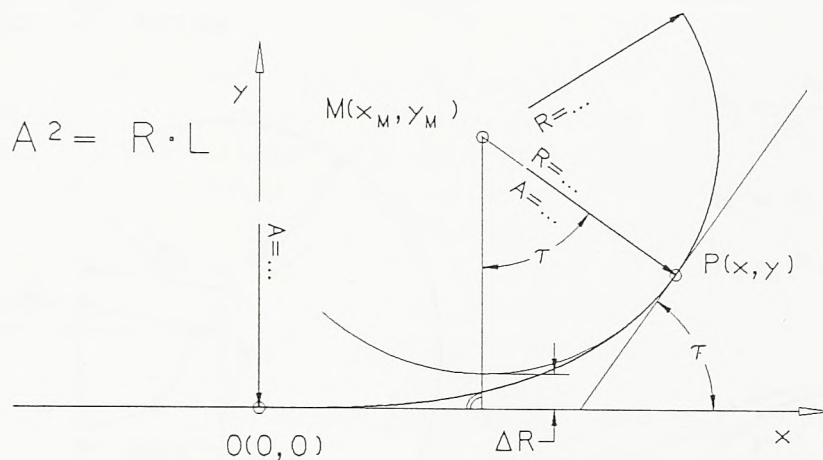
Slikama 4-18, 4-19 i 4-20 ilustrovani su principi proračuna bazirani na postupku rotacije elemenata. U gornjem delu slike 4-18 dati su elementarni parametri klotoide neophodni za postupak proračuna rotacije. Donjim delom slike ilustrovan je princip proračuna S-krive. Kružni luk sa centrom u tački M_1 i radijusom R_1 je fiksni, a krug sa centrom u tački M_2' i radijusom R_2 je rotacioni. Na osnovu međusobnog odstojanja kružnih lukova d i vrednosti takozvanog zamenjujućeg radijusa R_z približno se utvrđuje parametar S-krive A kojom će, uz minimalno pomeranje rotacionog elementa, ova dva kružna luka biti kontinualno spojena. Kako se do lokalnih koordinata po klotoidi dolazi beskonačnim redom, to ne postoji izraz koji će za parametar A dati tačno rešenje. Na osnovu približno predloženog parametra A zadaju se konačni parametri klotoide A_1 i A_2 za pojedine grane S-krive. Kako bi se kružni lukovi mogli spojiti S-krivom zadatih parametara, njihovi se centri moraju naći međusobnom rastojanju f . Tako će drugi krug rotirati oko izabrane tačke T sve dok se njegov centar ne nađe u položaju M_2 , odnosno na rastojanju f od centra M_1 . Postoji još jedan, teorijski moguć, konačni položaj centra drugog kruga. Na crtežu je on označen tačkom P . Za definitivni položaj centra rotacionog kruga, od dva alternativna, biće usvojen onaj koji se nalazi sa iste strane prave MT kao i prvobitni centar M_2' . Rotacija drugog kruga do položaja određenog ovim centrom biće manja.

Na slici 4-19 pokazana je proračunska osnova konstrukcije O-krive. Za fiksni je usvojen kružni luk većeg radijusa. Približni parametar odgovarajuće O-krive i ovde se nalazi uz pomoć početnog rastojanja kružnih lukova i zamenjujućeg radijusa. Za definitivno usvojeni parametar klotoide A sračunava se potrebno međusobno rastojanje centara f , a centar drugog kruga, rotacijom oko tačke T , dovodi se u finalni položaj M_2 .

U dnu slike 4-19 pokazana je konstrukcija klotoide između fiksnog kružnog luka i pravca koji rotira. Na osnovu radijusa kružnog luka R i odstojanja kružnog luka od pravca $d=m-R$ približno se određuje potrebni parametar A . Pravac će rotirati oko tačke T i uvek će biti tangentan na krug sa centrom u tački T i radijusa k koji je jednak početnom odstojanju pravca od te tačke. Pored toga što će biti tangentan na ovaj krug, definitivno rotirani pravac biće udaljen za $R+\Delta R$ od centra M fiksnog kruga. Pravac se u definitivnom položaju najjednostavnije fiksira tako da prođe tačkom koja se nalazi na pravoj iz tačke M , a koja sa pravom MT gradi ugao ε , i nalazi se na odstojanju $R+\Delta R$ od centra M , i tačkom koja se nalazi na pravoj iz tačke T , a koja sa pravom MT gradi ugao ε , i nalazi se na odstojanju k od tačke T .

U najvećem broju slučajeva trasa se postavlja između dve fiksne regulacije, odnosno dva fiksna elementa trase. Proračun polazi od početka trase i između prvog, fiksnog, elementa i drugog, koji rotira oko izabrane tačke, postavlja se prelaznica. Time se fiksira drugi element. Potom se prelaznica postavlja između drugog i trećeg elementa, pri čemu je drugi fiksni, a treći rotacioni. Potom se treći uzima za fiksni, a četvrti za rotacioni itd. Postupak uzastopnih rotacija sprovodi se do proizvoljnog mesta na trasi. Potom se polazi od suprotnog, takođe fiksnog, kraja trase. I ovde se prvi element sa kraja uzima kao fiksni, a drugi kao rotacioni, potom drugi kao fiksni, a treći kao rotacioni itd. Negde u središnjem delu trase ostaje element koji i sa jedne i sa druge strane za suseda ima fiksni element. Taj element treba dovesti na tačno određena odstojanja u odnosu na susede kako

Osnovni elementi klotoide



$$\tau = L / 2R$$

$$x = A\sqrt{2}\tau \left(1 - \frac{\tau^2}{5 \cdot 2!} + \frac{\tau^4}{9 \cdot 4!} - \frac{\tau^6}{13 \cdot 6!} + \dots \right)$$

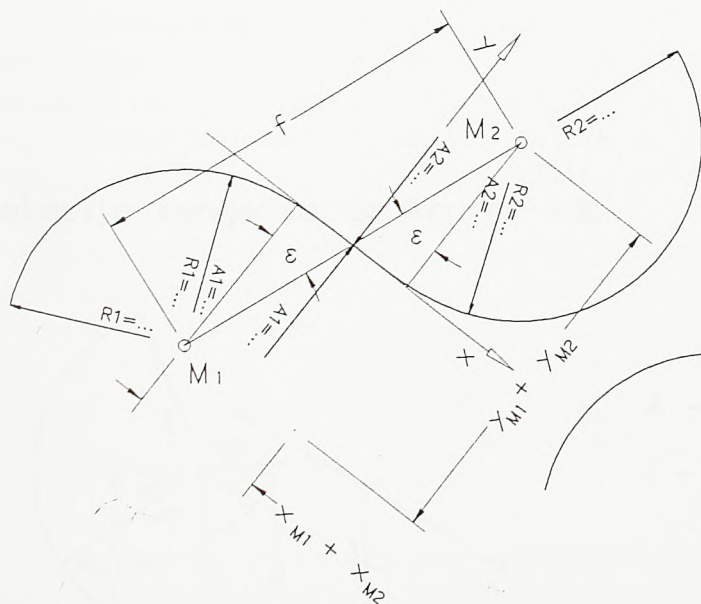
$$y = A\sqrt{2}\tau \left(\frac{\tau}{3} - \frac{\tau^3}{7 \cdot 3!} + \frac{\tau^5}{11 \cdot 5!} - \frac{\tau^7}{15 \cdot 7!} + \dots \right)$$

$$x_M = x - R \cdot \sin \tau$$

$$y_M = y + R \cdot \cos \tau$$

$$\Delta R = y_M - R$$

Konstrukcija "S" krive



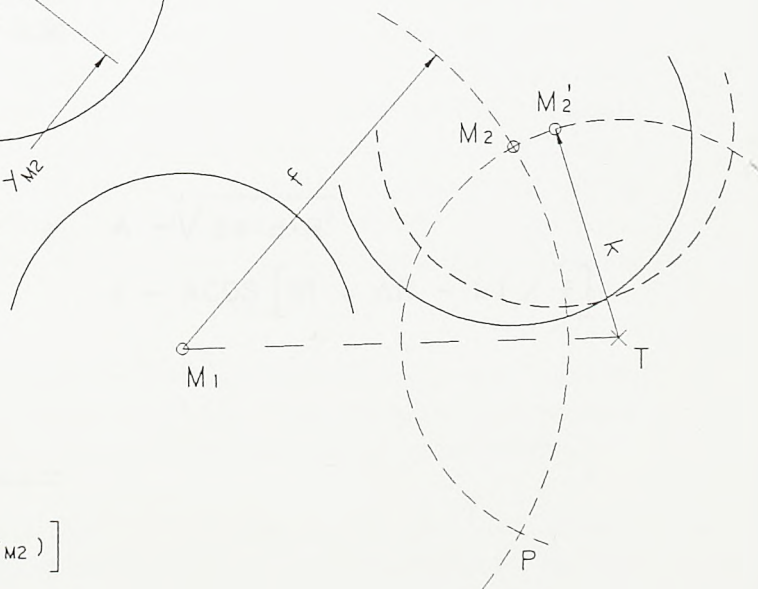
$$R_z = \frac{R_1 \cdot R_2}{|R_1 + R_2|}$$

$$d = \overline{M_1 M_2} - R_1 - R_2$$

$$A = 2.213 \cdot d^{0.25} \cdot R_z^{0.75}$$

$$f = \sqrt{(x_{M1} + x_{M2})^2 + (y_{M1} + y_{M2})^2}$$

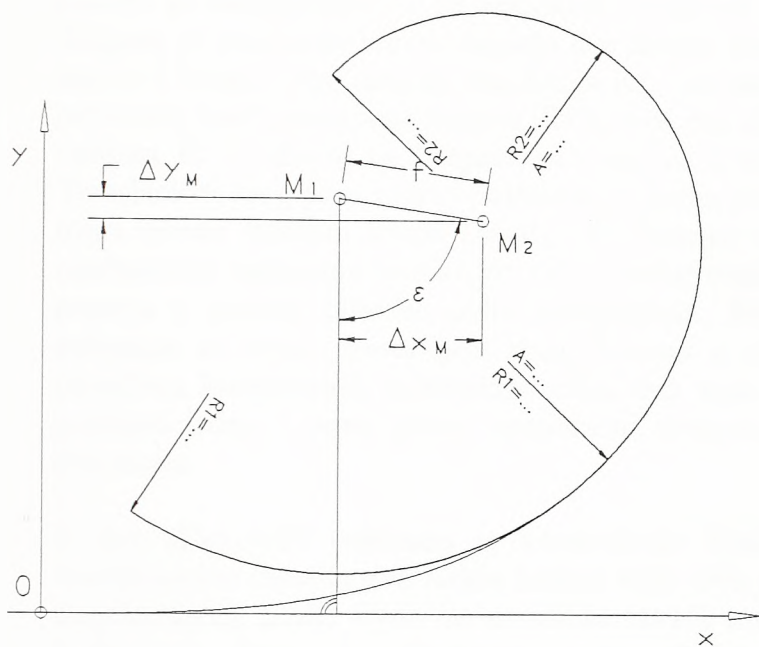
$$\varepsilon = \text{ATAN} \left[(x_{M1} + x_{M2}) / (y_{M1} + y_{M2}) \right]$$



Sl.4-18.

Konstrukcija krivinskih oblika baziranih na klotoidi (prvi deo)

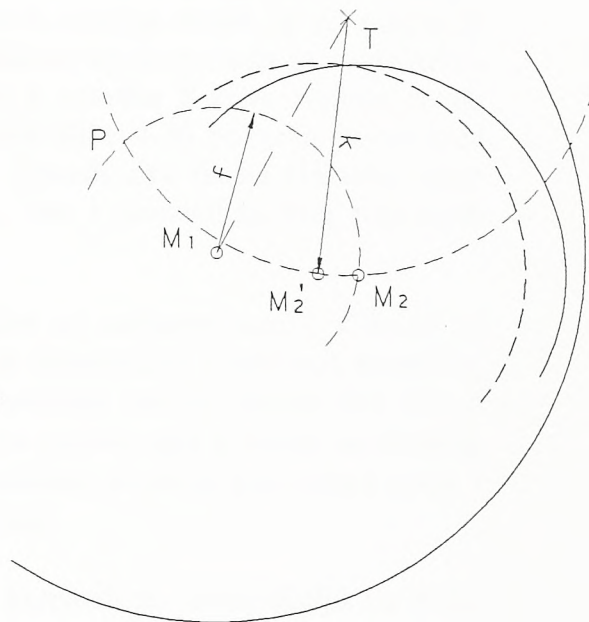
Konstrukcija "0" krive



$$R_z = \frac{R_1 \cdot R_2}{|R_1 - R_2|}$$

$$d = R_1 - \sqrt{M_1 M_2^2} - R_2$$

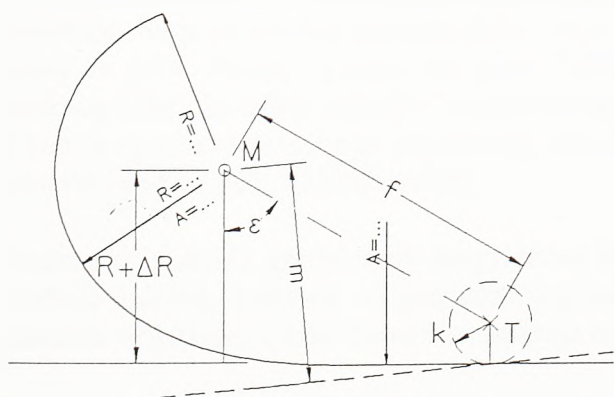
$$A = 2.213 \cdot d^{0.25} \cdot R_z^{0.75}$$



$$f = \sqrt{(x_{M1} - x_{M2})^2 + (y_{M1} - y_{M2})^2}$$

$$\varepsilon = \text{ATAN} \left[(x_{M1} - x_{M2}) / (y_{M1} - y_{M2}) \right]$$

Rotacija tangente uz kružni luk



$$A = \sqrt[4]{24 \cdot d \cdot R^3}$$

$$\varepsilon = \text{ACOS} \left[(R + \Delta R - k) / f \right]$$

Sl.4-19.

Konstrukcija krivinskih oblika baziranih na klotoidi (drugi deo)

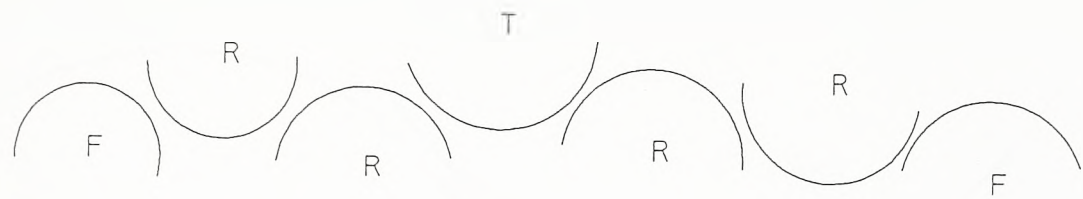
bi se između njih mogle uklopiti odgovarajuće prelaznice. Pomeranje ovog entiteta po pravilu je translaciono, a ne rotaciono. Ovde se pojavljuje veliki broj kombinacija. Moguće je translirati pravac između dva kruga, krug između dva pravca, krug između pravca i kruga, krug između dva kruga itd., pri čemu se susedni krugovi mogu naći u osnovnim konfiguracijama S-krive ili O-krive. Na slici 4-20 pokazana je translacija kruga radijusa R_2 u odnosu na krugove sa centrima u tačkama M_1 i M_3 i radijusa R_1 i R_3 . Translacioni krug prvo rotira i postavlja se prema prvom fiksnom krugu (M_1, R_1), a potom rotira prema fiksnom krugu (M_3, R_3). Na osnovu ovih rotacija dolazi se do potrebnih međusobnih rastojanja centara f_{12} i f_{32} . Centar translacionog kruga tada se interaktivno pomera u položaj određen ovim rastojanjima, M_2 , a susedne S-krive rotiraju se do naleganja na ovako postavljene krug. Šemom u vrhu slike 4-20 pokazan je redosled proračuna kontinualnih krivinskih oblika duž trase. Između dva fiksna elementa mora postojati jedan i samo jedan translacioni element, kao i proizvoljan broj rotacionih elemenata.

U dnu slike 4-20 pokazana je konstrukcija S-krive sa međupravcem i C-krive sa međupravcem između dva fiksna kružna luka. Ova je konstrukcija svojstvena američkoj projektantskoj školi. Ovde se, u suštini izvodi transliranje pravca između dva fiksna kružna luka. Pravac se u finalnom položaju fiksira na osnovu ugla ϵ , kojim se utvrđuje otklon normala iz centara krugova na sam pravac u odnosu na pravu koja centre spaja, i normalnih odstojanja pravca od pojedinih centara $R_i + \Delta R_i$.

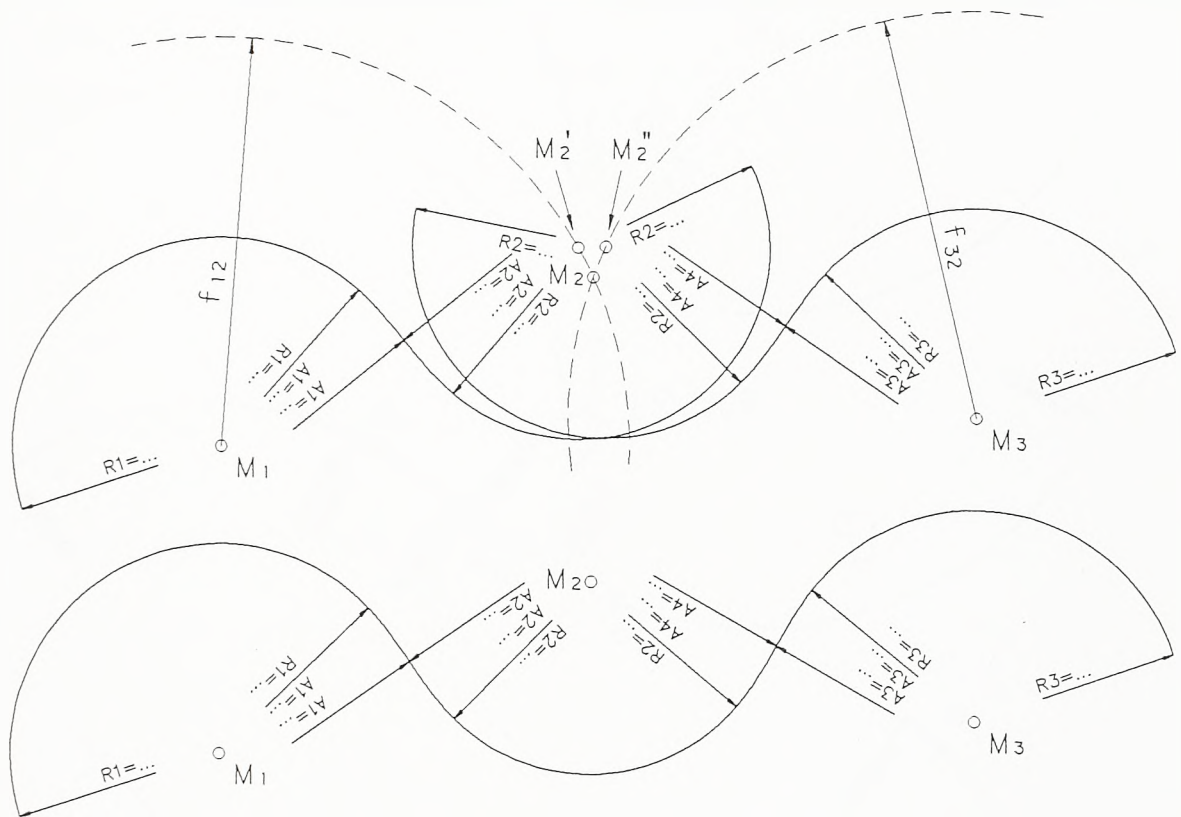
Slikama od 4-21 do 4-26 ilustrovana je primena komandi za konstrukciju različitih krivinskih oblika. Komanda CC za konstrukciju "S" i "O" krive pokazana je na slici 4-21. Grafički deo inputa ove komande čine dva kružna luka. Ukoliko su centri ovih lukova na odstojanju manjem od zbira njihovih poluprečnika program će pokušati da ih spoji O-krivom, a u suprotnom S-krivom. Prvi izabrani kružni luk biće fiksiran, a drugi će, nakon predlaganja parametara A i njihovog konačnog usvajanja, rotacijom oko zadate tačke biti doveden u položaj za spajanje prelaznicama sa prvim kružnim lukom. Za jedan isti međusobni položaj kružnih lukova moguće je postaviti dve "S" ili "O" krive identičnih parametara. Ove krive su simetrične, sa pravom koja prolazi centrima lukova kao osom simetrije. Koja će od dve moguće krive, leva ili desna, biti konstruisana odlučiće tačka u kojoj se prvi, fiksni, kružni luk bira. Tačka izbora e_1 određuje izlaznu stranu prvog kružnog luka. Za tačku rotacije t u primeru na slici izabran je obod objekta u blizini trase. Time je sprečeno prilaženje rotacionog elementa objektu tokom rotacije. Same klotoide generišu se kao POLYLINE entiteti.

Parametri klotoida generisanih programom koji je pozvala komanda CC, kao i radijusi kružnih lukova, kotirani su pozivom komande LBLHOR. Ispis radijusa i parametara klotoide orijetisan je tako da se čita sa kraja entiteta bližeg tački u kojoj se entitet bira.

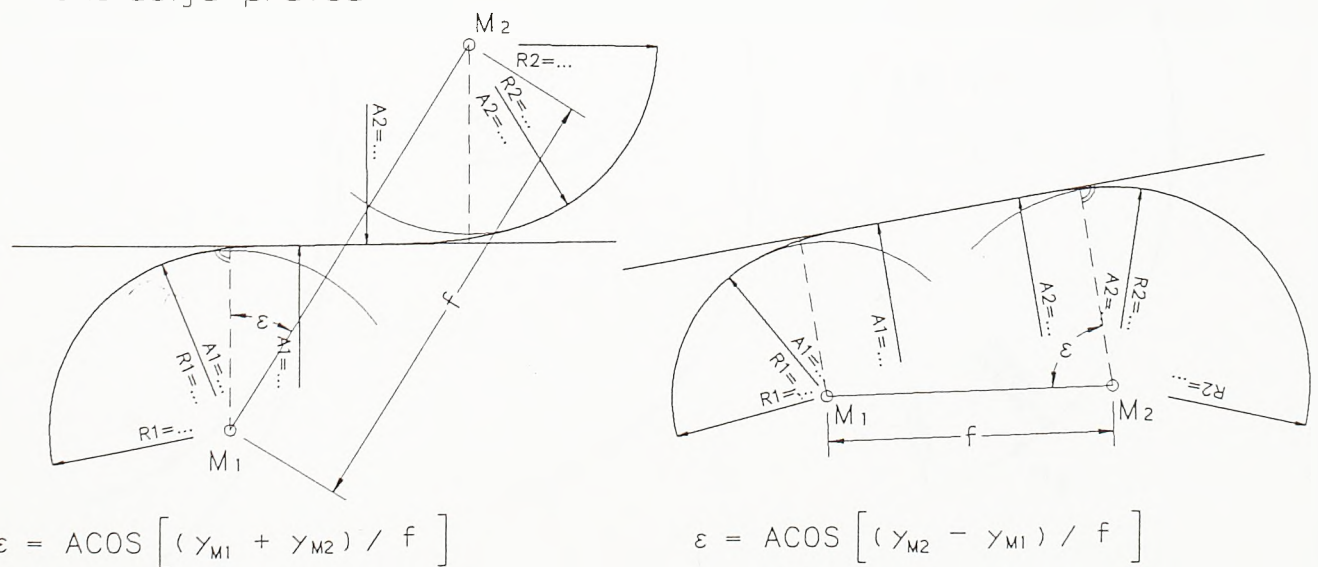
Radijusi i klotoide kotiraju se standardnim blokovima datim na slici 4-22. Po pozivu komande LBLHOR prvo se zadaje razmera umetanja blokova, a potom se bira niz entiteta koji se kotira. Osnovna razmera umetanja blokova (razmera 1) primerena je crtežu koji će na ploteru biti izrađen u razmeri 1:1000. Ukoliko se crtež izrađuje u razmeri 1:2500 tada bi se blokovi trebali uvećati 2.5 puta. Razmera umetanja grupa blokova kotiranja može se naknadno menjati komandom RESCALE modula UTILITY.



Translacija kružnog luka



Translacija pravca

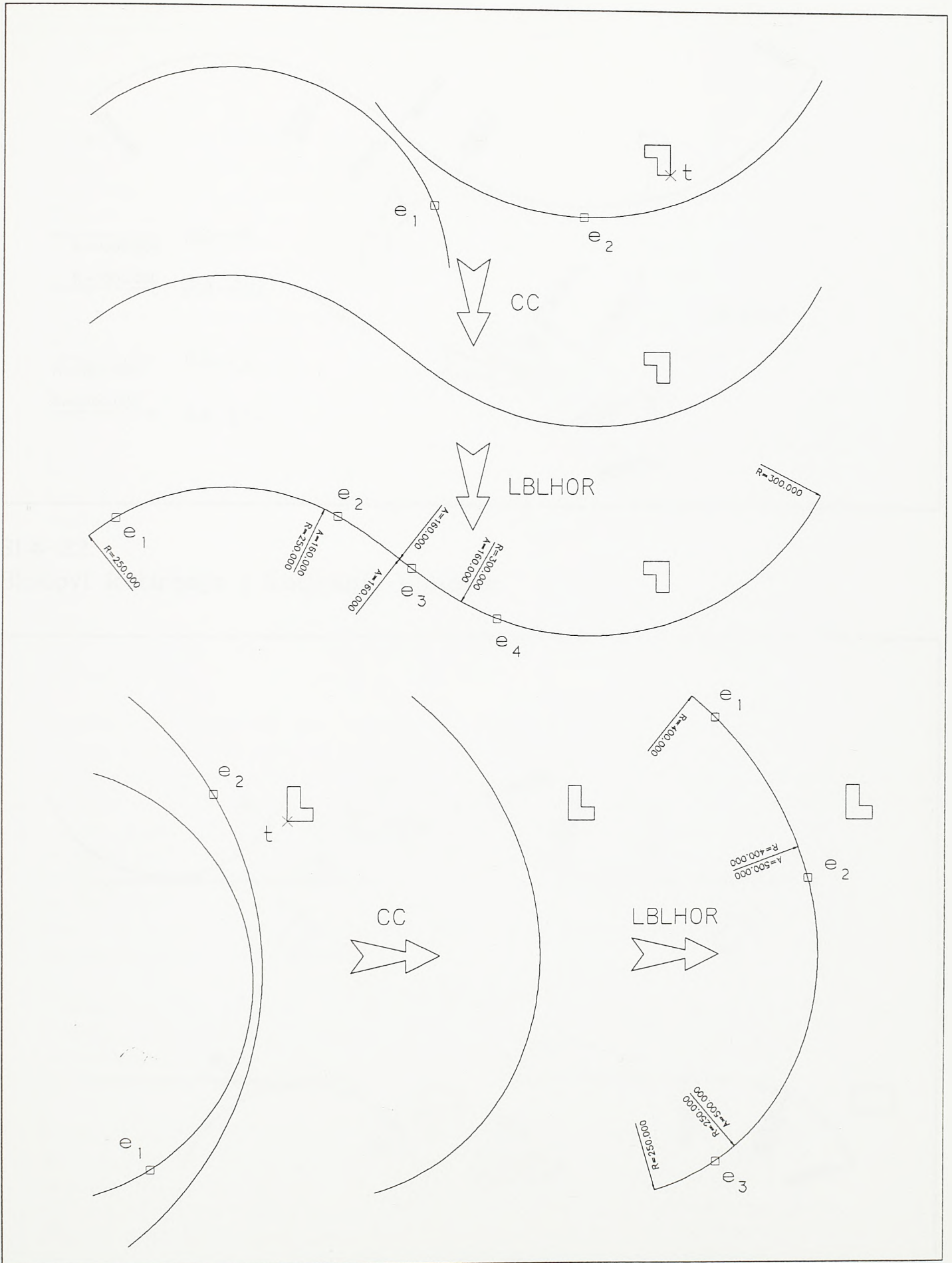


$$\varepsilon = \text{ACOS} \left[(\gamma_{M1} + \gamma_{M2}) / f \right]$$

$$\varepsilon = \text{ACOS} \left[(\gamma_{M2} - \gamma_{M1}) / f \right]$$

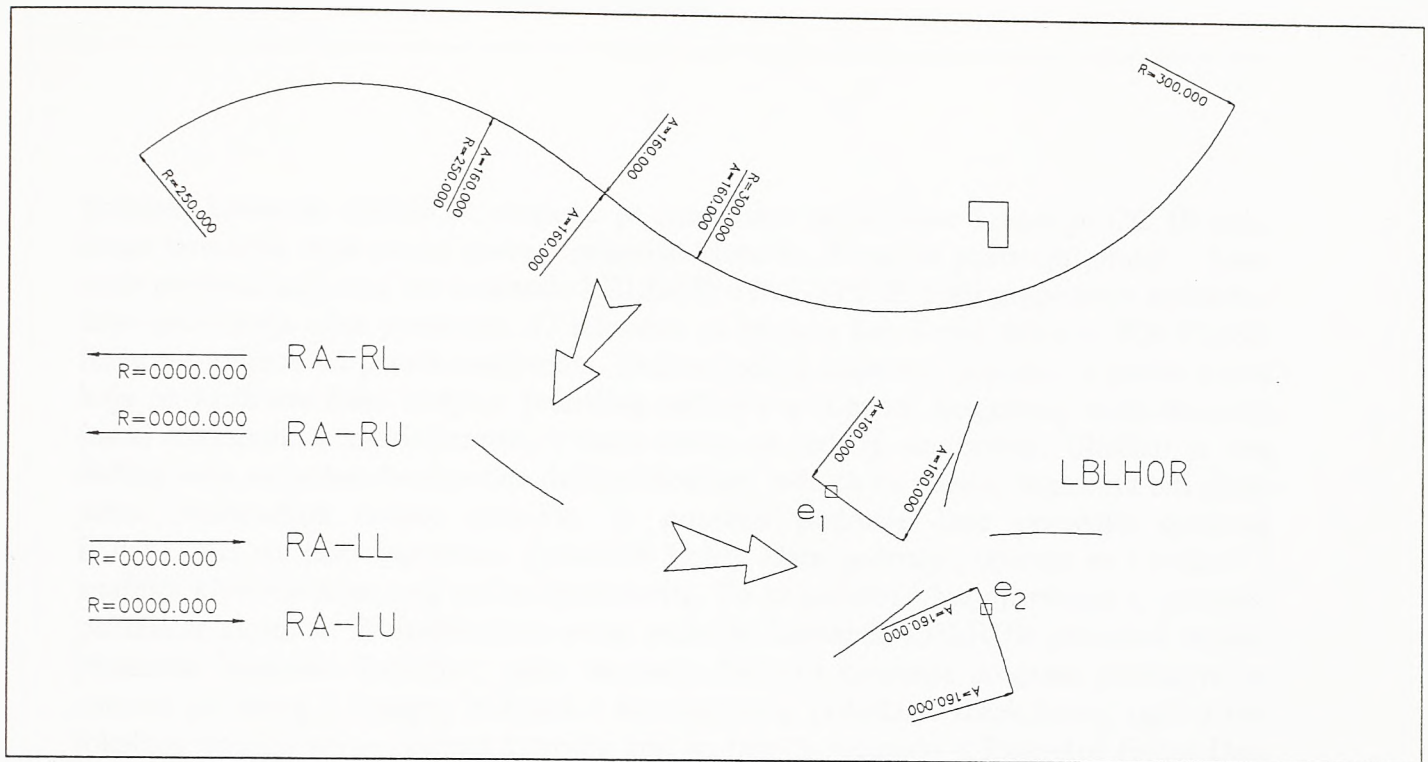
Sl.4-20.

Postavljanje translacionih elemenata horizontalne geometrije



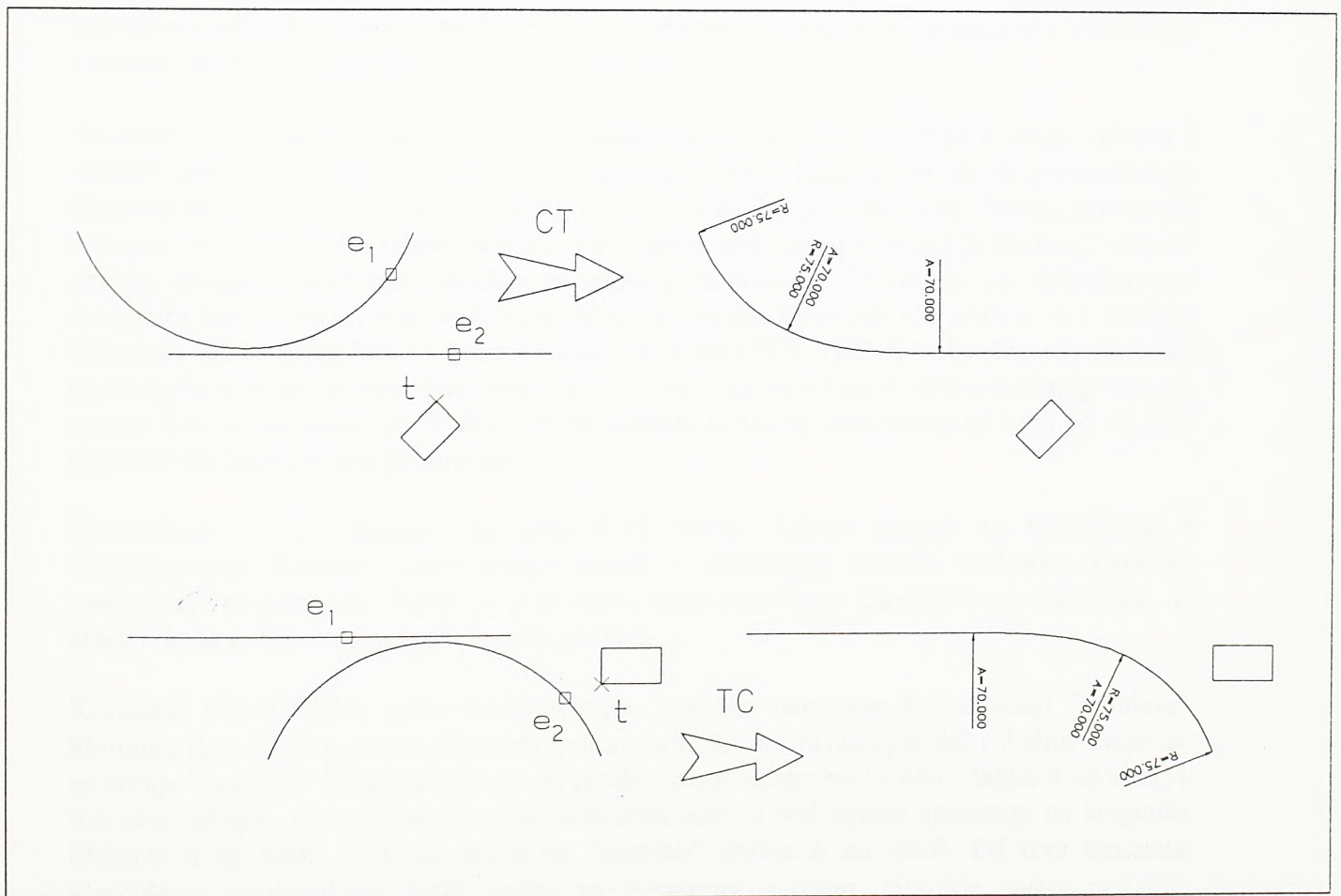
Sl.4-21.

Konstrukcija "S" i "O" krive i kotiranje elemenata situacionog plana



Sl.4-22.

Blokovi kotiranja i kotiranje klotoide



Sl.4-23.

Povezivanje kružnog luka i pravca klotoidom

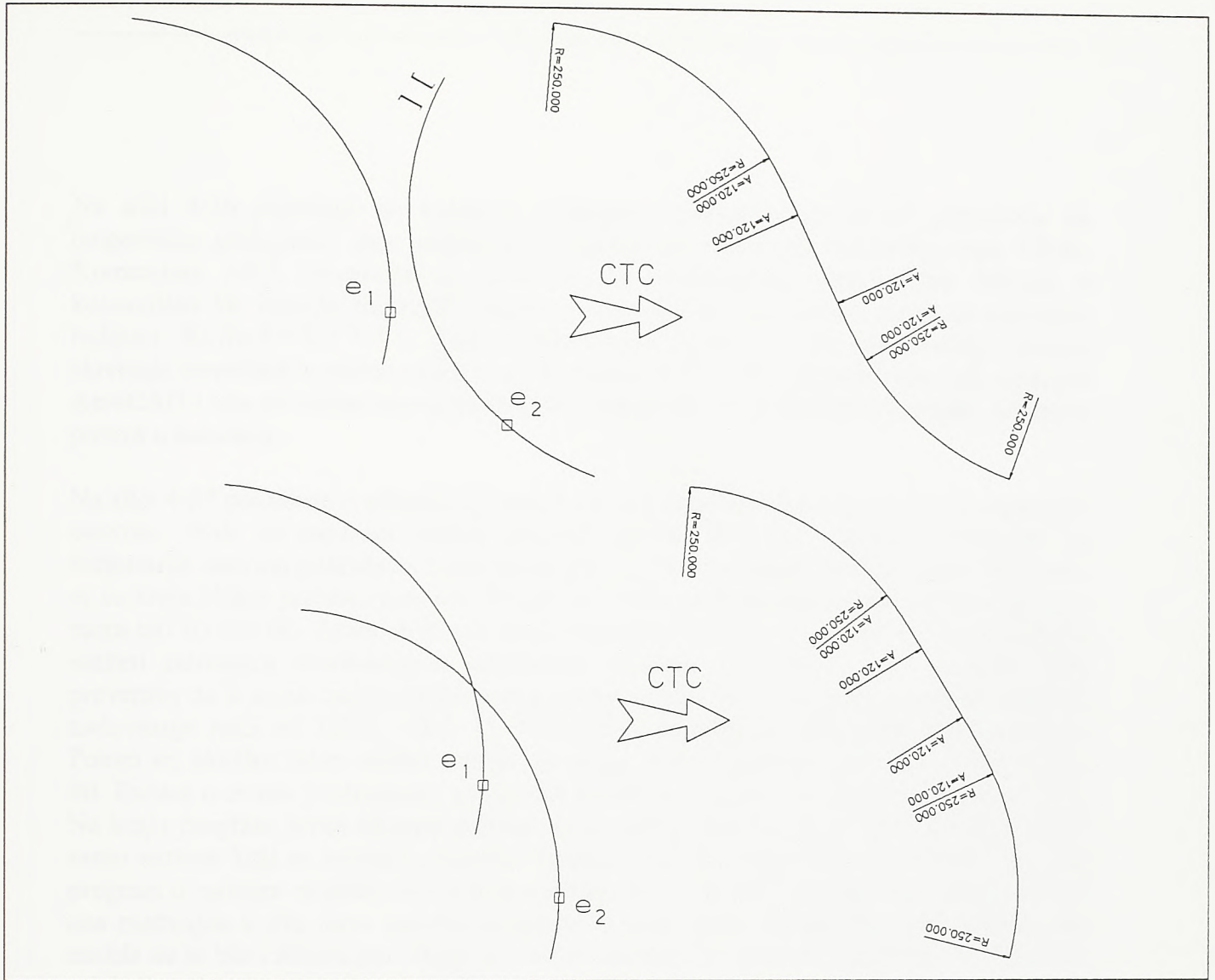
Primena komande LBLHOR potpuno je nezavisna od primene komande CC ili neke druge komande koja proračunava i generiše klotoide. Stoga se postavlja pitanje - kako onda program koji stoji iza komande LBLHOR u POLYLINE liniji prepoznaje klotoidu i kako prepoznaje njen parametar A ? Klotoida se iscrtava kao AutoCAD-ova POLYLINE linija sastavljena od pravih segmenata. Dužina jednog segmenta jednaka je dužini tetive koja na kružnom luku radijusa jednakog radijusu u izlaznoj tangentnoj tački klotoide (tački maksimalne zakrivljenosti) odseca strelu od jednog centimetra. Ukoliko je ova dužina veća od jedne dvadesetine dužine klotoide, tada će za dužinu segmenta biti uzeta jedna dvadesetina dužine klotoide. U posebno područje liste podataka ovakvog POLYLINE entiteta, takozvano Extended Entity Data područje, upisuju se i podaci o analitici klotoide koju ovaj entitet predstavlja. To su početni i krajnji radijus i , naravno, parametar klotoide. Pretraživanjem ovog područja komanda LBLHOR pronalazi traženi parametar klotoide. Poziciju i ugao umetanja blokova kotiranja program sračunava na osnovu početnog i krajnjeg radijusa i koordinatnog početka i direkcionog ugla x -ose lokalnog koordinatnog sistema klotoide koji su takođe sačuvani u Extended Entity Data području.

Na slici 4-22 jedna od klotoida S-krive iskopirana je na novu lokaciju. Potom je ova nova klotoida polarno kopirana pet puta upotrebom standardne AutoCAD-ove komande ARRAY. Zahvaljujući činjenici da je Extended Entity Data područje ovih entiteta popunjeno tako da podaci o lokalnom koordinatnom sistemu klotoide prate sve translacije i rotacije entiteta, program je korektno iskotirao i njih.

Na slici 4-23 pokazana je upotreba komandi za međusobno spajanje kružnih lukova i tangenti klotoidama. Komandom CT sa fiksnog kružnog luka konstruiše se prelaznica na tangentu koja rotira oko izabrane tačke, a komandom TC prelaznica sa fiksnog pravca na rotirajući kružni luk. Po izboru entiteta, na osnovu sračunatog odstojanja kružnog luka od pravca, program približno određuje potrebni parametar A . Potom se, po definitivnom usvajanju parametra A , vrši rotacija entiteta (u slučaju komande CT pravca, a u slučaju komande TC kružnog luka) i generiše klotoida u vidu POLYLINE linije. Između pravca i kružnog luka mogu se generisati dve iste klotoide, sa normalom iz centra kružnog luka na pravac kao osom simetrije. Tačka izbora entiteta kružnog luka određuje koja će od dve alternativne klotoide biti generisana.

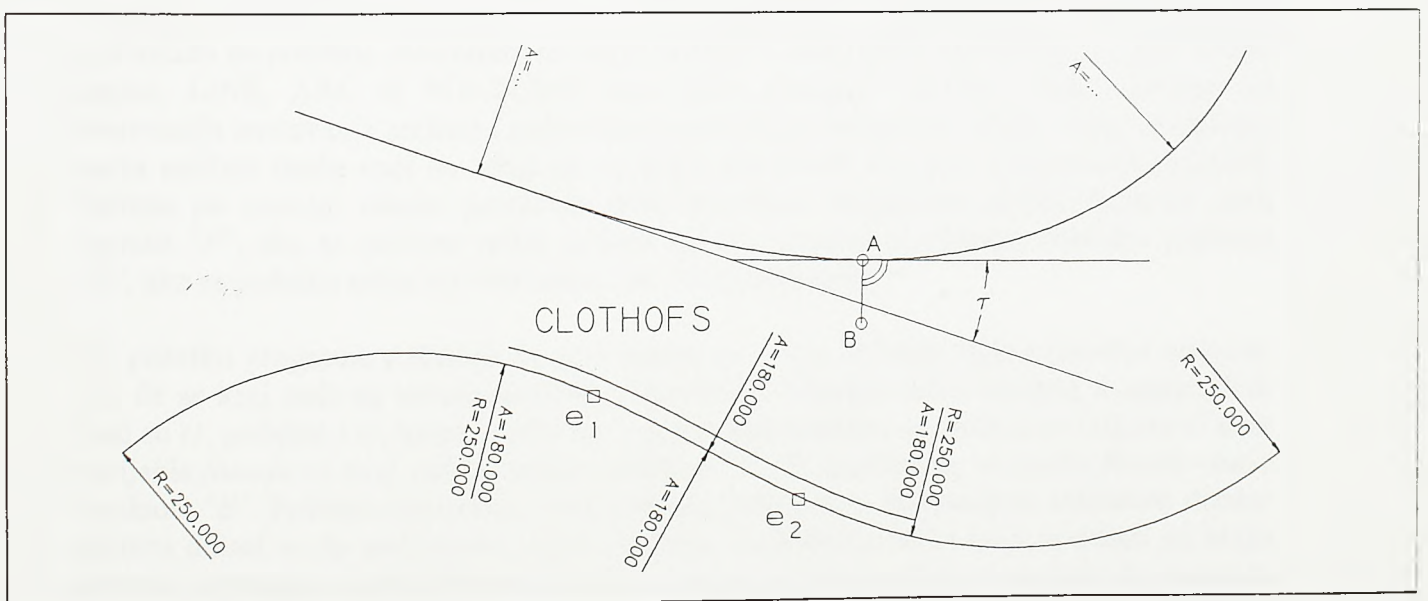
Komandom CTC, pokazanoj na slici 4-24, kružni lukovi spajaju se klotoidama i međupravcem. Kružni lukovi ostaju fiksni, a rastojanje između početaka klotoida premošćuje se pravcem. Time se, praktično, rešava problem translacionog elementa, u slučaju kada je taj translacioni element pravac.

Komanda CLOTHOFS (slika 4-25) pokreće program namenjen konstrukciji "paralele" klotoide. Kao što je poznato, klotoida nema analitički definisanu paralelu. Jedini način da se dobije "paralela" klotoide jeste da se prođe nizom tačaka po klotodi (tačka A na slici) i u svakoj od njih, na zadatom konstantnom odstojanju i pod uglom upravnim na tangentu klotoide u toj tački, pronađe tačka na "paraleli" (tačka B na slici). Pri tom tangenta klotoide u proizvoljnoj tački gradi sa lokalnom x -osom klotoide ugao $\tau=L/2R$. Geometrijsko mesto ovako određenih tačaka formira "paralelu" klotoide. Primenom komande CLOTHOFS konstruišu se ivične linije puta u zoni prelaznih krivina. U primeru na slici izabrane su klotoide e_1 i e_2 . Nad klotoidom e_1 konstruisana je spoljna, a nad klotoidom e_2 unutrašnja "paralela".



Sl.4-24.

Spajanje kružnih lukova klotoidama i međupravcem



Sl.4-25.

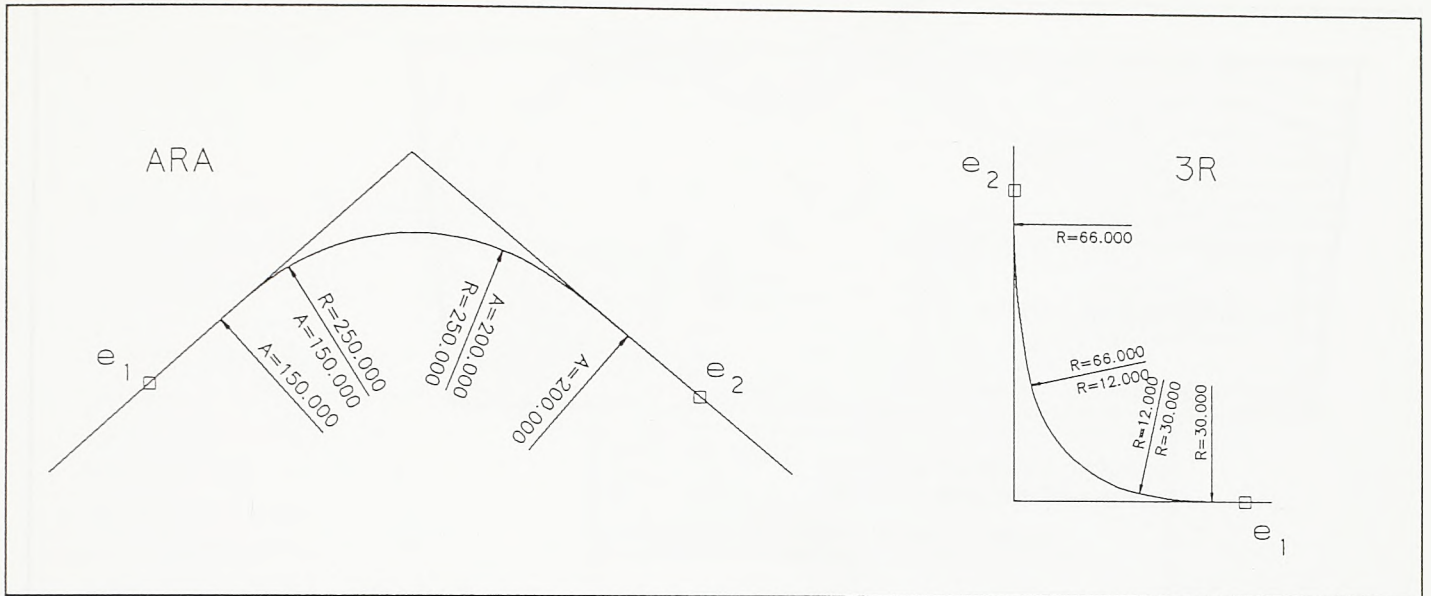
Konstrukcija "paralele" klotoide

Na slici 4-26 pokazane su komande namenjene projektovanju putne geometrije sa tangentnim poligonom kao osnovom. Tangente su definisane entitetima tipa LINE. Komandom ARA konstruiše se simetrična ili nesimetrična prosta putna krivina, a komandom 3R između izabranih tangenti konstruiše se trocentrična kriva sa odnosom radijusa $R_1:R_2:R_3=2.5:1:5.5$. Trocentrična kriva koristi se pri oblikovanju desnih skretanja površinskih putnih raskrsnica. Komande ARA i 3R pojavile su se još u paketu AeroCAD i bile su namenjene projektovanju jednostavnih geometrijskih oblika servisnih puteva u airside-u.

Na slici 4-27 pokazana je primena komandi za vezivanje entiteta u osovine i stacioniranje osovina. Ovde su nanizani entiteti kružnih lukova, klotoida i pravaca. Program za definisanje osovina pokreće se komandom DEFCL. Prvi element (entitet) osovine $e1$ bira se sa kraja bližeg početku osovine. Potom se zadaje početna stacionaža osovine koja ne mora biti $0+000.00$. Zatim se biraju ostali elementi osovine. U slučaju na slici biraju se entiteti zahvaćeni četvorouglokom određenim obodnim tačkama $t1$ i $t2$. Program tada proverava da li se na krajnju tačku prvog entiteta, dalju od one u kojoj je entitet izabran, nadovezuje neki od LINE, ARC ili POLYLINE entiteta iz izabranog skupa entiteta. Potom se, ukoliko takav entitet postoji, na njega nadovezuje treći, na treći entitet četvrti itd. Podaci o ovako postrojenim entitetima osovine upisuju se u datoteku osovine *.hcl. Na kraju program javlja ukupnu dužinu ovako definisane osovine, "gasi" ekran i "pali" samo entitete koji se nalaze u sastavu osovine. Tada je moguće prekontrolisati da li je program u osovinu uključio sve željene entitete. Da se na kraju nekog od entiteta osovine ona razdvojila u dve nove osovine, program bi tada pošao putem koji prvi sračuna, što možda ne bi bio i željeni put. Stoga je u ovim delikatnim zonama neophodna pojedinačna selekcija pri zadavanju skupa entiteta.

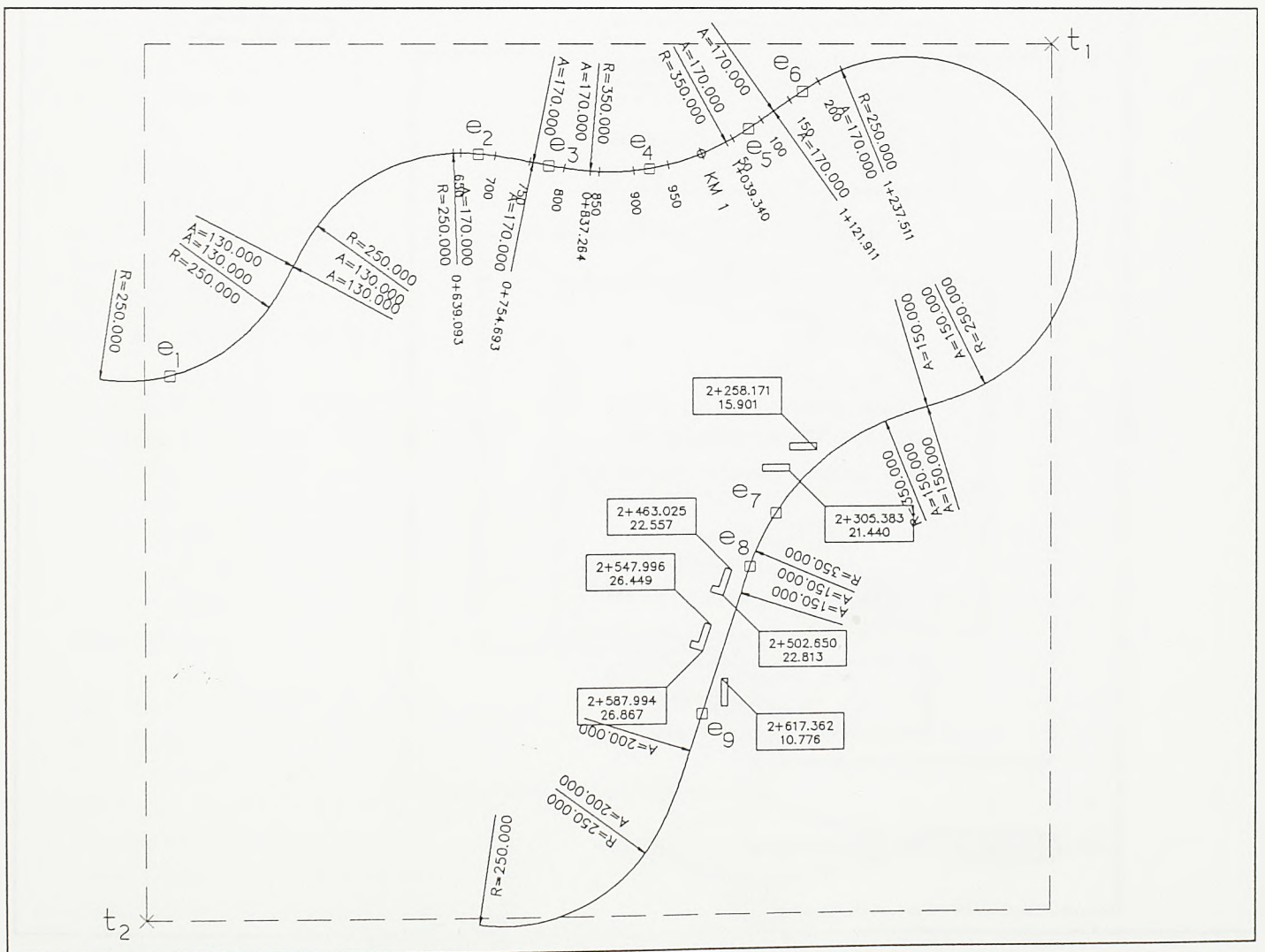
Na slici 4-28 dat je algoritam vezivanja entiteta u osovinu. Cilj proračuna je da se entiteti postroje u odgovarajuću datoteku istim redosledom kojim se nadovezuju u osovinu. Svaki član liste sadržaće četiri podatka o entitetu: jedinstveni identifikator (handle) entiteta, stacionažu na početku, stacionažu na kraju entiteta i orijentaciju entiteta po osovini. Svaki entitet, LINE, ARC ili POLYLINE ima svoju početnu i krajnju tačku, zavisno od konvencija iscrtavanja entiteta i redosleda konstrukcije krivinskih oblika. Tako se početna tačka entiteta može naći na višoj ili na nižoj stacionaži osovine. Orijehtacija pojedinih entiteta po osovini tokom proračuna biće određena varijablom $fbcode$ koja će uzeti vrednost "F", ako se početna tačka entiteta nalazi na nižoj stacionaži, odnosno vrednost "B", ako se početna tačka entiteta nalazi na višoj stacionaži.

Na početku programa pokazuje se prvi entitet $en1$, i to sa kraja bližeg početku osovine. Taj će se kraj naći na zadatoj početnoj stacionaži. Obodne tačke entiteta u numeričkoj bazi su $t1$, početna i $t2$, krajnja. Ako se izabrani kraj poklapa sa početnom tačkom $t1$ tada varijabla $fbcode$ za ovaj entitet uzima vrednost "F". U suprotnom, varijabla $fbcode$ uzeće vrednost "B". Početna stacionaža ovog entiteta zadata je, a dodavanjem sračunate dužine entiteta dolazi se do stacionaže njegovog kraja. Koordinate tačke koja se nalazi na kraju entiteta suprotnom od izabranog početka osovine odrediće tačku tp na koju će program nadovezati ostale entitete osovine. Jedinstveni identifikator ovog entiteta, njegova početna i krajnja stacionaža, kao i vrednost varijable $fbcode$, formiraju prvi član liste $axlist$ koja će na kraju proračuna okupiti sve entitete koji ulaze u sastav osovine. Potom se bira skup entiteta, potencijalnih kandidata za elemente osovine. Ovaj skup predstavljen je listom



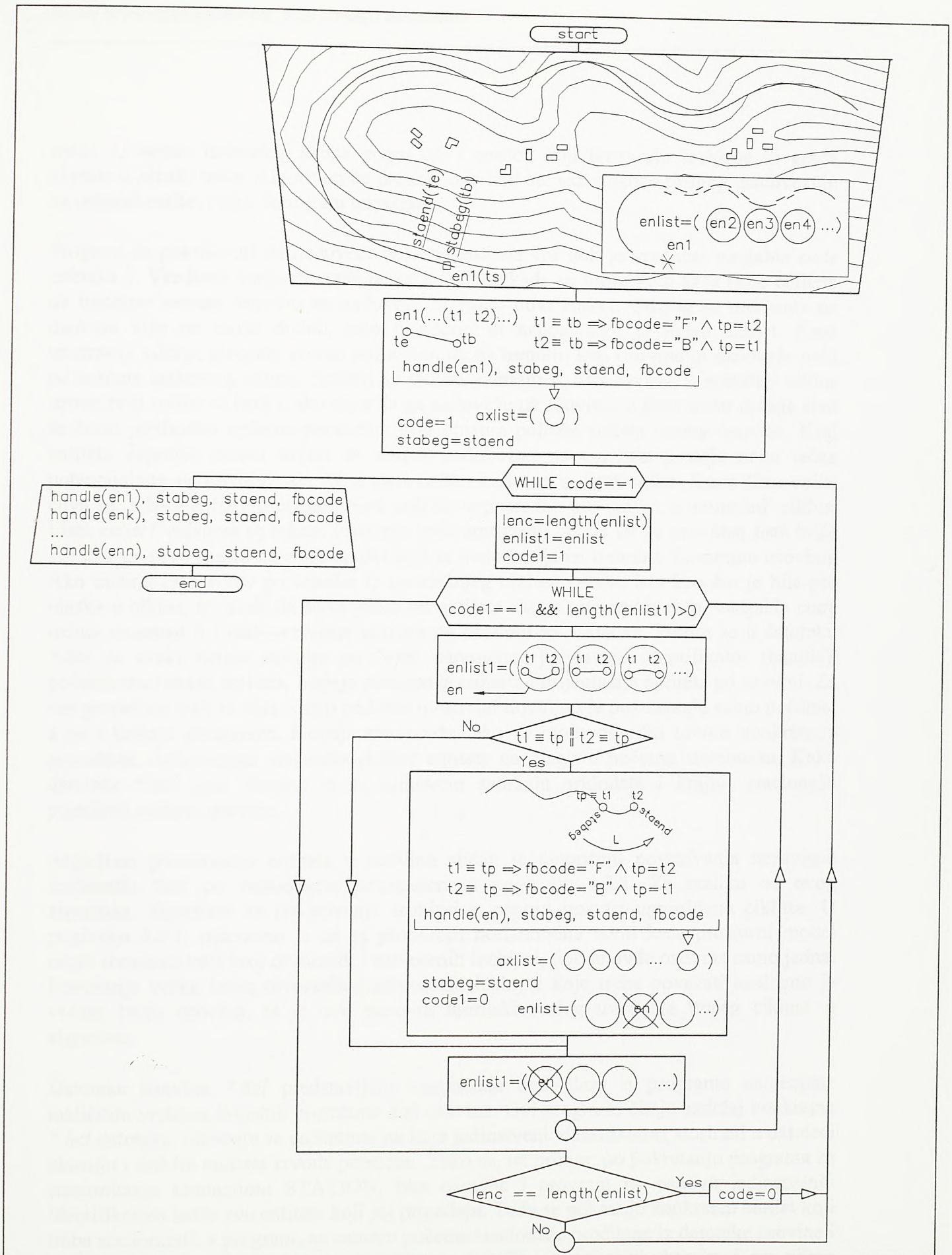
Sl.4-26.

Konstrukcija proste putne krivine i trocentrične krive



Sl.4-27.

Vezivanje entiteta u osovину i stacioniranje – primena komandi DEFCL, STATION, i STAOFCS



Sl.4-28.

Algoritam vezivanja entiteta u osovinu situacionog plana

enlist. U sastav izabranog skupa mogu ući i entiteti koji formiraju izohipse ili grade objekte u blizini trase. Algoritam će pronaći one koji se, jedan preko drugog, nadovezuju na početni entitet i tako formiraju osovinu.

Program će pokušavati da nadoveže neki od entiteta sve dok je vrednost varijable *code* jednaka 1. Vrednost varijable *code* postaće 0 onda kada se prolaskom kroz skup entiteta na trenutno vezanu osovinu ne nadoveže ni jedan novi entitet. Od tog se momenta na osovinu više ne može dodati, bilo posredno ili neposredno, ni jedan entitet. Kroz unutrašnji ciklus, program redom pokušava, da na trenutni kraj osovine *tp* nadoveže neki od entiteta izabranog skupa. Entiteti se redom uzimaju iz liste *enlist1*. Unutrašnji ciklus uzima prvi entitet iz liste i, ako uspe da ga nadoveže na osovinu, u listu *axlist* dodaje član sa četiri prethodno opisana parametra koji opisuju položaj entiteta unutar osovine. Kraj entiteta suprotan onom kojim se entitet nadovezao na osovinu postaje nova tačka potencijalnog nadovezivanja *tp*, a sam entitet briše se iz liste *enlist*. Sama lista *enlist* čuva se, a lista *enlist1* preuzima njen sadržaj neposredno pre ulaska u unutrašnji ciklus. Lista *enlist1* uništava se tokom kruženja kroz unutrašnji ciklus jer se prvi član liste briše sve dok na prvo mesto ne dođe entitet koji se nadovezuje na trenutno formiranu osovinu. Ako dužina liste *enlist* po izlasku iz unutrašnjeg ciklusa ostane ista kao što je bila pre ulaska u ciklus, to znači da se ni jedan od entiteta skupa nije nadovezao, varijabla *code* uzima vrednost 0 i nadovezivanje entiteta na osovinu završava se. Potom se u datoteku **.hcl* za svaki entitet upisuju po četiri parametra: jedinstveni identifikator (*handle*), početna stacionaža entiteta, krajnja stacionaža entiteta i orijentacija entiteta po osovini. Za sve proračune koji za ulaz imaju podatke o osovini dovoljno je poznavanje samo početne, a ne i krajnje stacionaže. Krajnja stacionaža lako se može odrediti tokom konkretnog proračuna, dodavanjem sračunate dužine entiteta na njegovu početnu stacionažu. Kako datoteke **.hcl* nisu obimne to su njihovom sadržaju pridodate i krajnje stacionaže pojedinih entiteta osovine.

Algoritam povezivanja entiteta u osovinu sličan je algoritmu povezivanja nezavisno sračunatih duži po izohipsama pokazanom u poglavlju 4.3.1. Za razliku od ovog algoritma, algoritam za povezivanje izohipsi u osnovi ima tri ugnježdene ciklusa. U poglavlju 4.3.1. pokazano je da se prodorom horizontalne ravni kroz prostorni model može formirati veći broj otvorenih i zatvorenih izohipsi, dok je ovde osovinu samo jedna. Postojanje većeg broja otvorenih i zatvorenih izohipsi koje treba povezati analogno je većem broju osovine, te je ovo osnovni teorijski razlog uvođenja trećeg ciklusa u algoritam.

Datoteke osovine **.hcl* predstavljaju neophodan deo ulaza u programe namenjene različitim vrstama linijskih proračuna duž osovine. Ovi programi čitaju sadržaj konkretne **.hcl* datoteke, obraćaju se entitetima na koje jedinstveni identifikatori storirani u datoteci ukazuju i duž tih entiteta izvode proračun. Tako se, na primer, po pokretanju programa za stacioniranje komandom STATION, bira osovinu i program na osnovu jedinstvenih identifikatora ističe sve entitete koji joj pripadaju. Tada se pokazuje konkretan entitet koji treba stacionirati, a program, na osnovu početne stacionaže pročitane iz datoteke osovine i oblika entiteta, duž njega računa pozicije okruglih stacionažnih koraka i po njima postavlja blokove stacioniranja. Osnovnu numeriku osovine ne čuvaju datoteke, već entiteti koji osovinu čine i stoga ih treba čuvati. Ukoliko se nepažnjom neki od entiteta osovine obriše, moguće ga je povratiti pozivom komande CHKFILE modula UTILITY.

Na slici 4-27 pokazana je i primena komandi STATION i STAOFS. Već je rečeno da program pokrenut komandom STATION duž pojedinih entiteta izabrane osovine postavlja blokove stacioniranja.

Komandom STAOFS kotiraju se stacionaže i bočni pomaci (station and offset) izabranih tačaka u odnosu na zadatu osovinu. Na slici 4-27 iskotirane su stacionaže i bočni pomaci tačaka po obodima objekata u zoni entiteta *e7*, *e8* i *e9*. Prvo je izabrana datoteka osovine, a potom su birane tačke. Ovaj se postupak najčešće koristi za markiranje prostornih ograničenja radi njihovog prenosa u podužni profil. Prvo se odrede tačke u neposrednoj blizini osovine koje treba da odrede njen položaj u podužnom profilu. Zatim se za te tačke, komandom PTSSET modula SETPOINT, vežu visinske kote. Potom se za iste tačke, komandom STAOFS, vežu pokazatelji stacionaže i bočnog pomaka. Na kraju se, tokom rada sa programima modula PROFILE za projektovanje podužnog profila, stacionaže i kote prenose u podužni profil i prema njima se postavljaju elementi vertikalne geometrije.

Program dozvoljava i obrnut postupak. Po izboru osovine zada se niz stacionaža i bočnih pomaka, a program pronade i iskotira njihove položaje. Tipičan primer primene drugog postupka vezan je za projektovanje traka za usporenje i ubrzanje u zoni denivelisane raskrsnice. U slučaju izlivne trake po pravilu se polazi od poznate stacionaže njenog kraja. Kraj izlivne trake određen je položajem klinastog odvajanja saobraćajne trake prema izlivnoj rampi. Komandom STAOFS prvo se kotira stacionaža i bočni pomak tačke u vrhu klina. Potom se istom komandom pokreće obrnut postupak: zadaje se ovako dobijena stacionaža umanjena za procenjenu dužinu izlivne trake, kao i odgovarajući bočni pomak i program na osnovu toga markira početak izlivne trake.

Blokovi markiranja i stacioniranja, kao i prethodno pomenuti blokovi kotiranja radijusa i parametara klotoida, mogu se prema potrebi reskalirati komandom RESCALE modula UTILITY. Tako se razmera umetanja, odnosno dimenzije ovih blokova, mogu primeriti svim razmerama finalne grafičke dokumentacije.

Geometrija kompleksnog površinskog objekta određena je većim brojem osovina u situacionom planu. Tako je i prostorni model aerodroma razvijen nad situacionim planom određenim osovinama airside-a ili landside-a. Stoga je ponuđena i komanda SHOWCL namenjena pretraživanju osovina. Po pozivu ove komande otvara se dijalog sa imenima datoteka raspoloživih osovina. Po izboru neke od njih, program "gasi" ekran i "pali" samo entitete izabrane osovine.

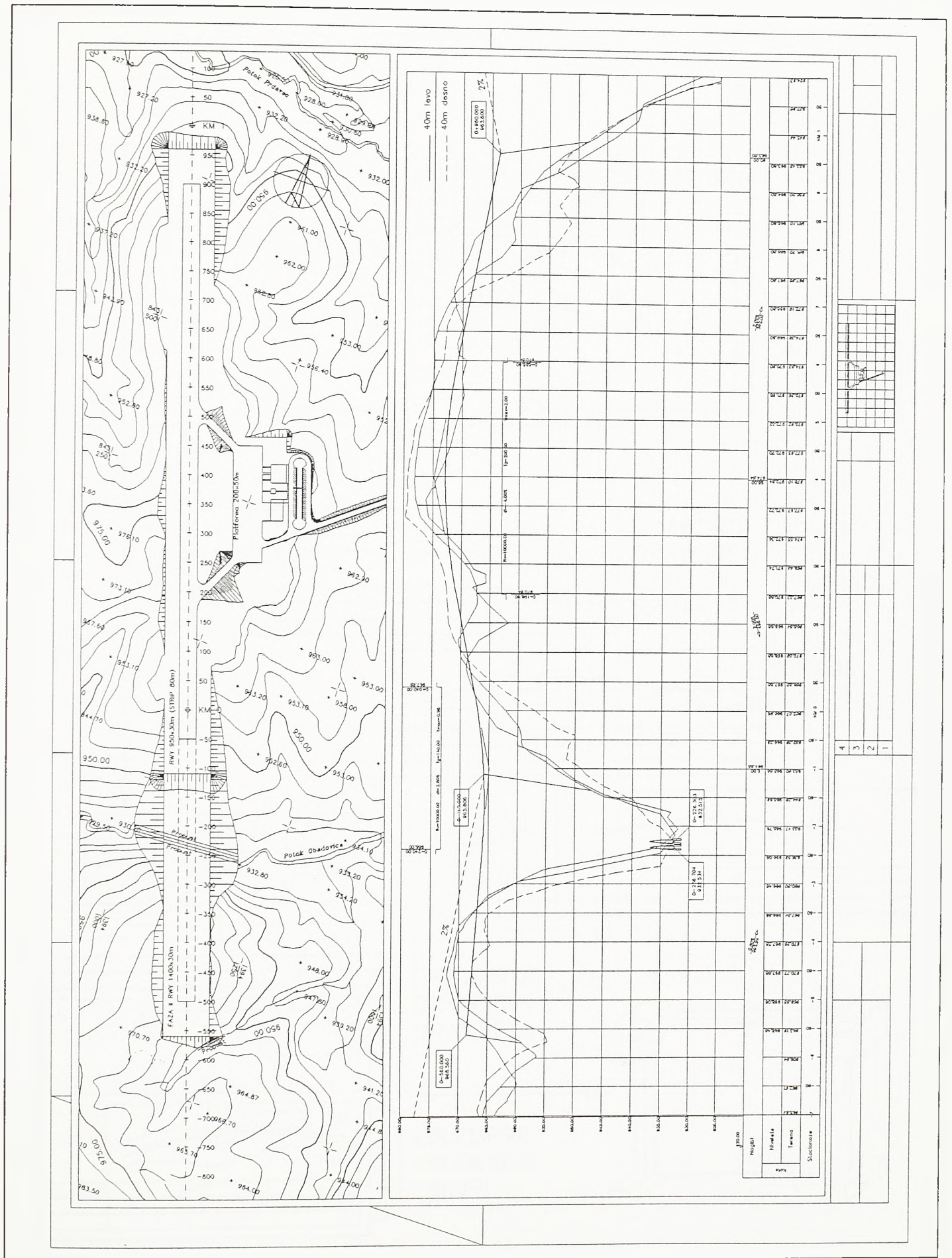
4.3.3. Projektovanje elemenata podužnog profila - modul PROFILE

Nakon što se programima modula PLAN trasa definiše u situacionom planu, pristupa se definisanju elemenata podužnog profila. Time se jednoznačno određuje prostorna kriva linija osovine u prostoru. Nakon toga se, kako je u poglavlju 3.4. pokazano, duž ovako definisane prostorne krive razvija trodimenzionalni model linijskog objekta.

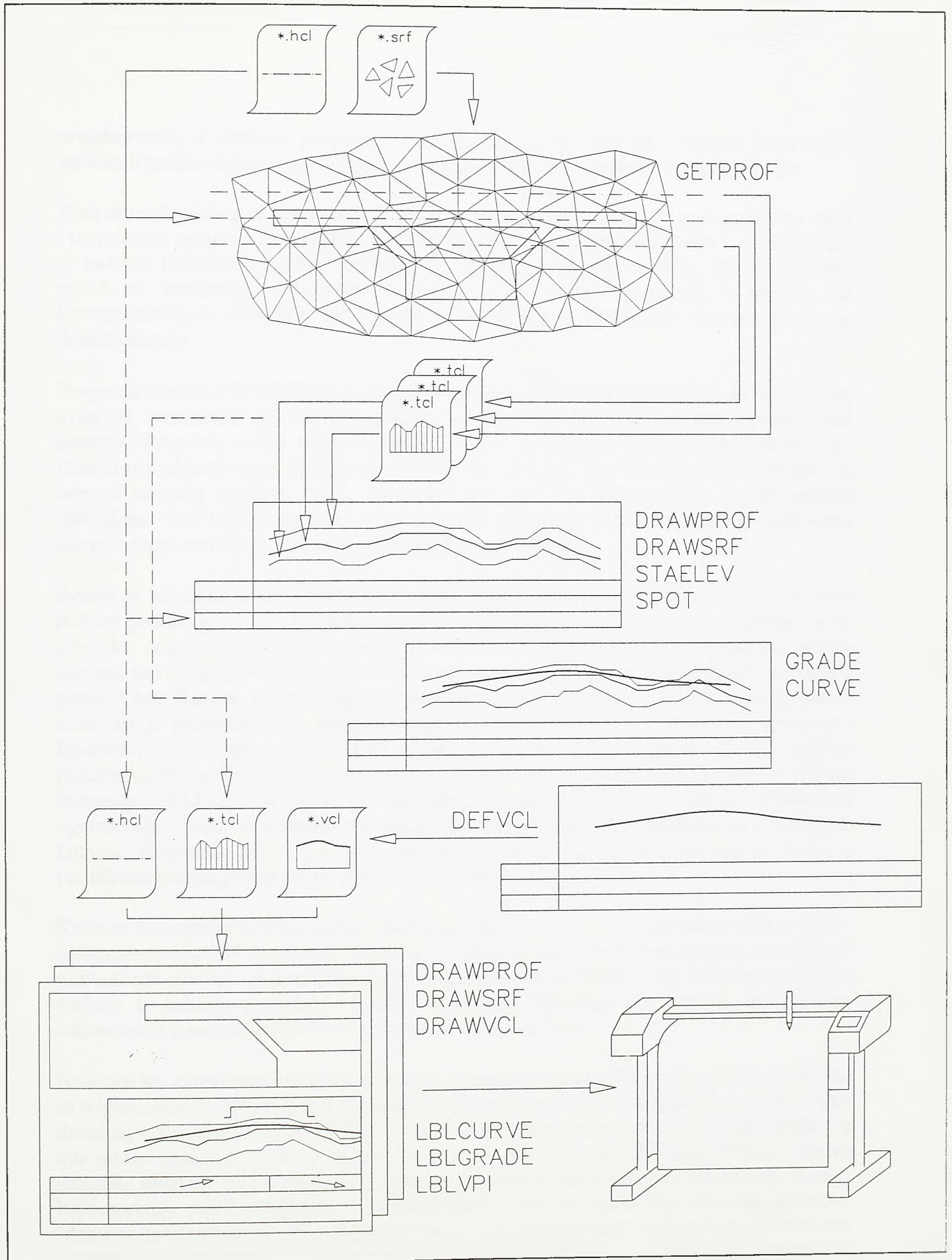
Na slici 4-29 pokazan je primer podužnog profila poletno-sletne staze. Podužni profil se u projektnoj dokumentaciji pojavljuje zajedno sa situacionim planom. Podužni profil i situacioni plan, zajedno sa poprečnim profilom, predstavljaju osnovne projekcije linijskog objekta. Na osnovu situacionog plana, podužnog profila i zadate promene poprečnog profila duž osovine, linijski se objekat jednoznačno definiše u prostoru. Nivelacioni plan je kompleksna projekcija razvijena na osnovu podataka sve tri prethodne projekcije. Složeni površinski objekti, kakvi su ukrštaji poletno-sletnih i rulnih staza, pa i airside u celini, mogu se korektno predstaviti i izvesti samo pomoću nivelacionog plana. Ponekad se i sama poletno-sletna staza može predstaviti jedino ovom kompleksnom projekcijom. Poletno-sletna staza položena je u široku osnovnu stazu. Bazna širina osnovne staze u useku iznosi i do 300m. Duž ivica osnovne staze u useku uzdižu se blage kosine koje se moraju naći ispod prelaznih površi prostorne figure zaštićenih zona. Pri tome se površina osnovne staze mora oblikovati i prelamati tako da obezbedi podužno vođenje vode, kao i poprečno odvođenje vode ka predviđenim recipijentima. Tako se i sama poletno-sletna staza veoma često tretira kao površinski, a ne kao linijski objekat. Ključni elementi projektne dokumentacije poletno-sletne staze tada postaju nivelacioni planovi. Podužni profil, kao grafički dokument, ovde gubi od svoje upotrebne vrednosti pri neposrednom izvođenju. Međutim, sam podužni profil, zajedno sa situacionim planom i zadatom promenom poprečnog profila, predstavlja osnovu nad kojom se nivelacioni plan razvija. Prostorne krive linije osovine linijskih objekata airside-a (poletno-sletnih i rulnih staza), određene svojom plan projekcijom i podužnim profilom, predstavljaju skelet airside-a, a prostorna kriva osovine poletno-sletne staze predstavlja njegovu kičmu.

Pravac osovine poletno-sletne staze na zadatoj lokaciji određuje se na osnovu analize vetra i analize prepreka. Translacijama i rotacijama ovaj se pravac dovodi u različite položaje i za svaki od njih formira se radni podužni profil i procenjuju zemljani radovi. Tako se dolazi do položaja osovine povoljnog sa stanovišta vetra i bezbednosti operacija i ekonomičnog sa stanovišta građenja. Projektnu osnovu podužnog profila pored profila terena po samoj osovini čine i profili terena po ivicama osnovne staze. Uspešno nivelaciono uklapanje ovako širokog linijskog objekta u teren zasniva se na analizi niza podužnih profila terena sečenih paralelno osovini. I rulne staze položene su u odgovarajuće osnovne staze. Stoga se i projektovanje niveleta rulnih staza zasniva na analizi niza paralelnih terenskih podužnih profila. I u primeru na slici 4-29 niveleta osovine poletno-sletne staze projektovana je u odnosu na podužne profile sečene duž same osovine i po ivicama osnovne staze. U podužnom profilu posebno su istaknute i stacionaže i kote pragova.

Na slici 4-30 pokazan je tok procesa projektovanja podužnog profila linijskog objekta (npr. poletno-sletne staze), počev od isecanja podužnih profila po terenu, preko aktivnosti



Sl.4-29.
Primer podužnog profila poletno-sletne staze



Sl.4-30.

Projektovanje podužnog profila primenom AeroCAD-a 3D

projektovanja u radnom podužnom profilu, do izrade finalnih, detaljno iskotiranih, podužnih profila i njihovog uklapanja u standardne formate projektne dokumentacije.

Prvo se sa digitalnog modela terena isecaju podužni profili po osovini poletno-sletne staze i po ivicama osnovne staze. Zatim se formira radni podužni profil objekta u punoj dužini. U radnom podužnom profilu razrađuju se različite varijante nivelete. Finalni podužni profil sa usvojenom varijantom nivelete deli se po deonicama i zajedno sa korespondentnim delovima situacionog plana uklapa u standardne formate projektne dokumentacije.

Programi modula PROFILE tehnološki pokrivaju sve aktivnosti prethodno opisanog toka. Prvo se komandom GETPROF pokreće program za isecanje podužnog profila duž osovine. Program uzima datoteku osovine *.hcl i datoteku triangulisane površi *.srf (formirane editorom površi modula GRADING). Potom, duž osovine rekonstruisane na osnovu sadržaja datoteke *.hcl, iseca podužni profil po triangulisanoj površi zadatoj datotekom *.srf. Isečeni podužni profil stori se u datoteku sa ekstenzijom .tcl. Duž jedne osovine može se iseći veći broj paralelnih podužnih profila.

Potom se komandom DRAWPROF iscrtava osnova radnog podužnog profila. U osnovu radnog podužnog profila program unosi i sadržaj izabrane *.tcl datoteke. Obično je to datoteka podužnog profila sečenog po osovini. U najnižoj rubrici podužnog profila iscrtava se i dijagram zakrivljenosti, rekonstruisan na osnovu sadržaja datoteke osovine u planu *.hcl. Sadržaj ovog dijagrama nema značaja u podužnom profilu poletno-sletne staze ali je neophodan pri projektovanju niveleta rulnih staza i puteva u airside-u i landside-u. Komandom DRAWSRF u radni podužni profil mogu se uneti i dodatni podužni profili sečeni paralelno osovini i stori u odgovarajuće *.tcl datoteke. Pozivom komande STAELEV u radni podužni profil mogu se uneti i dodatna nivelaciona ograničenja. Ovom se komandom markiraju tačke na zadatim stacionažama i visinskim kotama. Komanda SPOT podržava obrnut postupak. Za interaktivno zadatu tačku u podužnom profilu pronalaze se stacionaža i visinska kota.

Kada se kompletira sadržaj radnog podužnog profila, pristupa se projektovanju nivelete. Komandom GRADE konstruišu se deonice u konstantnom podužnom nagibu, a vertikalni prelomi zaobljavaju se komandom CURVE. Niveleta se formira kao skup nadovezanih entiteta u radnom podužnom profilu. Komanda DEFVCL na osnovu ovog skupa rekonstruiše geometriju nivelete i stori je u datoteku *.vcl.

Na kraju se, za izabranu varijantu, izrađuju finalni podužni profili po deonicama i zajedno sa odgovarajućim deonicama u planu slažu u standardne formate crteža. Prvo se, za svaku deonicu, komandama DRAWPROF i DRAWSRF iscrtava osnova podužnog profila i u nju unose paralelni podužni profili. Potom se poziva komanda DRAWVCL, poziva datoteka nivelete *.vcl i na osnovu njenog sadržaja iscrtava niveleta objekta na deonici koju podužni profil obuhvata. U podužni profil može se uneti više od jedne nivelete. Moguće je na primer, pored nivelete po osovini, uneti i posebno projektovane nivelete po ivicama osnovnih staza. U rubriku nagiba nivelete biće uneti samo prelomi i nagibi po jednoj od njih. Rubriku nagiba popunjava komanda LBLVPI na osnovu sadržaja izabrane *.vcl datoteke. Serije kota po izabranim deonicama u konstantnom podužnom nagibu ispisuju se pozivom komande LBLGRADE, a vertikalna zaobljenja kotiraju se

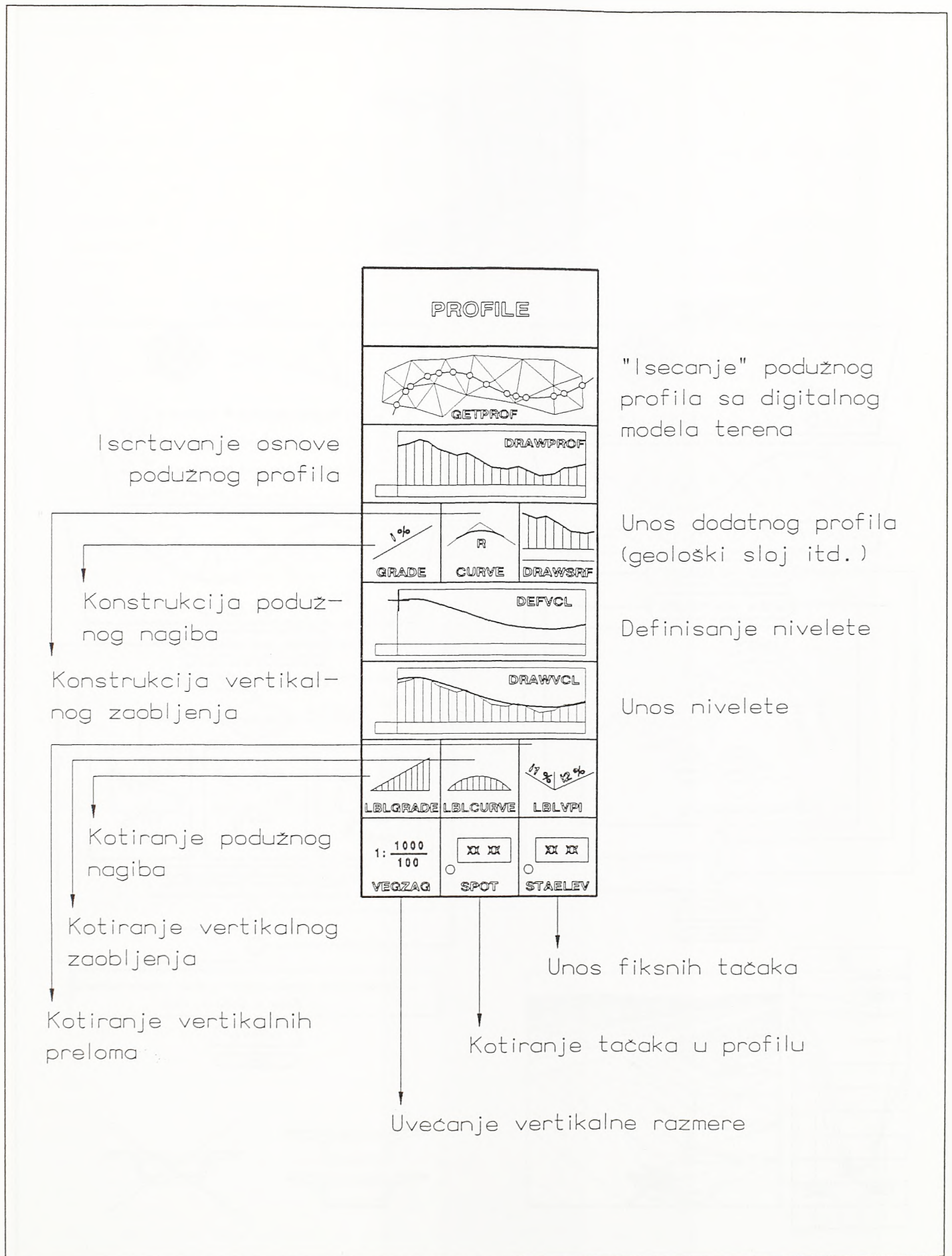
komandom LBLCURVE. Detaljno kotirani podužni profili deonica, sinhronizovani sa situacionim planom, spremni su za izradu na ploteru.

Na slici 4-31 nalazi se pregled komandi modula PROFILE. Prethodno je dat kratak opis svih komandi ovog modula, osim komande VEGZAG. Ovom se komandom, pre poziva komande DRAWPROF za iscrtavanje podužnog profila, zadaje uvećanje vertikalne razmere. Osnovica profila iscrtava se u razmeri 1:1 pri čemu se usvaja da je jedan metar jednak jednoj jedinici grafičkog editora. Komandom VEGZAG obično se zadaje desetostruko uvećanje vertikalne razmere. Odgovarajuće uvećanje vertikalne razmere zadaje se i pre generisanja nizova poprečnih profila komandom DRAWSEC modula CROSS SECTION (SECTION). Uvećanje vertikalne razmere pamti se na nivou sistema i ostaje nepromenjeno sve do sledećeg poziva komande VEGZAG. Ovo se uvećanje može koristiti i pri konstrukciji i definisanju poprečnog profila, odnosno template-a, komandama modula CROSS-SECTION (TEMPLATE).

Vertikalna geometrija linijskog objekta po pravilu je jednostavnija od njegove horizontalne geometrije. Svakako da je poletno-sletna staza ovde izuzetak jer je njen situacioni plan predstavljen samo jednim pravcem. S druge strane, horizontalna geometrija saobraćajnica landside-a, naročito u zoni denivelisanih raskrsnica, neuporedivo je složenija od njihove vertikalne geometrije. U svakom slučaju, elementi vertikalne geometrije linijskih objekata airside-a i landside-a su pravci (deonice u konstantnom nagibu) i kružni lukovi (zaobljenja preloma) aproksimirani parabolama i svi proračuni vezani za njih spadaju u najjednostavnije proračune u aerodromskom i putnom inženjerstvu. Projektovanje na osnovi predstavljenoj digitalnim modelom terena ili digitalnim modelom postojećeg stanja objekta otvara nov i složen problem. To je problem isecanja podužnog profila po terenu ili po postojećem stanju objekta duž osovine zadate u planu. Ovaj se numerički problem, dakle, ne nalazi u domenu projektovanja nivelete u užem smislu već je vezan za pripremu projektne osnove.

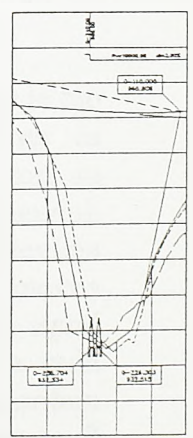
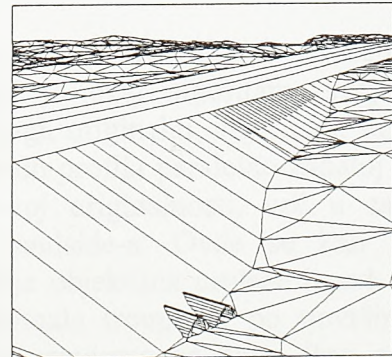
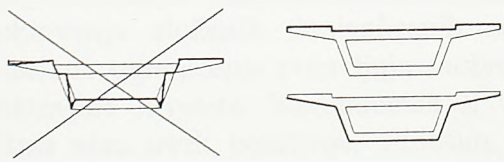
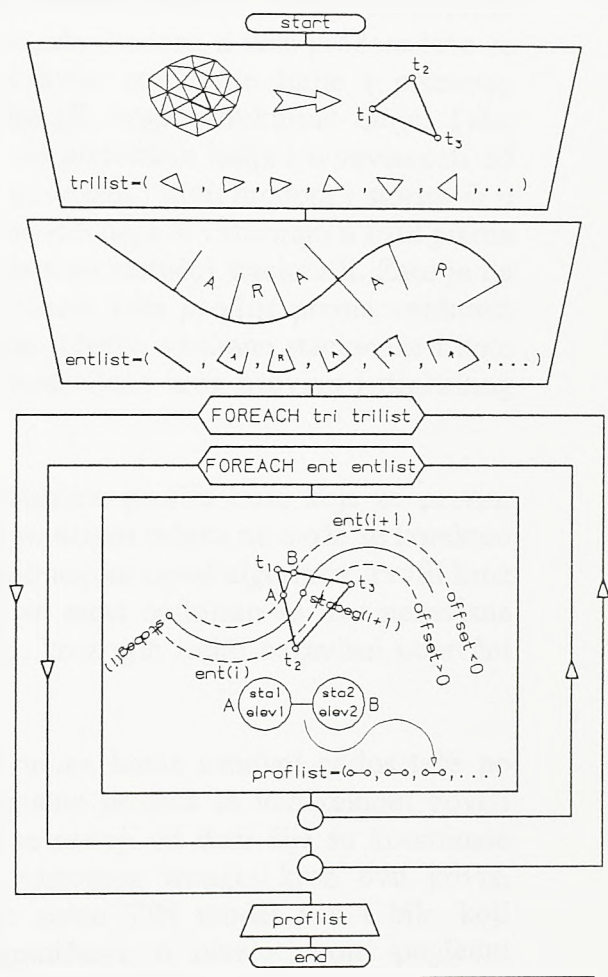
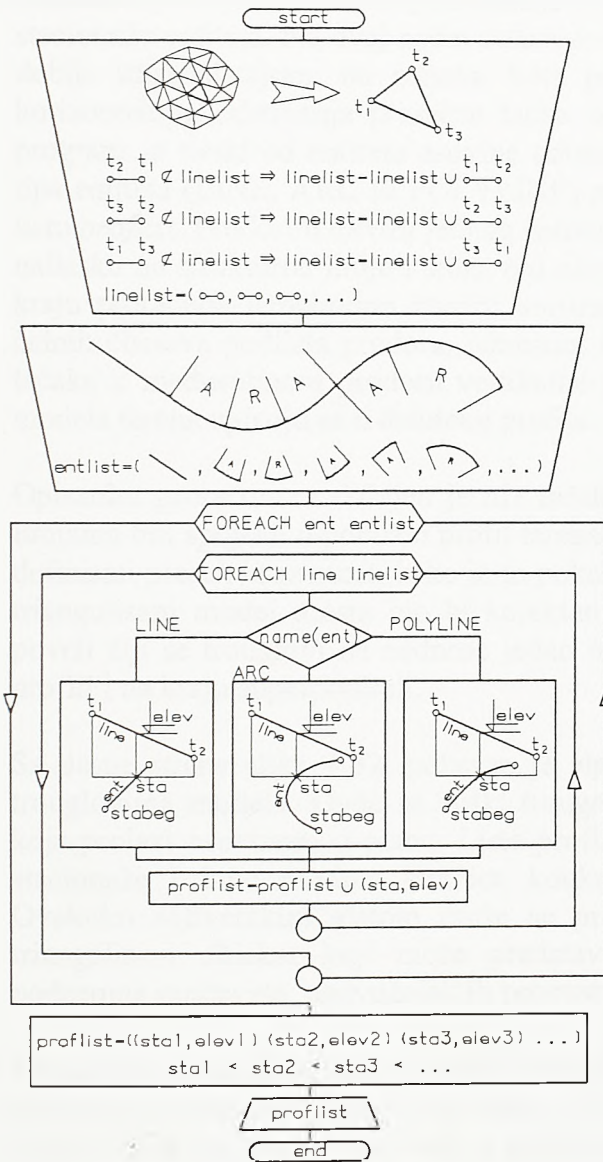
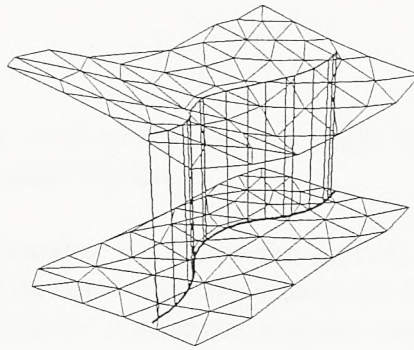
Na levoj strani slike 4-32 pokazan je uopšteni algoritam na kome su bazirani današnji softveri za isecanje podužnog profila sa TIN modela terena. Prvo se na osnovu zadate datoteke triangulisane površi *.srf unosi numerički opis digitalnog modela terena ili postojećeg stanja objekta. Ideja je da se, radi bržeg proračuna, površ predstavi ne trouglovima, već strukturnim linijama modela koje spajaju čvrne tačke triangulacije. Ukoliko bi se jednostavno uzele sve stranice trouglova triangulacije i unele u listu strukturnih linija *linelist* dobilo bi se gotovo dvostruko više linija nego što ih stvarno ima, budući da svakom od ovih linija prolaze stranice dva susedna trougla. Izuzetak su linije na obodu modela kojima prolazi samo po jedna stranica trougla. Kako su programom za definisanje TIN modela terena svi prostorni trouglovi konstruisani u smeru kazaljke na časovniku (u slučaju AeroCAD-a 3D uslov je ispunjen i kod grid modela terena sastavljenog od niza uparenih trouglova), to se stranica *tij* jednog trougla poklapa sa stranicom *tji* susednog trougla. Upravo je to kriterijum uključivanja stranice trougla u listu strukturnih linija. Program uzima svaki trougao i svaku od njegovih stranica; ukoliko u listi strukturnih linija već postoji linija inverzna posmatranoj program je preskače, a u suprotnom je uključuje u listu.

U sledećem koraku unosi se definicija analizirane osovine u planu. Program uzima datoteku osovine i svaki od entiteta koji tu osovinu grade stavlja u listu *entlist*. U datoteci osovine *.hcl za svaki entitet date su početna i krajnja stacionaža, što će programu



Sl.4-31.

Pregled komandi modula PROFILE



Sl.4-32.

Algoritmi isecanja podužnog profila sa digitalnog modela terena

omogućiti da sračuna stacionaže prodora strukturnih linija triangulisane površi kroz vertikalnu površ koja prolazi osovinom u planu.

Stacionaža konkretnog prodora pronalazi se u preseku entiteta osovine sa projekcijom strukturne linije u planu. Program na osnovu sadržaja datoteke *.hcl rekonstruiše položaj entiteta unutar osovine, uzima početnu stacionažu entiteta, odmerava dužinu od kraja entiteta koji se nalazi na nižoj stacionaži do mesta preseka i tu dužinu dodaje na početnu stacionažu entiteta. Na ovaj način dolazi se do stacionaže prodora, a kota prodora lako se dobija interpolacijom, na osnovu kota početka i kraja strukturne linije i poznatog horizontalnog odstojanja presečne tačke od početka (ili kraja) strukturne linije. Tako program za svaki od entiteta osovine uzima svaku od prelomnih linija i u zavisnosti od tipa entiteta (LINE, ARC ili POLYLINE) računa stacionažu i kotu prodora i storira ih u listu *proflist*. Prodori u okviru jednog entiteta osovine računaju se i storiraju u listu prema nailasku na strukturne linije i stoga oni nisu postrojani po rastućoj stacionaži. Zato je na kraju proračuna neophodno izvršiti sortiranje elemenata liste *proflist* prema vrednosti čelnih članova podlista prodora, odnosno, stacionaža. Ovako sortirane stacionaže i kote tačaka u međusobnom prodoru vertikalne površi postavljene kroz osovinu i digitalnog modela terena upisuju se u datoteku profila.

Opisanim proračunom dobijen je niz tačaka u podužnom profilu trase koje će pravim linijama biti spojene u podužni profil terena. Ovakvim nizom tačaka ne može se korektno definisati presek kroz most, kako je to pokazano ilustracijom ispod algoritma. Profil kroz triangulisani model mosta bio bi korektan ako bi se most definisao sa dve nezavisne površi čiji se trouglovi ne nadnose jedan nad drugi, kroz njih isekli nezavisni poprečni profili i na kraju superponirali.

Sa desne strane slike 4-32. pokazan je algoritam prema kome osnovni ciklus teče po trouglovima modela. Ovde se svaki trougao samostalno preseca sa vertikalnom površi koja prolazi osovinom u planu. Lista profila sada se sastoji od duži čije su koordinate stacionaže i kote prodora stranica konkretnog prostornog trougla kroz ovu površ. Ovakvim softverskim alatom može se preseći ne samo TIN model već i bilo koji triangulisani objekat koji može predstavljati ograničenje u nivelacionom pogledu: podzemna građevina, nadvožnjak ili propust u primeru na slici.

Program za isecanje podužnog profila programskog paketa AeroCAD 3D u početku je bio razvijen na osnovu prvog algoritma. Vremenom je ovaj algoritam, svojstven za SOFTDESK na primer, napušten, a prihvaćen je drugi, originalni, algoritam. Pri tom su obe varijante programa podržavale i isecanje podužnih profila paralelno zadatoj osovini. Razlog usvajanja drugog algoritma nije u njegovoj originalnosti, već u zahtevima projektovanja složenih denivelisanih raskrsnica landside-a. Ovde se kao osnovna nivelaciona ograničenja pojavljuju saobraćajnice koje objektima prolaze iznad ili ispod projektovane nivelete. Komponente Z vektora normala trouglova po površima ovih objekata nisu uvek pozitivne, odnosno, nisu uvek usmerene na gore. Prvi algoritam namenjen je isecanju podužnog profila sa TIN modela terena gde su komponente Z vektora normala svih trouglova pozitivne. Rezultati primene ovog algoritma na zatvorenim triangulisanim površima (kao što je nadvožnjak) već su ilustrovani skicom ispod prvog algoritma. Linija profila isečena prema prvom algoritmu određena je nizom tačaka postrojanih po rastućoj stacionaži, što u slučaju profila kroz zatvorene površi ne predstavlja logičan redosled. Da su istovremeno sa trouglovima nadvožnjaka sečeni i

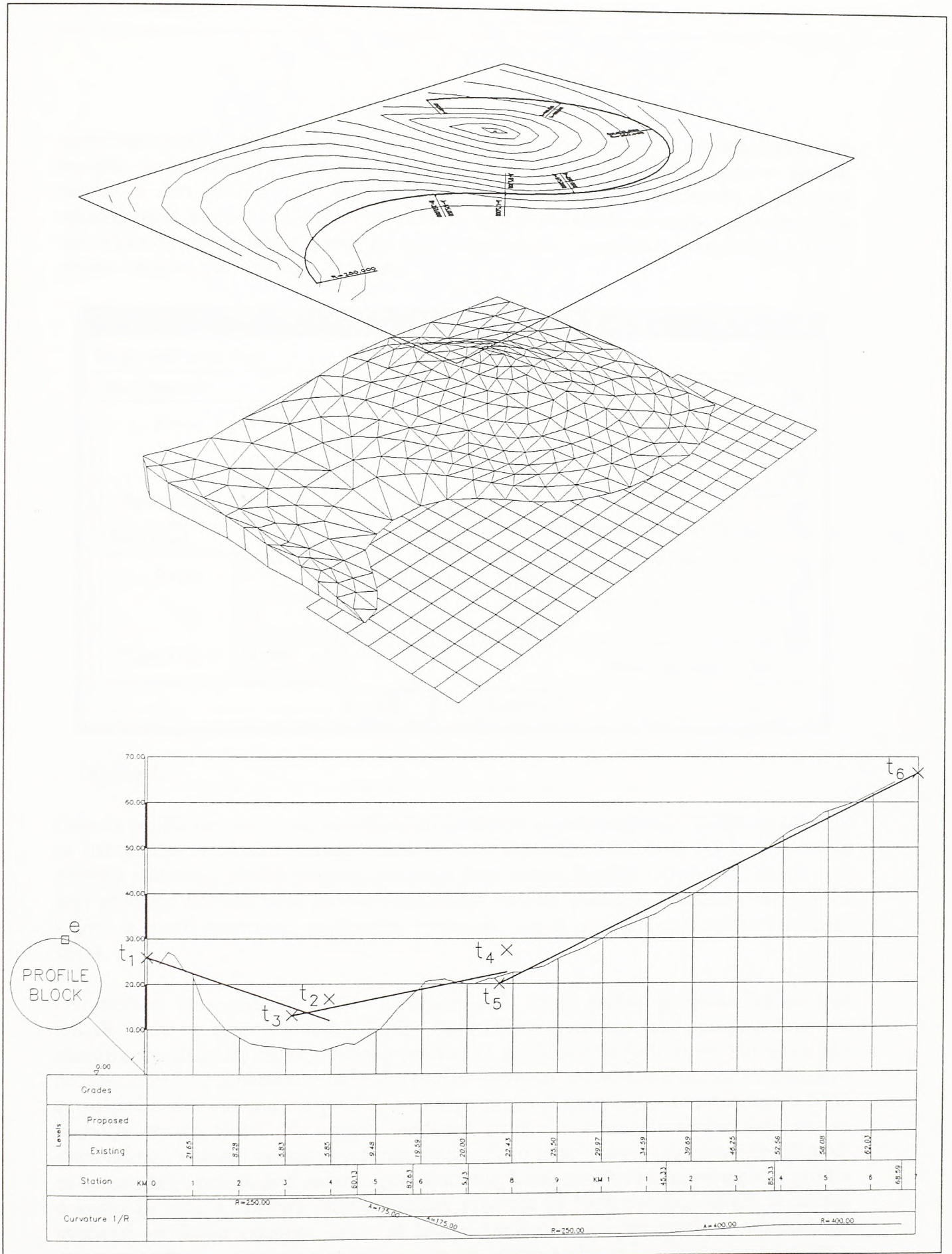
trouglovi po TIN modelu terena rezultat bi bio još gori. Linija profila u zoni nadvožnjaka preskakala bi sa obodnih tačkaka nadvožnjaka na teren i obratno, povezujući tačke prema kriterijumu rastuće stacionaže.

Prema drugom algoritmu trouglovi modela seku se nezavisno i profil je određen potpuno nezavisnim dužima. U jedinstvenu triangulisanu površ koju program seče mogu se grupisati i trouglovi koji objektivno grade više od jedne površi: trouglovi površi po terenu, trouglovi po spoljnoj površi sandučastog nosača nadvožnjaka, trouglovi po unutrašnjoj površi sandučastog nosača itd. Zahtevi korektnog kotiranja nalažu da se ovi profili ipak nezavisno iseku i odvojeno unesu u osnovu podužnog profila. Prvo se komandom DRAWPROF, na osnovu sadržaja izabrane *.tcl datoteke, u osnovu podužnog profila unosi profil po terenu i program u odgovarajućoj rubrici i sa zadatim stacionažnim korakom ispisuje kote po terenu. Potom se, komandom DRAWSRF, naknadno unose podužni profili sečeni kroz nadvožnjake i podvožnjake. Komanda DRAWSRF u osnovu profila unosi presečne duži definisane zadatom *.tcl datotekom ali ne upisuje visine u rubriku kota po terenu. Stacionaže i kote obodnih tačkaka ovih objekata, kritične sa stanovišta projektovanja predmetne nivelete, pojedinačno se markiraju komandom SPOT. Da je podužni profil sečen kroz sve trouglove modela (kroz trouglove po terenu i trouglove po objektima) istovremeno i komandom DRAWPROF unet u osnovu profila, dobio bi se potpuno korektan niz presečnih duži ali bi njihove visinske kote u rubrici kota po terenu bile nelogične. U zoni nadvožnjaka se nad iste stacionažne korake nadnosi veći broj presečnih duži i program bi tada u rubriku kota po terenu mogao upisati kotu očitano po presečnoj duži koja se nalazi po objektu ispod ili iznad površine terena.

Na slikama 4-33, 4-34 i 4-35 dati su primeri primene komandi modula PROFILE. Program za isecanje podužnog profila pokreće se komandom GETPROF. Osovinu duž koje se podužni profil iseca program rekonstruiše na osnovu sadržaja zadate *.hcl datoteke, a triangulisana površ koja se seče određena je sadržajem *.srf datoteke. Profil se može seći po samoj osovinu ili paralelno njoj. Rečeno je da triangulisana površ može predstavljati površinu terena ili veštačkog objekta. Profil se takođe može seći i po granicama geoloških slojeva ukoliko su i one korektno triangulisane na osnovu podataka dobijenih na osnovu istražnih bušotina. Isečeni podužni profil stori se u datoteku *.tcl. Duž jedne osovine moguće je iseći neograničen broj profila; po samoj osovinu, levo ili desno od nje, po nekom od geoloških slojeva, po veštačkim objektima itd. Imena isečenih podužnih profila zadaju se proizvoljno i oni se po potrebi mogu unositi u osnovu profila.

Potom se, komandom DRAWPROF, iscrtava osnova podužnog profila. Primer radnog podužnog profila pokazan je na slici 4-33. Prvo se zadaje datoteka osovine *.hcl, a potom datoteka isečenog podužnog profila *.tcl. Na osnovu sadržaja datoteke *.hcl u dnu profila iscrtava se dijagram zakrivljenosti osovine. Softveri američkih proizvođača uglavnom generišu podužne profile bez dijagrama zakrivljenosti što predstavlja veoma ozbiljan nedostatak. Dijagram zakrivljenosti predstavlja neposrednu vezu situacionog plana i podužnog profila osovine i na osnovu ovog dijagrama koordiniraju se geometrijski elementi plana i profila.

Po zadavanju datoteke osovine i isečenog podužnog profila otvara se dijalog 3. Ovde se pojavljuje minimalna i maksimalna stacionaža u planu, kao i minimalna i maksimalna kota po isečenom podužnom profilu. Osnova radnog podužnog profila obično se zadaje u punoj raspoloživoj dužini i sa maksimalnim visinskim rasponom koji se po isečenom



Sl.4-33.

Konstrukcija nagiba u radnom podužnom profilu

podužnom profilu javlja. Finalni podužni profili obično se generišu po deonicama i sa manjim stacionažnim i visinskim korakom. Pojedine logične celine osnove profila, rubrike u dnu profila, grid profila, teren i kote po terenu, stacionaže i dijagram zakrivljenosti, mogu se razdvojiti po zadatim lejerima. Takođe se mogu upotrebiti i dva tipa alfanumeričkog ispisa, jedan za opis horizontalne i vertikalne geometrije, i drugi, obično iskošeni, za ispis kota po terenu.

Profile Generation	
Grid definition	
Horizontal	
From :	0.000
To :	1668.59
Spacing :	100.00
Vertical	
From :	0
To :	70
Spacing :	10.00
Layers	
Grid base :	PBASE
Grid :	PGRID
E. levels :	TCL
P. levels :	PCL
Text styles	
E. levels :	YUSIMLS
P. levels :	YUSIML
Precision:	2
OK Cancel	

Dijalog 3.

Osnova profila iscrtava se sa koordinatnim početkom u izabranoj tački grafičkog editora i sa uvećanjem vertikalne razmere zadatim kroz komandu VEGZAG. U koordinatnom početku podužnog profila program postavlja blok imena "Profile". Ovaj blok sadrži veći broj atributa. Atributi nose osnovne parametre profila: uvećanje vertikalne razmere sa kojom je profil generisan, stacionažni i visinski raspon profila i stacionažni i visinski korak.

Ovi atributi čine podužni profil "inteligentnim". Svaki entitet generisan komandom DRAWPROF u svom Extended Entity Data (EED) području ima upisan jedinstveni identifikator (handle) bloka dotičnog profila. U grafičkom editoru može biti generisan neograničeni broj podužnih profila. Po pozivu komandi za rad u podužnom profilu prvo se pokazuje neki od entiteta profila, a ovaj se preko jedinstvenog identifikatora u EED području obraća bloku. Na osnovu vrednosti atributa sadržanih u bloku, dalji rad se stacionažno i visinski vezuje za izabrani profil. Tako se po pokretanju komande GRADE za konstrukciju pravca pod zadatim podužnim nagibom, prvo bira neki od entiteta profila u kome se radi, a izabrani entitet upućuje program na blok profila, odakle se uzima uvećanje vertikalne razmere. Zatim se zadaje konkretan podužni nagib, a program, na osnovu utvrđenog uvećanja vertikalne razmere, obrće horizontalnu končanicu grafičkog editora u pravac koji odgovara zadatom nagibu u karikiranoj razmeri profila. Potom se, u konkretnom primeru na slici 4-33, pokazuje početna tačka nagiba t_1 i tačka t_2 koja stacionažno određuje kraj nagiba. Zadati nagib ovde je bio negativan i iznosio je 3.5%. Potom je konstruisan nagib od 2% sa početkom u tački t_3 i krajem na stacionaži tačke t_4 i

nagib od 5% sa početkom u tački t_5 i krajem na stacionaži tačke t_6 . Entitet bloka profila ovde je označen sa e .

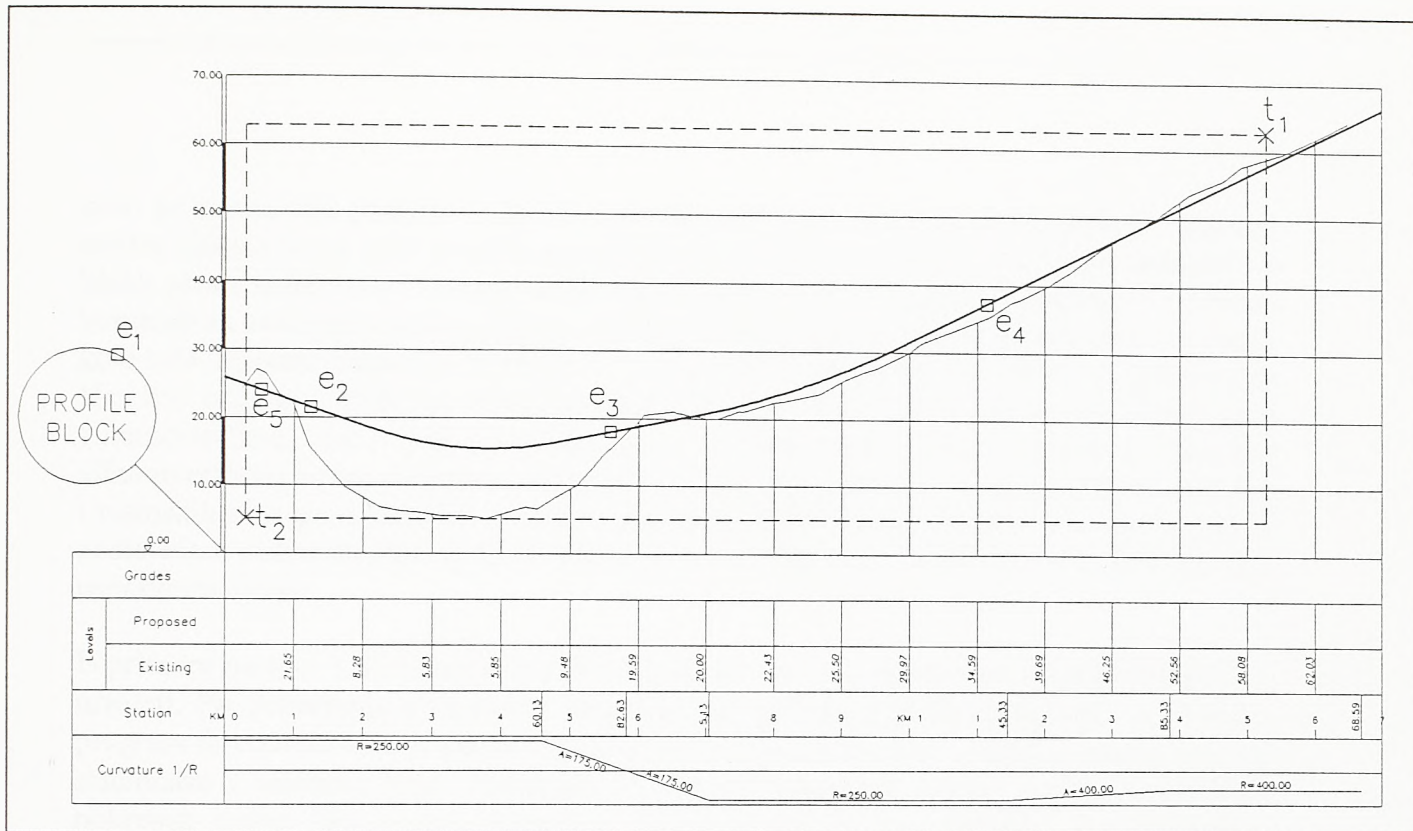
Konstrukciji vertikalnog zaobljenja komandom CURVE, pokazanom na slici 4-34, takođe prethodi identifikacija podužnog profila u kome se radi. Blok profila na koji ukazuju svi njegovi entiteti ovde je nazvan e_1 . Potom se pokazuju deonice u konstantnom nagibu predstavljene LINE entitetima e_2 i e_3 , odnosno e_3 i e_4 , a program zaobljava njihove prelome zadatim vertikalnim radijusima. Ovde se koristi standardna aproksimacija vertikalnog kružnog luka parabolom, a samo zaobljenje generiše se kao POLYLINE entitet. Extended Entity Data područje ovog entiteta popunjeno je tako da ostali programi modula PROFILE, i pored karikirane razmere profila, u njemu prepoznaju vertikalnu krivinu odgovarajućih geometrijskih karakteristika.

Jedna ili više varijanata nanizanih deonica u konstantnom podužnom nagibu i vertikalnih zaobljenja mogu se prevesti u numerički oblik i sačuvati u datoteci nivelete *.vcl. Program za povezivanje entiteta u niveletu, osovinu podužnog profila, pokreće se komandom DEFVCL. Program je funkcionalno i algoritamski sličan programu za povezivanje entiteta u osovinu situacionog plana koji se pokreće komandom DEFCL modula PLAN. Ovde se prvo identifikuje profil i pokazuje početni entitet nivelete (e_5 u primeru na slici 4-34). Početna stacionaža entiteta se ne zadaje već je program sam određuje prema položaju izabranog entiteta u podužnom profilu. U konkretnom slučaju na početni entitet su nadovezani entiteti zahvaćeni pravougaonikom sa obodnim temenima u tačkama t_1 i t_2 . Na osnovu geometrije nadovezanih entiteta, eventulanog sadržaja EED područja entiteta i njihovog međusobnog položaja, program rekonstruiše analitiku nivelete. Niveleta je određena stacionažama, kotama i radijusima zaobljenja vertikalnih preloma i ovi se podaci, kao niz uređenih trojki, upisuju u *.vcl datoteku zadatog imena.

Nakon što se podužni profil objekta isprojektuje u punoj dužini ili po dužim potezima trase, pristupa se izradi finalnih podužnih profila. Ovi se profili generišu po kraćim deonicama i zajedno sa odgovarajućim deonicama u situacionom planu uklapaju u standardne formate crteža. Po formiranju osnove profila komandom DRAWPROF i eventualnog iscertavanja dodatnih podužnih profila komandom DRAWSRF, u profil se unosi i izabrana niveleta. Niveleta se iscertava komandom DRAWVCL, na osnovu sadržaja zadate *.vcl datoteke. Pre toga se pokazuje neki od entiteta profila. Program se tada upućuje na blok profila i na osnovu njegovih atributa iscertava niveletu u granicama profila i sa odgovarajućim uvećanjem vertikalne razmere. U podužnom profilu može se naći više varijanata nivelete po jednoj osovini situacionog plana. Logično je da se analitikom samo jedne od njih popuni prva rubrika profila sa nagibima i prelomima nivelete. Automatizovani ispis ove rubrike, odnosno kotiranje preloma nivelete, na osnovu sadržaja zadate *.vcl datoteke podržan je komandom LBLVPI.

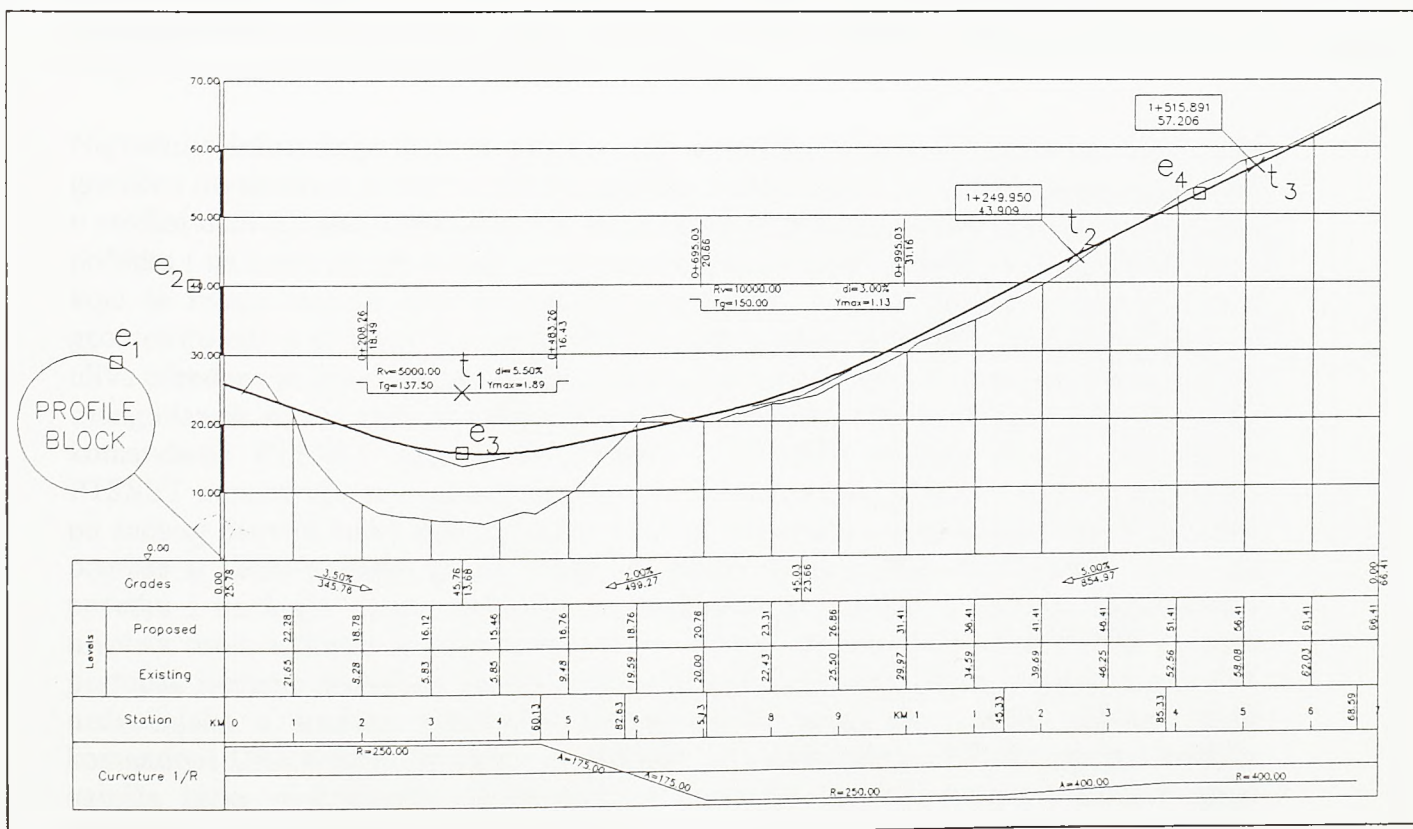
Deonice u konstantnom podužnom nagibu kotiraju se komandom LBLGRADE, a deonice u vertikalnom zaobljenju komandom LBLCURVE. U primeru na slici 4-35, po pozivu komande LBLCURVE, pokazan je POLYLINE entitet vertikalne krivine e_3 , a program je u rubrici kota po izvedenom objektu ispisao seriju kota po zaobljenju. Zatim je, na visini izabrane tačke t_1 , postavljen opis vertikalne krivine.

Komandom LBLGRADE, u primeru na slici, ispisana je serija kota po izabranom LINE entitetu e_4 konstantnog nagiba. Kao i u slučaju prethodno opisane komande LBLCURVE,



Sl.4-34.

Konstrukcija vertikalnog zaobljenja i definisanje osovine u poduznom profilu



Sl.4-35.

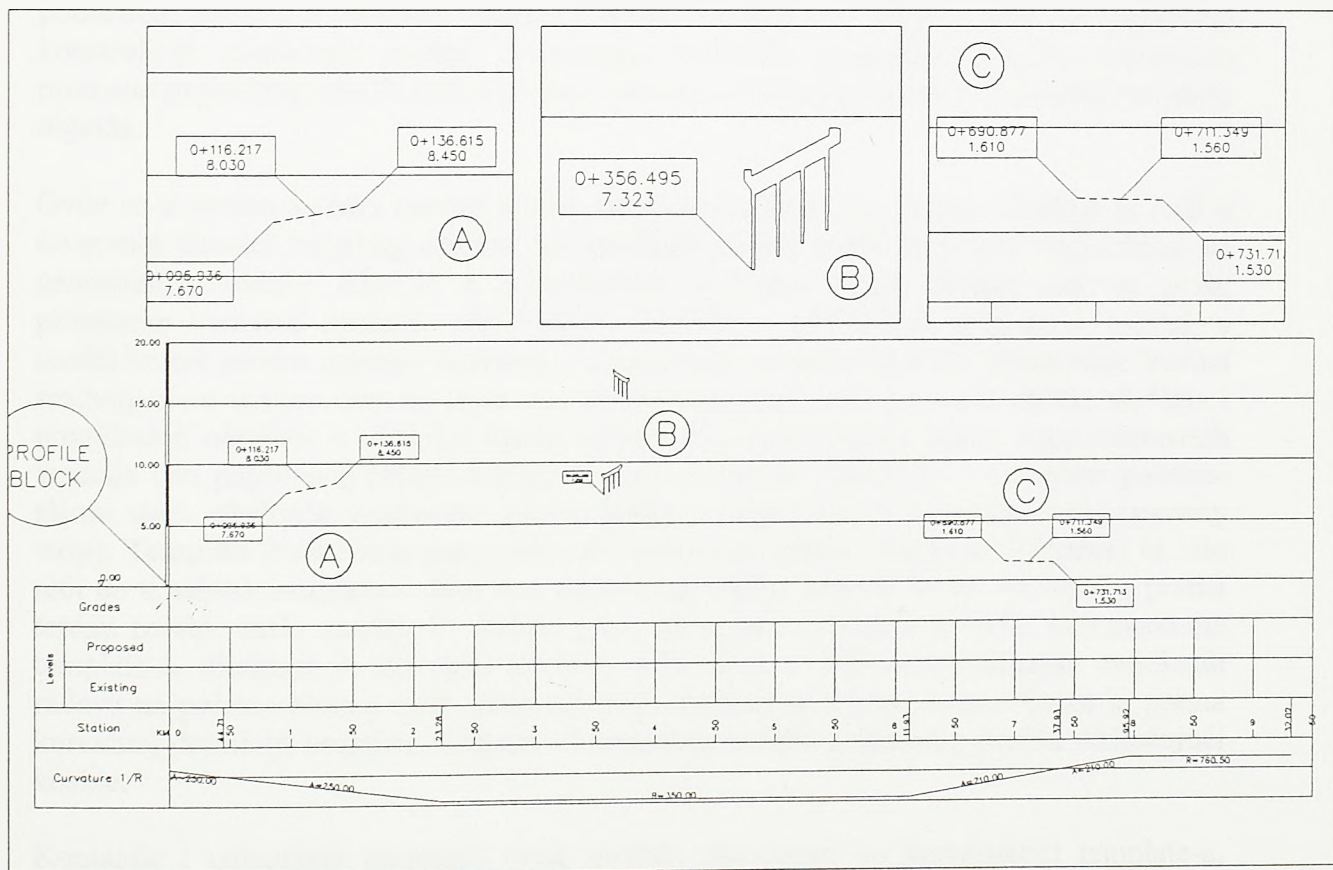
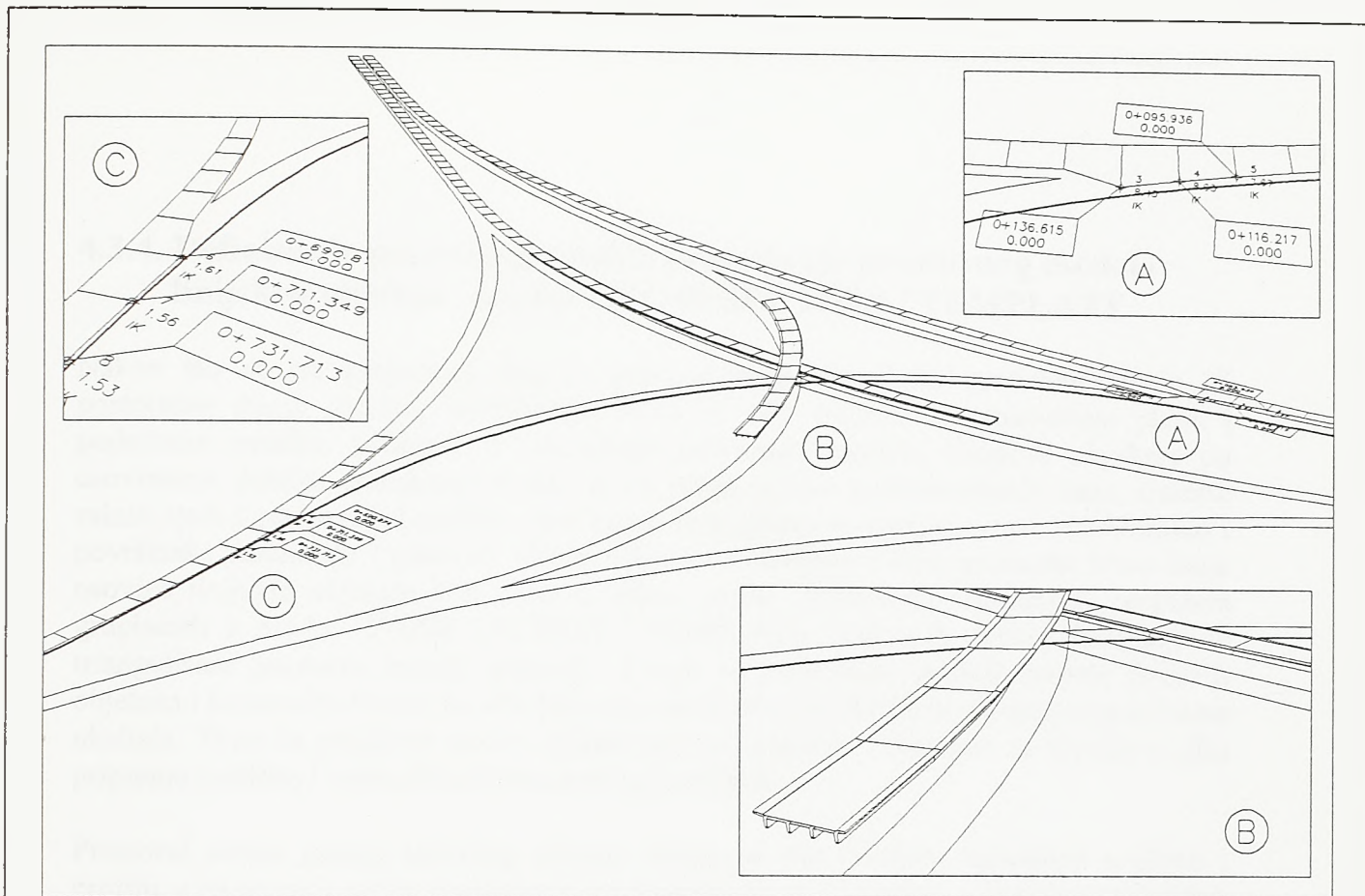
Kotiranje poduznog profila

prvo je morao biti pokazan neki od entiteta podužnog profila u kome se radi. Izabrani entitet ukazao je na blok profila, a program je na osnovu vrednosti atributa sadržanih u bloku proračunao kote i ispisao ih na odgovarajućim stacionažnim koracima. Po pozivu komandi za kotiranje nivelete bira se i entitet tekstualnog ispisa kao uzorak. Sve sračunate kote biće ispisane istim tipom slova i u istom lejeru kao i izabrani entitet. U primeru na slici kao uzorak je poslužio entitet teksta *e2*. Time je izbegnuto eksplicitno navođenje tipa alfanumeričkog ispisa. Već je rečeno da se podužni profil obično opisuje sa dva tipa alfanumeričkog ispisa. Uspravni tip namenjen je ispisu stacionaža, zakrivljenosti osovine i visinskih kota po levoj ivici profila, a zakošeni je tip namenjen ispisu kota po terenu ili postojećem stanju objekta. Ovde se uzorak bira tako da kote nivelete budu ispisane prvim, uspravnim, tipom.

U primeru na slici 4-35 komandom SPOT kotirane su i dve interaktivno izabrane tačke na niveleti. Po pokretanju programa i identifikaciji podužnog profila pokazuju se tačke, a program ih koordinira u podužnom profilu i u formi odgovarajućeg bloka ispisuje njihove stacionaže i visinske kote. Komanda STAELEV podržava obrnut postupak. Program pokrenut ovom komandom označava položaje tačaka na zadatim stacionažama i visinskim kotama.

Ove dve jednostavne komande često se koriste u uslovima složenih nivelacionih ograničenja koja nameće pojava veštačkih objekata u profilu. U primeru na slici 4-36 pokazan je postupak formiranja osnove radnog podužnog profila jedne od rampi denivelisane raskrsnice tipa račve. Na modelu u gornjem delu slike posebno je istaknuta ivica po kojoj se vodi osovina rampe. Rampa se izliva iz jedne kolovozne ploče i uliva u drugu, a pri tom prolazi ispod objekata u centralnom delu raskrsnice.

Najvažnije informacije koje se moraju naći u radnom podužnom profilu odnose se na granične nivelacione uslove u zonama početka i kraja rampe i visinske položaje objekata u sredini denivelisane raskrsnice. Do informacija o graničnim nivelacionim uslovima na početku i na kraju rampe dolazi se na osnovu triangulisanih modela kolovoznih ploča na koje se rampa vezuje. Ove se triangulisane površi svojim ivicama vezuju za ivičnu geometriju izliva ili uliva (komanda EXT-SLOPE modula EDITRI). Geometrija izliva ili uliva određena je geometrijom osovine po kojoj se rampa vodi. Čvrne tačke korigovanih triangulisanih mreža sada se nalaze tačno nad osovinom. Ove se čvrne tačke markiraju komandama PTSSET modula SETPOINT i STAOFS modula PLAN. Komandom PTSSET označavaju se visinske kote tačaka, a komandom STAOFS njihove stacionaže po zadatoj osovini kao i bočni pomaci. Ove se stacionaže i kote komandom STAELEV prenose u radni podužni profil i tako se dolazi do graničnih nivelacionih uslova na početku i na kraju rampe, odnosno do vertikalne geometrije u koju se projektovana niveleta mora uklopiti u zoni izliva i uliva. Potom se komandom GETPROF pokreće postupak isecanja podužnog profila duž osovine po ivici rampe kroz triangulisane površi nadvožnjaka u središtu raskrsnice. Isečeni profili unose se u radni podužni profil komandom DRAWSRF. Na kraju je preostalo da se komandom SPOT precizno markira najniža tačka nadvožnjaka ispod koje se postavlja niveleta rampe i istakne njena stacionaža i visinska kota. Podužni profil u primeru na slici generisan je kao nemi profil, profil bez predstave terena. Po pokretanju komande DRAWPROF ovde nije zadato ime datoteke profila po terenu. Međutim, cilj primera je bio da se pokaže delotvornost usvojenog algoritma isecanja podužnog profila i pratećih procedura u složenim nivelacionim ograničenjima koja nameću veštački objekti.



Sl.4-36.

Postavljanje nivelacionih ograničenja u radni podužni profil

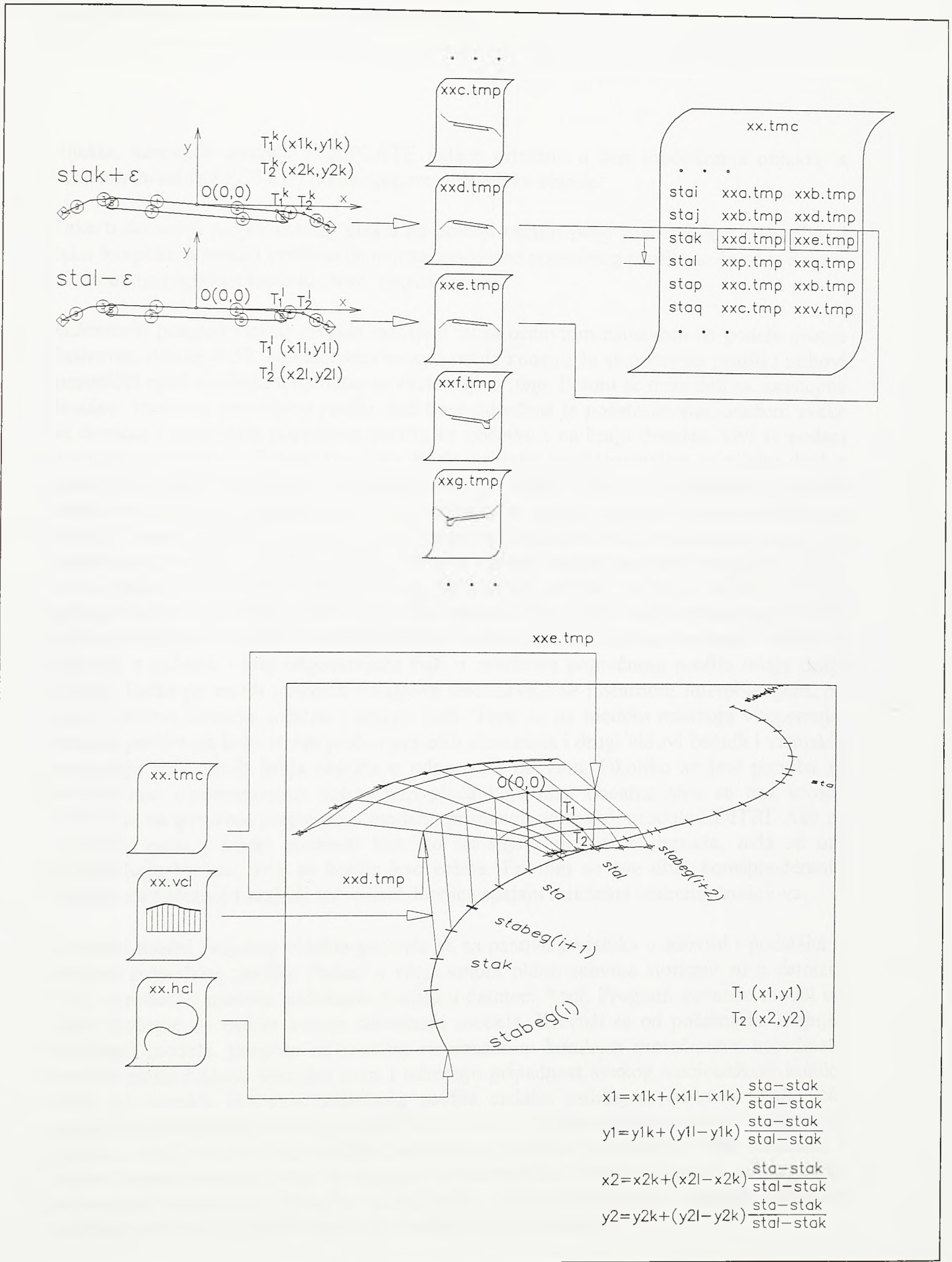
4.3.4. Definisanje poprečnog profila i razvijanje prostornog modela linijskog objekta - modul CROSS SECTION / TEMPLATE

Nakon što se na projektnoj osnovi, predstavljenoj digitalnim modelom terena ili postojećeg stanja objekta, isprojektuje jedna ili više osovina u situacionom planu i podužnom profilu, pristupa se razvijanju prostornih modela linijskih objekata po osovinaama. Airside aerodroma sastoji se od jedne ili više poletno-sletnih staza, sistema rulnih staza i platformi. Landside aerodroma čine pristupne saobraćajnice, denivelisane i površinske raskrsnice i parkinzi. Skelet airside-a i landside-a čine prostorne krive linije osovina linijskih objekata koji ulaze u njihov sastav. Primenom računarskih programa grupisanih u modul CROSS SECTION / TEMPLATE, duž ovih osovina razvijaju se triangulisani prostorni modeli objekata. Potom se projektuju ukrštaji modela linijskih objekata i konstruišu kosine po obodima otvorenih deonica linijskih objekata i po ivicama ukrštaja. Time će prostorni model objekta biti kompletiran i spreman za obradu u cilju pripreme grafičke i numeričke dokumentacije projekta.

Prostorni model jednog linijskog objekta razvija se duž osovine definisane u planu i profilu, a na osnovu zadate promene poprečnog profila duž osovine. Primenom prethodno prikazanih grupa programa, modula, podržano je projektovanje osovine u planu i podužnom profilu, a programi modula CROSS SECTION / TEMPLATE namenjeni su konstrukciji poprečnih profila, formiranju biblioteke poprečnih profila, zadavanju promene poprečnog profila duž osovine i samom razvijanju prostornog modela linijskog objekta.

Ovde se u prvom koraku razvija model linijskog objekta bez kosina. Ukoliko se radi o otvorenoj deonici linijskog objekta, konstrukcija kosina može se izvesti neposredno po generisanju modela. Ako se u razmatranom području nalazi ukrštaj, tada se prvo, primenom komandi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS, projektuje ukrštaj, a model se tek potom opasuje kosinama. Generisanje modela objekta i generisanje kosina razdvojeni su upravo zato da bi se omogućilo uklapanje svih pojava oblika ukrštaja i površinskih objekata u digitalni model terena. U projektantskoj praksi anglosaksonskih zemalja deo poprečnog profila između kosina naziva se "template". Template poletno-sletne staze obuhvata kolovoznu ploču, bankine (shoulders) i osnovnu stazu (runway strip). Template dvotračnog puta obuhvata kolovoznu ploču i bankine. Pogrešno bi bilo reći da u zahvat template-a ulazi deo poprečnog profila koji ne zavisi od odnosa prema terenu (nasip, usek, zasek). U slučaju puta, na primer, položaj drenaze, kao elementa template-a, direktno je uslovljen terenom. Isto tako, u cilju minimiziranja zemljanih radova na poletno-sletnoj stazi, osnovna staza vitoperi se prema terenu. Stoga bi prema korektnoj definiciji template obuhvatio kompletan sadržaj poprečnog profila isključujući kosine.

Komande i računarski programi ovog modula namenjeni su konstrukciji template-a, definisanju promene template-a duž osovine i razvijanju modela. Stoga je ovaj modul dobio ime TEMPLATE. Zajedno sa modulom SECTION ovaj modul čini grupu modula CROSS SECTION. Modul SECTION namenjen je isecanju serija poprečnih profila sa kompletiranog prostornog modela objekta i pripremi finalne projektne dokumentacije. Iako su oba modula vezana za poprečni profil kao jednu od osnovnih projekcija linijskog



Sl.4-37.

Princip razvijanja prostornog modela linijskog objekta duž osovine

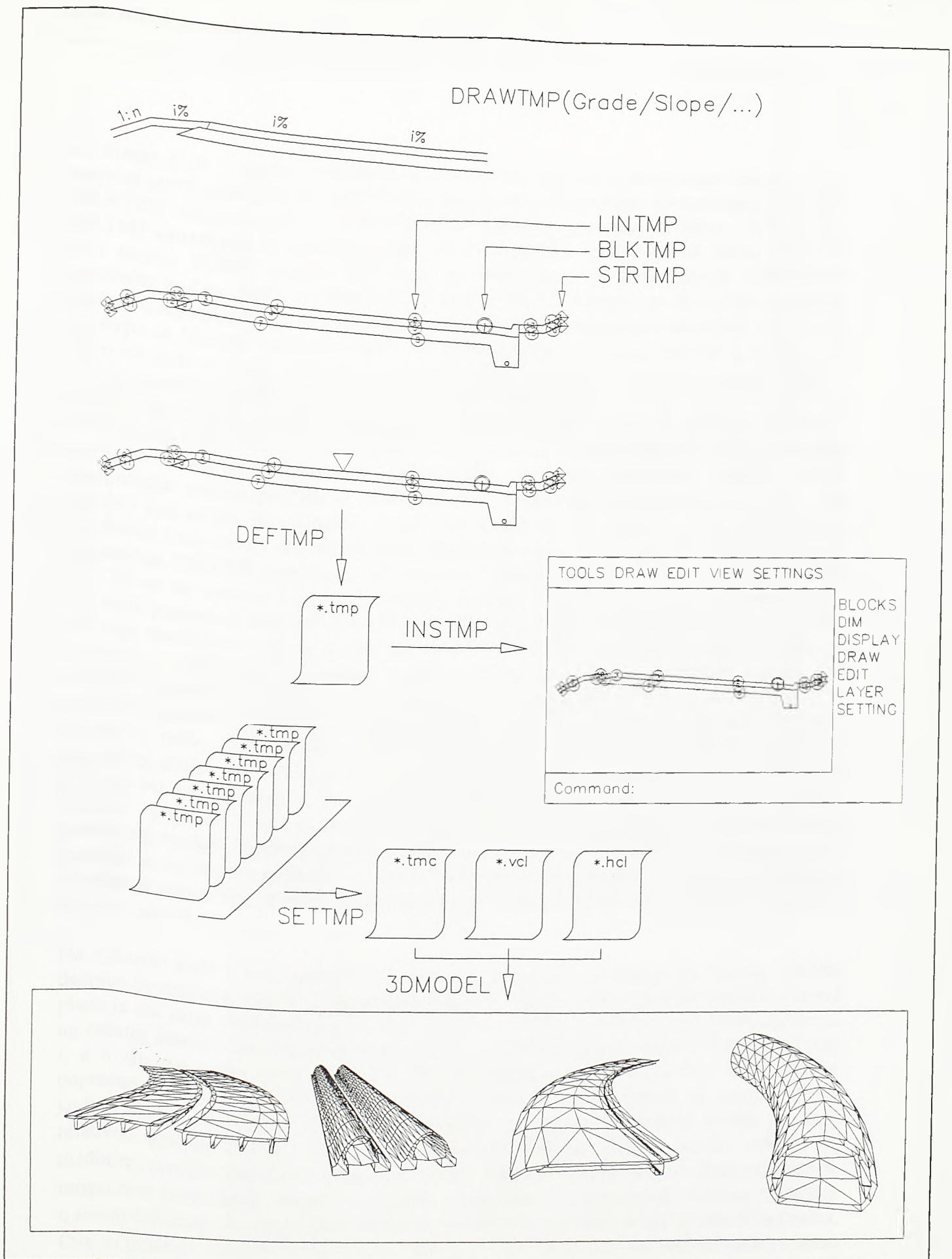
objekta, komande modula TEMPLATE nalaze primenu u fazi modeliranja objekta, a komande modula SECTION u fazi njegove numeričke obrade.

Kako u domaćoj projektantskoj praksi ne postoji termin istog značenja kao i template i kako template u suštini predstavlja najznačajniji deo poprečnog profila to će se u daljem tekstu ovog poglavlja koristiti izraz "poprečni profil".

Računarski programi ovog modula razvijeni su sa osnovnim zadatkom da podrže proces ilustrovan slikom 4-37. Komandama ovog modula konstruišu se poprečni profili i njihovi numerički opisi storiraju u datoteke sa ekstenzijom *.tmp*. Potom se trasa deli na uzastopne deonice. Promena poprečnog profila duž trase određena je početnom stacionažom svake od deonica i sadržajem poprečnog profila na početku i na kraju deonice. Ovi se podaci storiraju u datoteke sa ekstenzijom *.tmc*. Svaki poprečni profil sastavljen je od niza duži, a svaka od tih duži označena je određenim kodnim brojem. Ako se za početnu stacionažu deonice veže početni poprečni profil, a za završnu stacionažu deonice (početnu stacionažu sledeće deonice) završni poprečni profil, prostorni će model biti formiran tako što će se između parova duži sa istim kodnim brojem razviti mreže uparenih trouglova. Jedna mreža polazi iz određene duži početnog poprečnog profila i uliva se u duž sa istim kodnim brojem završnog poprečnog profila. Početak i kraj jedne duži u prvom poprečnom profilu imaju jedan visinski i bočni pomak u odnosu na tačku kojom se profil vezuje za osovinu, a početak i kraj odgovarajuće duži u završnom poprečnom profilu imaju drugi pomak. Tačke po mreži uparenih trouglova sračunavaju se linearnom interpolacijom, po visini i bočno, između početne i krajnje duži. Time se na modelu realizuju vitoperenja, linearna proširenja kolovoznih ploča i pratećih elemenata i drugi vidovi bočnih i visinskih pomeranja strukturnih linija objekta u odnosu na osovinu. Ukoliko se javi potreba za proširenjima i pomeranjima kolovoznih ploča koja nisu linearna tada se ona izvode naknadno, na gotovom prostornom modelu, primenom komandi modula EDITRI. Ako se u profilu nađu i tipski elementi kao što su rigoli, ili čitave drenaže, tada se oni predstavljaju blokom koji se kodira kao celina. Pri tom se sve duži korespondentnih blokova na početnoj i krajnoj stacionaži deonice spajaju mrežama uparenih trouglova.

Prostorni model linijskog objekta generiše se na osnovu podataka o osovini i podataka o promeni poprečnog profila. Podaci o situacionom planu osovine storirani su u datoteci **.hcl*, a podaci o njenom podužnom profilu u datoteci **.vcl*. Program generiše model od zadate početne do zadate krajnje stacionaže modela. Krećući se od početne ka krajnjoj stacionaži modela, program sa zadatim stacionažnim korakom proračunava koordinate osovine planu i njenu visinsku kotu i određuje pripadnost svakog stacionažnog koraka nekoj od deonica promene poprečnog profila zadatih sadržajem datoteke **.tmc*. Na svakom stacionažnom koraku sračunavaju se bočni i visinski pomaci tačaka poprečnog profila u ravni upravnoj na osovinu i prevode u prostorne koordinate. Tačke početaka i krajeva korespondentnih duži na susednim stacionažnim koracima spajaju se uparenim prostornim trouglovima i program na taj način, idući od početne ka krajnjoj stacionaži modela, razvija triangulisani prostorni model linijskog objekta.

Komande modula TEMPLATE podržavaju aktivnosti prethodno opisanog procesa, kako to slika 4-38 pokazuje. Komanda DRAWTMP namenjena je konstrukciji poprečnog profila. Poprečni profi sastoji se od duži predstavljenih LINE entitetima i blokova sastavljenih isključivo od LINE entiteta. Ovi se entiteti mogu konstruisati na razne načine, primenom standardnih opcija AutoCAD-a, a komanda DRAWTMP podržava

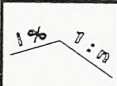




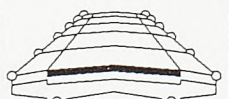


Sl.4-38.

Određivanje sadržaja poprečnog profila, zadavanje promene poprečnog profila duž osovine i razvijanje prostornog modela

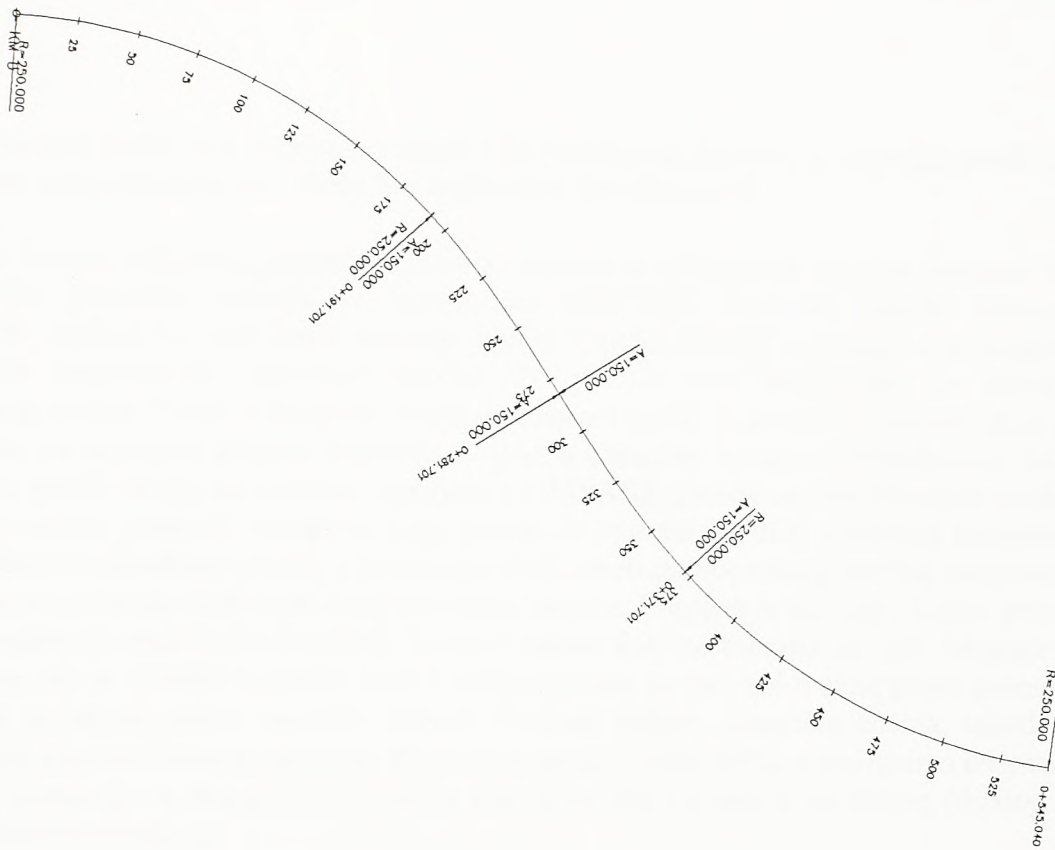
iscrtavanje duži u nagibu izraženom u procentima (*i%*) ili u relativnom iznosu (*l:n*). Poprečni profil uglavnom se i sastoji od ovako konstruisanih duži. Komandama LINTMP i BLKTMP zadaju se kodovi duži i blokova u sastavu poprečnog profila, a komandom STRTMP označavaju se ishodišta kosina po obodu profila. Pozicije ovih tačaka razvijaju se u nizove POINT entiteta kroz koje se komandom SLOPE modula GRADING konstruišu kosine. Kada se konstruiše poprečni profil, pristupa se storiranju njegovog sadržaja u datoteku *.tmp. Po pokretanju odgovarajućeg programa komandom DEFTMP, pokazuju se blokovi kodiranja duži i ishodišta kosina i položaj osovine u profilu. Za svaku od duži na koju izabrani blokovi ukazuju u datoteku *.tmp biće upisani bočni i visinski pomak početka i kraja u odnosu na osovinu, lejer i boja. Tako će prostorni trouglovi generisani između korespondentnih duži pripadati unapred određenom lejeru i imaće zadatu boju. Time je omogućeno kasnije sortiranje ovih trouglova u cilju preciznog proračuna kubatura, racionalne organizacije isečenih poprečnih profila, lakše manipulacije samim prostornim modelom itd. Pored ovih podataka za svaku se duž upisuje i kod strane, leve ili desne, u odnosu na osovinu. Na osnovu ovog koda program će odrediti koja će od dve alternativne dijagonale uparenih trouglova biti realizovana. Komandom INSTMP poprečni profil storiran u datoteci može se uneti u grafički editor kako bi se na osnovu njegove geometrije mogao konstruisati sličan poprečni profil. Programi pokrenuti komandama DRAWTMP, DEFTMP i INSTMP uzimaju u obzir uvećanje vertikalne razmere zadato komandom VEGZAG modula PROFILE. Time je omogućena konstrukcija poprečnih profila u karikiranoj razmeri i korektno storiranje njihovih sadržaja u odgovarajuće *.tmp datoteke. Strukturne linije poprečnih profila poletno-sletnih i rulnih staza po pravilu se nalaze u malim nagibima i stoga se ovde često pribegava radu u karikiranoj razmeri. Komandom SETTMP određuje se promena poprečnog profila duž osovine. Osnovni zadatak programa pokrenutog ovom komandom je da na osnovu uređenih trojki početna stacionaža deonice - poprečni profil na početku deonice - poprečni profil na kraju deonice, formira *.tmc datoteku. Generisanje samog prostornog modela linijskog objekta pokreće se komandom 3DMODEL. Prostorni model generiše se na osnovu podataka o osovini sadržanih u datotekama *.hcl i *.vcl i podataka o promeni poprečnog profila zadatih datotekom *.tmc. Pregled svih navedenih komandi dat je na slici 4-39.

Na slikama 4-40 i 4-41 pokazan je postupak razvijanja detaljnog prostornog modela deonice dvotračnog puta. U gornjem delu slike 4-40 dat je situacioni plan deonice, a ispod plana je dat skup poprečnih profila koji detaljno određuju promenu ove putne projekcije na zadatoj deonici. Iznad svakog od poprečnih profila ispisano je njegovo ime (redni broj *i*, a u slučaju prvog profila karakter *d*), na osnovu koga se formira i ime datoteke poprečnog profila *i.tmp*, nagib po površini kolovoza, kao i stacionaža na kojoj se profil javlja. Model predstavlja put u zoni infleksije i promena poprečnih profila na ovoj relativno kratkoj deonici mogla je biti određena manjim brojem profila. Model je, međutim, razvijen tako da se istaknu svi detalji. Na ovoj kratkoj deonici demonstrirana je mogućnost nezavisnog vitoperenja slojeva, a pokazano je i formiranje preloma posteljice u samoj infleksiji. Na poprečnim profilima označene su po četiri pozicije ishodišta kosina. Ove su pozicije označene rednim brojevima 1, 2, 3 i 4. Neki poznati softveri rade sa samo dva niza obodnih tačaka, što je na prvi pogled logično i opravdano. Detaljan poprečni profil sadrži, međutim, dva para kosina. Posebno se konstruišu kosine po površini samog zemljanog trupa i po površini humusa, naravno, za levu i za desnu stranu. U praktičnoj primeni model ne mora biti ovako detaljan. Sam prelom posteljice u zoni infleksije, određen sa čak pet poprečnih profila (od rednog broja 3. do rednog broja 7.), može se

CROSS SECTION		
TEMPLATE		
Isertavanje strukturnih linija profila		Kodiranje linija u profilu
Kodiranje blokova u profilu		Kodiranje nizova obodnih tačaka
Definicija poprečnog profila		
Isertavanje poprečnog profila		
Definisanje promene poprečnog profila duž osovine		
Razvijanje prostornog modela objekta		

Sl.4-39.

Pregled komandi modula TEMPLATE



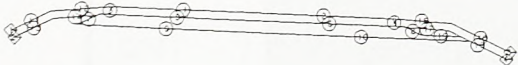
d / -7% / 0+000.000 - 0+100.000



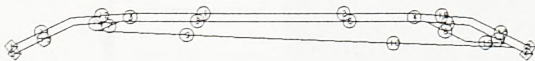
1 / -7% / 0+100.000 - 0+191.701



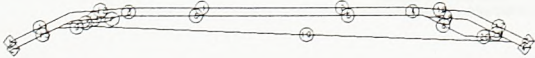
2 / -4% / 0+230.272



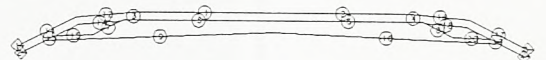
3 / -0.275% / 0+278.151-ε



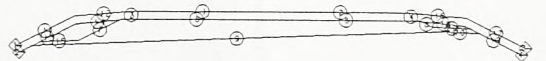
4 / -0.275% / 0+278.151+ε



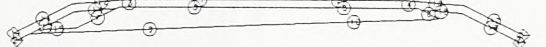
5 / 0% / 0+281.701



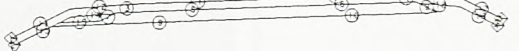
6 / 0.275% / 0+285.251-ε



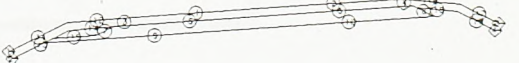
7 / 0.275% / 0+285.251+ε



8 / 4% / 0+333.130



9 / 7% / 0+371.701 - 0+545.040

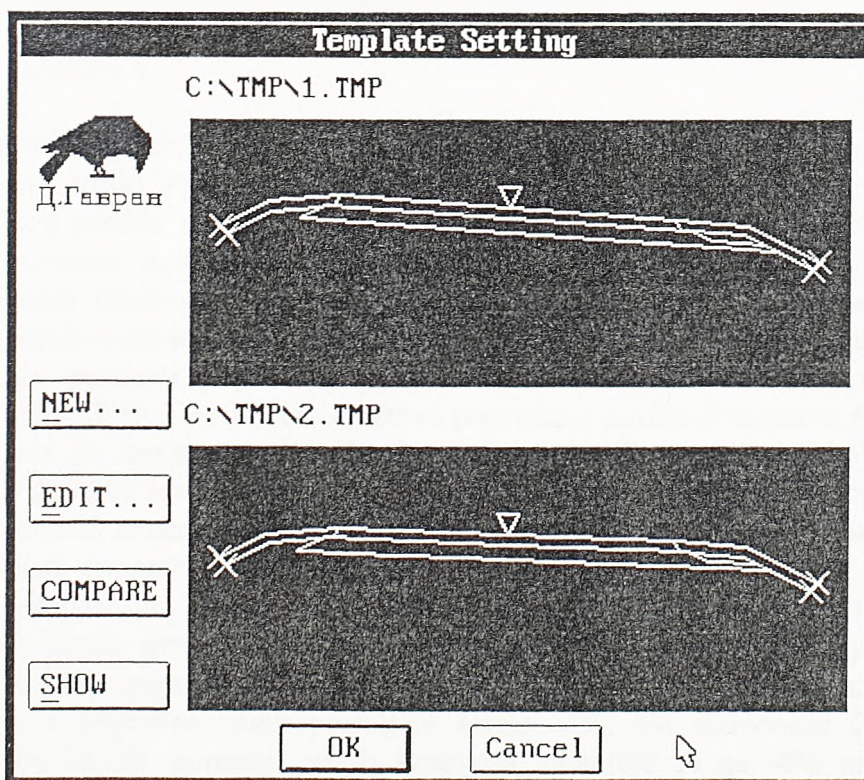


Sl.4-40.

Promena poprečnog profila puta u zoni infleksije

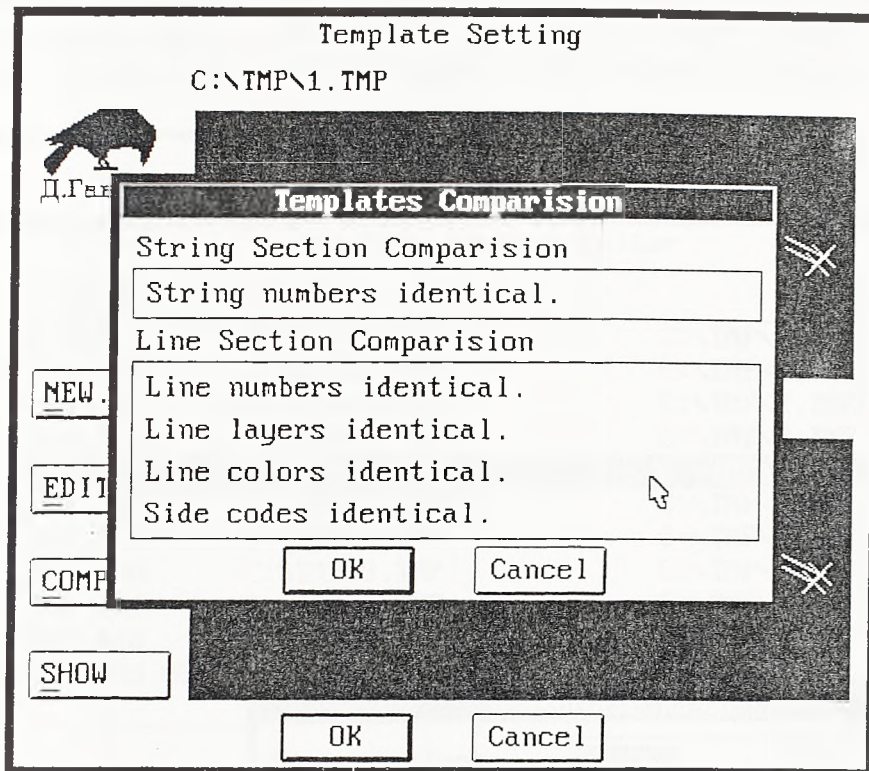
izvesti na licu mesta bez detaljnih podataka sa prostornog modela, a poprečni profil d , u čiji sastav ulazi drenažni rov, može biti oslobođen drenažne cevi.

Pošto se formira biblioteka poprečnih profila pristupa se definisanju njegove promene duž trase. Ova promena definiše se komandom SETTMP. Osnovni dijalog komande SETTMP, dijalog 4., nudi četiri osnovne opcije. Opcija SHOW namenjena je pregledu biblioteke raspoloživih poprečnih profila. Po pozivu ove opcije bira se datoteka poprečnog profila *.tmp, a program iscrtava izabrani profil u gornjem prozoru dijaloga. Krstićima su označene pozicije ishodišta kosina, a obrnutim trouglom obeležena je tačka kojom se profil vezuje za osovinu. Opcijom COMPARE porede se dva poprečna profila. Da bi se mreže uparenih trouglova koje polaze iz strukturnih duži početnog poprečnog profila deonice korektno utopile u strukturne duži završnog poprečnog profila, neophodno je da korespondentne duži budu kodirane istim brojem. Logično je da i boje i lejeri parova korespondentnih duži budu identični. Kodovi strana duži ne moraju biti isti. Moguće je, na primer, da se srednje razdelno ostrvo saobraćajnice sa dve kolovozne ploče premešta sa jedne na drugu stranu osovine. Nizovi obodnih tačaka, ishodišta kosina, takođe bi trebali biti kodirani istim brojevima. Po pozivu opcije COMPARE, u prozorima osnovnog dijaloga iscrtavaju se dva poprečna profila koji se porede i otvara novi dijalog (dijalog 5.) sa rezultatima poređenja.



Dijalog 4.

Promena poprečnog profila duž trase stori se u datoteku *.tmc. Nova datoteka formira se pozivom opcije NEW, a postojeća datoteka edituje se pozivom opcije EDIT.

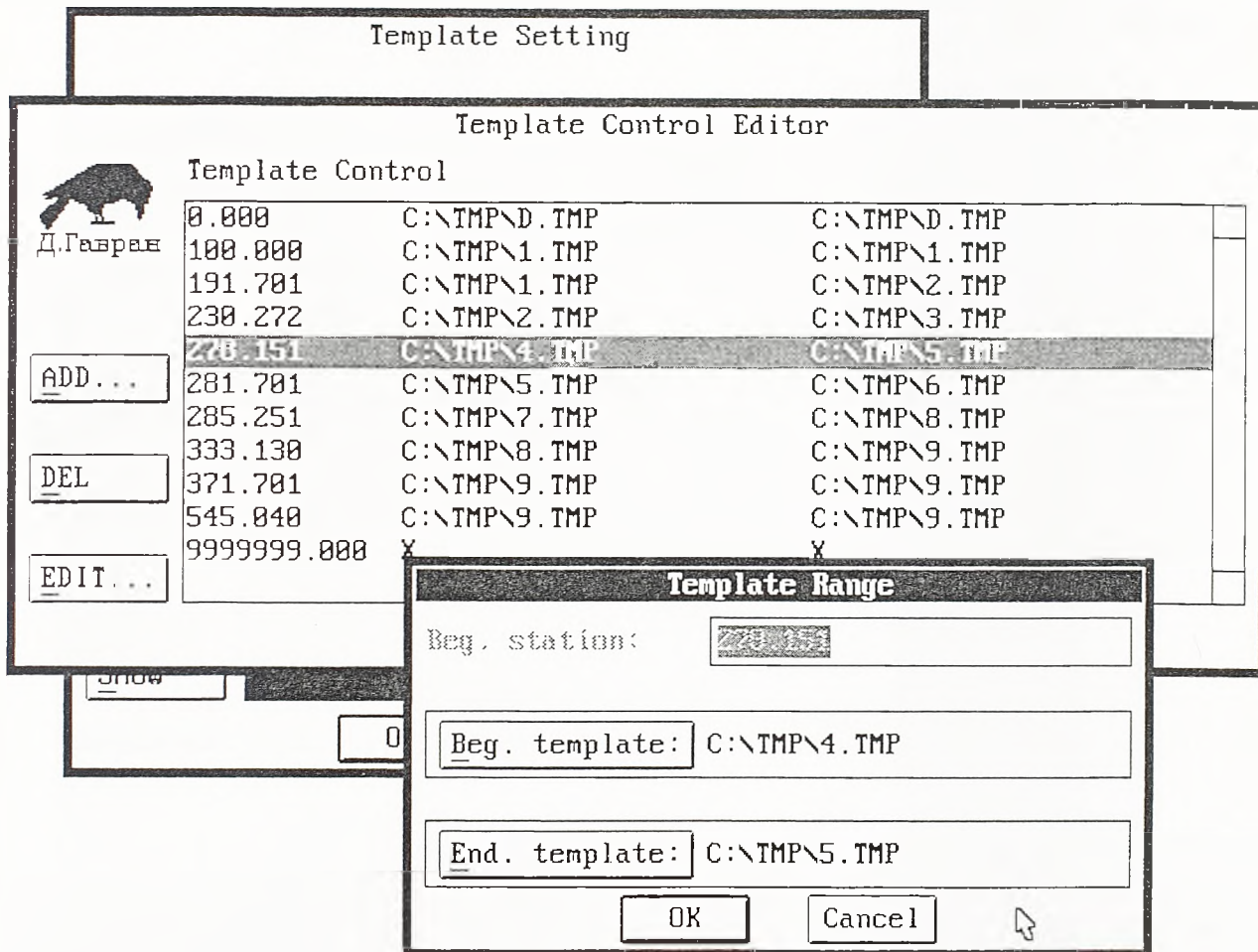


Dijalog 5.

Promena poprečnog profila zadaje se kroz dijalog 6. Promena poprečnog profila zadaje se nizom uređenih trojki. Prvi podatak trojke je početna stacionaža deonice, drugi podatak je ime poprečnog profila na početku deonice, a treći je ime poprečnog profila na kraju deonice. Strukturne duži prvog poprečnog profila deonice, kao generatriše, razvijaju prostorni model linijskog objekta duž osovine kao direktrise, da bi se na narednoj stacionaži utopile u strukturne duži završnog poprečnog profila deonice. Podaci u dijalogu 6. odgovaraju promeni poprečnog profila duž osovine date na slici 4-40. Između stacionaža 0+000.000 i 0+100.000 u sastavu poprečnog profila je drenaža. Poprečni nagib kolovoza ovde je konstantan i početni i završni profil na deonici koja počinje na stacionaži 0+000.000 identični su (poprečni profil *d.tmp*). Između stacionaža 0+100.000 i 0+191.701 je čista kružna krivina i poprečni nagib je konstantan pa su početni i krajnji profil opet isti (poprečni profil *l.tmp*). Između stacionaža 0+191.701 i 0+230.272 kolovoz se vitoperi od -7% do -4%, a poprečni profil se menja sa *l.tmp* na *2.tmp*. Ova poslednja stacionaža predstavlja diskontinuitet jer su do tog mesta posteljica i površina kolovoza pod istim poprečnim nagibom. Dalje prema infleksiji poprečni nagib kolovoza se smanjuje, a poprečni nagib posteljice ostaje -4%. Od stacionaže 0+230.272 do stacionaže 0+278.151 poprečni nagib kolovoza smanjuje se sa -4% na -0.275%, a poprečni profil se menja sa *2.tmp* na *3.tmp*. Na stacionaži 0+278.151 počinje prelom posteljice u zoni infleksije. Na stacionaži koja se nalazi beskonačno blisko iza ove poslednje nalazi se profil *4.tmp* na kome počinje izdvajanje levog drenažnog ispusta iz tamponskog sloja. U infleksiji je simetrični profil *5.tmp* sa krovasto slomljenom posteljicom.

Promena poprečnog profila sa druge strane infleksije može se pratiti kroz primer dijaloga. Nova deonica promene poprečnog profila unosi se pozivom opcije ADD, a postojeća se

bríše opcijom DEL. Opcijom EDIT mogu se menjati početni i završni poprečni profil deonice. Po pozivu opcija ADD i EDIT pojavljuje se novi dijalog. Kroz polje "Beg.template" bira se početni profil, a kroz polje "End.template" završni profil deonice.



Dijalog 6.

Sama imena poprečnih profila trebaju biti asocijativnija od imena upotrebljenih u pokazanom primeru. U okviru imena treba naći mesta za šifru osnovnih dimenzija (širina saobraćajnih traka i bankina), šifru poprečnog nagiba kolovoza, šifru aranžmana profila (pozicija дренаže, tipska oivičenja) itd. Svakako da je mnogo lakše formirati biblioteku poprečnih profila poletno-sletnih i rulnih staza. U okviru jednog airside-a njih nema mnogo i uglavnom su, sa izuzetkom strukturnih duži osnovne staze, simetrični.

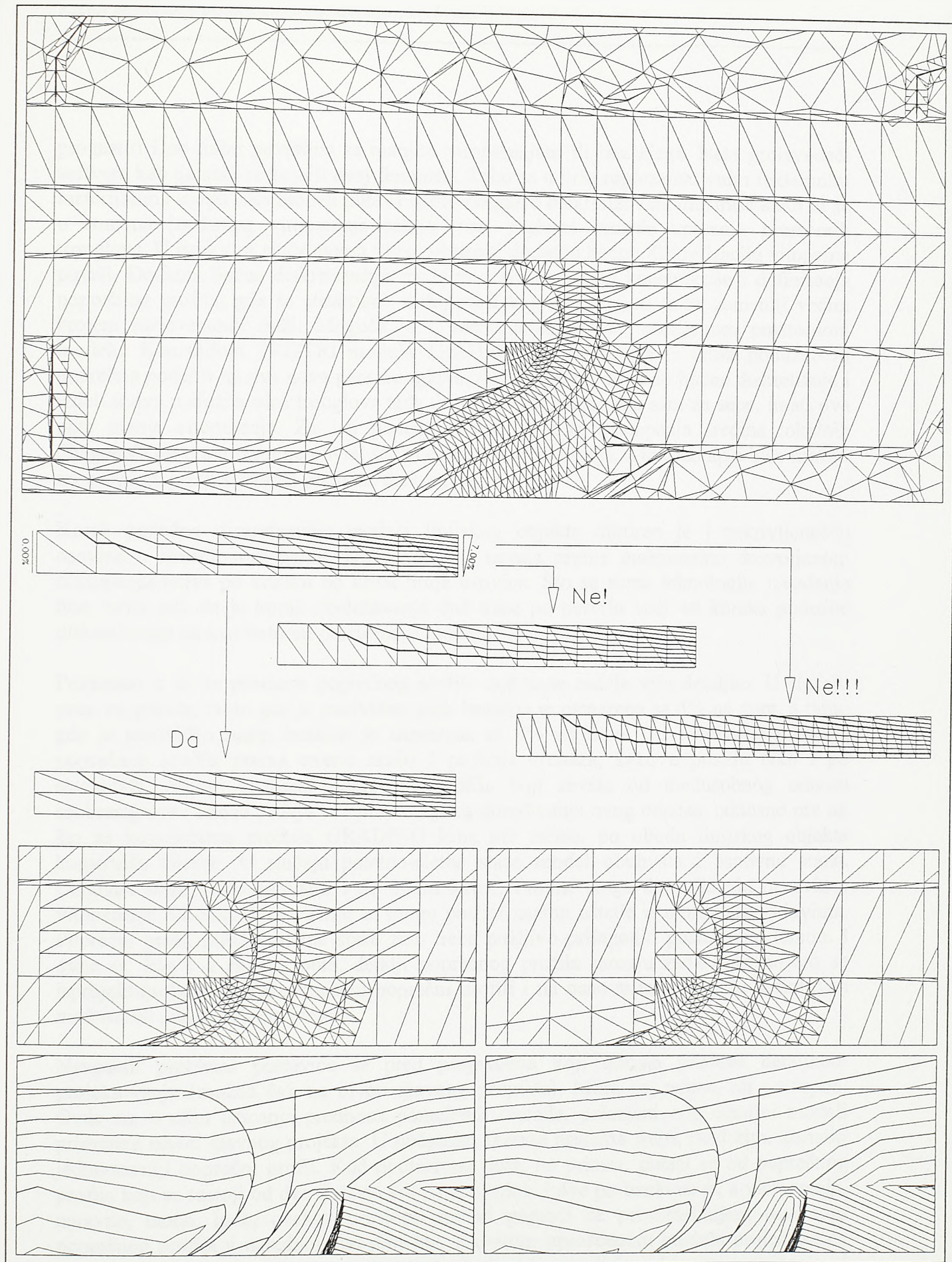
Na slici 4-41 pokazan je prostorni model dvotračnog puta razvijen na osnovu prethodnih podataka. Sam prostorni model razvija se komandom 3DMODEL. Model se razvija na osnovu sadržaja izabranih *.hcl, *.vcl i *.tmc datoteka, između zadate početne i krajnje stacionaže modela i sa zadatim stacionažnim korakom. Pri tome se poprečne linije na stacionažnim koracima mogu generisati kao vidljive ili nevidljive. Većina modela prikazana u ovom radu generisana je sa nevidljivim poprečnim linijama zbog bolje preglednosti. U gornjem delu slike pokazan je prostorni model puta, a u donjem delu slike posebno su izdvojeni tamponski sloj i prelom posteljice u zoni infleksije. Na ovakvom modelu mogu se pripremiti detaljni i apsolutno tačni podaci za izvođenje po svim slojevima i strukturnim linijama objekta.

Realna površina kolovoza između korespondentnih duži na susednim stacionažnim koracima predstavlja pravoizvodnu površ. Radi daljeg proračuna (proračun kubatura, nivelacija itd.) ove pravoizvodne površi rastavljene su na uparene trouglove. Četiri temena pravoizvodne površi i četiri temena uparenih trouglova identična su. Pravoizvodna površ dodiruje segment modela definisan uparenim trouglovima po njihovim spoljnim ivicama. Stoga korak diskretizacije treba odabrati tako da odstupanje sredine zajedničke stranice uparenih trouglova od pravoizvodne površi bude prihvatljivo. Što je vitoperenje pravoizvodne površi veće, veće će biti i ovo odstupanje. U nekim slučajevima, međutim, proglašavanje podužne diskretizacije potpuno gubi smisao, a rešenje se nalazi u dodatnoj bočnoj diskretizaciji. Ovakav pristup karakterističan je za površine sa jako izraženim vitoperenjem, a konkretan primer pokazan je na slici 4-42. Ovde je pokazan model izlaska rulne staze na poletno-sletnu stazu. Osnovna staza poletno-sletne staze vitoperi se i zauzima poprečni nagib jednak podužnom nagibu rulne staze. Rulna staza se svojim podužnim nagibom uvodi u poprečni nagib kolovoza poletno-sletne staze uz minimalno nivelaciono odstupanje od površine osnovne staze, kako bi se izbegli dinamički udari usled eventualnog izletanja aviona sa poletno-sletne staze i poprečnog prelaska preko rulne staze. U zoni vitoperenja izvršena je dodatna bočna diskretizacija modela površine osnovne staze poletno-sletne staze. Razlog primene bočne diskretizacije ilustrovan je u srednjem delu slike. Ovde pokazana vitoperna površ širine 7m i dužine 70m. Desna ivica površi nalazi se u horizontali, a sama se površ vitoperi oko nje. Početni poprečni nagib površi je 0%, a završni -7%. Donji levi trougao diskretizovane površi koji izlazi na poprečni nagib od 0% je u horizontali. Ako su temena ovog trougla na koti 0.00 tada se i sredina zajedničke stranice, tačke u kojoj je odstupanje od realne pravoizvodne površi najveće, nalazi na nultoj koti. Ovo je odstupanje dato izrazom:

$$z = (k/2) \times (ir/2)$$

gde je k korak podužne diskretizacije, a ir nagib rampe vitoperenja po levoj ivici. Očigledno da je nagib fiktivne rampe vitoperenja koji bi išao sredinom pravoizvodne površi upola manji od onoga koji ide levom ivicom. Kako se kota računa na polovini dužine koraka, zakonitost je očigledna. Odavde se zaključuje da je glavni faktor koji utiče na izbor koraka podužne diskretizacije prostornog modela nagib rampe vitoperenja kolovoznih ploča.

Prelomi izohipsi po mreži trouglova vitoperne površi jako su izraženi, a odstupanja sredina dijagonala od pravoizvodne površi znatna su. Proglašavanjem podužne diskretizacije, prema izrazu za odstupanje sredine dijagonale i pravoizvodne površi, ova bi se greška smanjila. Prelomni uglovi duž izohipsi, međutim, ostali bi isti, mada bi, kada bi se korak diskretizacije dovoljno umanjio, bili manje uočljivi. Izohipse po nizu trouglova koji stranicama izlaze na desnu ivicu, ivicu koja ostaje na nultoj koti, uvek će biti paralelne toj ivici. Izohipse trouglova stranicom vezanih za levu ivicu površi, na mestima gde se koraci po gušćoj diskretizaciji poklapaju sa starim koracima, poklopiće se sa starim izohipsama. Na tim mestima ravni starih i novih prostornih trouglova vezanih za ivicu koja se vitoperi identične su. Te ravni sadrže po dve zajedničke prave, pravu koja definiše poprečnu liniju i samu levu ivicu kolovoza. Tako, pri prostom proglašavanju podužne diskretizacije, uglovi pod kojim se seku ravni prostornih trouglova i prelomni uglovi izohipsi po njima ostaju isti. Sem toga, ako se u zoni izraženog vitoperenja kolovoza progusti korak podužne diskretizacije, trougaona mreža će se bespotrebno



Sl.4-42.

Odnos poprečne i podužne diskretizacije modela linijskog objekta

progustiti i po onim površima sa manjim vitoperenjem ili bez njega. Neki proizvođači softvera kao da nisu razjasnili ovaj fenomen. Tako se u vrlo reprezentativnim reklamnim materijalima mogu naći modeli puteva enormno gusto diskretizovani duž trase kako bi se u zonama izraženog vitoperenja sakrili oštri prelomi između uparenih prostornih trouglova. U ovakvim slučajevima treba primeniti dodatnu bočnu diskretizaciju vitoperne površi. Dodatna bočna diskretizacija može se rešiti na nivou konstrukcije i definisanja poprečnog profila, gde se strukturalna duž površi koja se vitoperi treba zameniti većim brojem nadovezanih duži. Moguća je i intervencija na već razvijenom prostornom modelu. Komandom TRI2TRI modula TRIUTILS par trouglova se može podužno ili poprečno podeliti na dva nova para trouglova. Ako se površ dodatno bočno diskretizuje i izdela u dva podužna niza trouglova tada će svaki niz, posmatran sam za sebe, imati dva puta manje vitoperenje. Za isti podužni korak modela odstupanja sredina lokalnih dijagonala od pravoizvodne površi sada će biti dva puta manja, a tok izohipsi biće mirniji no u slučaju progušćavanja podužne diskretizacije.

Korak podužne diskretizacije modela linijskog objekta diktiran je i zakrivljenošću osovine u situacionom planu. Korak se tada usvaja prema maksimalno dozvoljenom odstupanju tetive po koraku od krive linije osovine. Što se same tehnologije izvođenja tiče, treba reći da je korak obeležavanja duž trase po pravilu veći od koraka podužne diskretizacije na kvalitetnom prostornom modelu.

Pokazano je da se promena poprečnog profila duž trase zadaje vrlo detaljno. U slučaju puta, na primer, tamo gde je predviđen usek bankina je usmerena sa 4% na gore, a tamo gde je predviđen nasip bankina je usmerena sa 8% na dole. Od relativnog položaja poprečnog profila prema terenu zavisi i pozicija drenaža, kako u profilu tako i po stacionaži. Mnogi elementi poprečnog profila koji zavise od međusobnog odnosa saobraćajnice i terena zadaju se i pre detaljnog određivanja ovog odnosa, odnosno pre no što se komandama modula GRADING kroz niz tačaka po obodu linijskog objekta konstruišu kosine. U slučaju poletno-sletne staze model obuhvata i osnovnu stazu. Osnovna staza može zahvatiti i do 300m širine. Propisi stoga dozvoljavaju nezavisno vitoperenje osnovne staze. Time se mogu postići znatne uštede u zemljanim radovima. Poprečni profil poletno-sletne staze zato treba pažljivo prilagoditi postojećem terenu. I ovde se, kao i u slučaju puta, detalji poprečnog profila moraju zadati pre no što se isprojektuju kosine, iseku konačni poprečni profili i na osnovu toga sagleda definitivan međusobni odnos objekta i terena.

Navedeni problemi postaviće se pred projektanta koji odmah pristupa detaljnom projektovanju (možda čak na nivou glavnog projekta). Mora se, naime, ići postupno. Ovde su, u cilju isticanja prednosti ponuđenih metoda, pokazani vrlo detaljni modeli primereni nivou glavnog projekta. U početnim fazama projekta treba, međutim, koristiti jednostavniji poprečni profil. Kod dvotračnog puta, na primer, polazi se od poprečnog profila koji se sastoji od dve duži po kolovoznoj ploči i dve po bankinama, a vitoperenja, naravno, nema. Ipak, ovakav prostorni model pomoći će pri detaljnijem usvajanju poprečnog profila u narednoj fazi projekta. Na ovom uprošćenom modelu projektant će sagledati tok kosina i prema tome locirati odgovarajuće elemente oivičenja i odvodnjavanja. Idući ka glavnom projektu, postupno se dolazi do detaljne definicije poprečnog profila i njegove promene duž trase. U poglavlju 3.6., na primeru rulne staze, preporučeno je stepen detaljnosti poprečnog profila i samog prostornog modela po pojedinim koracima procesa projektovanja.

4.3.5. Modeliranje kosina zemljanih objekata - modul GRADING

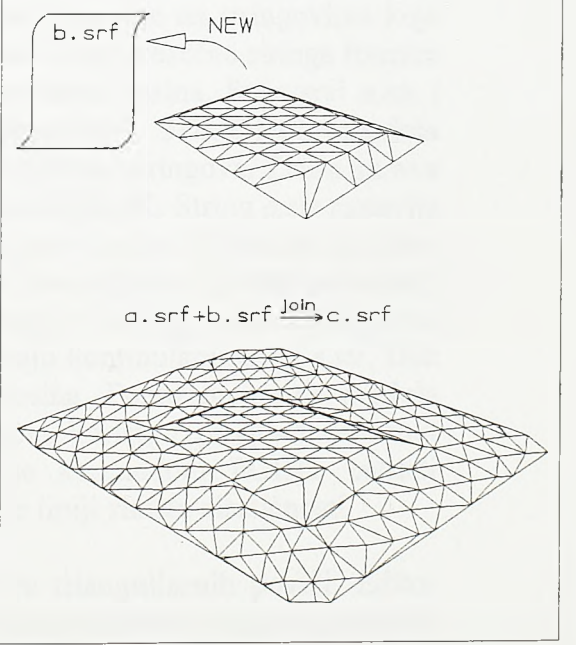
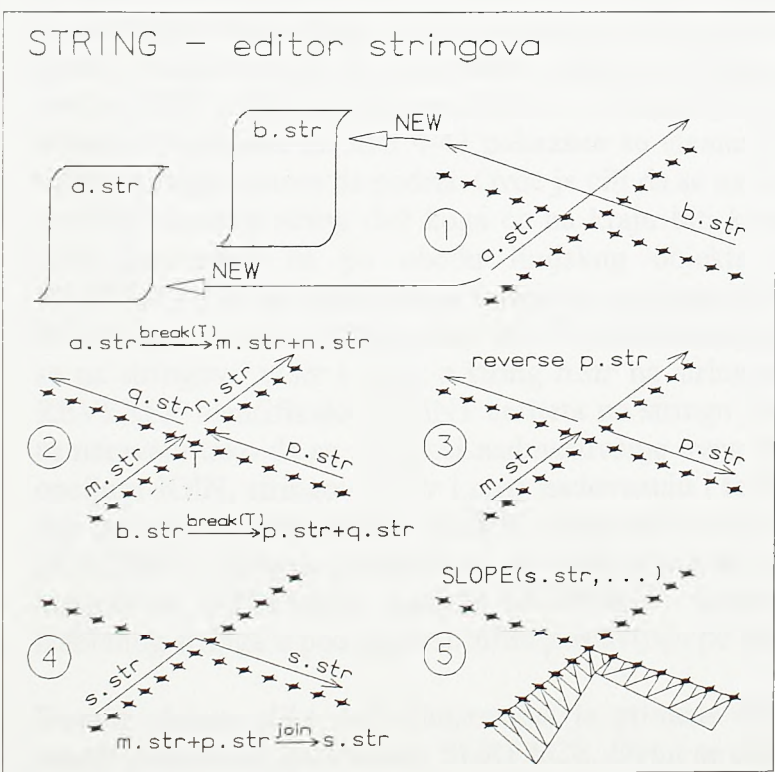
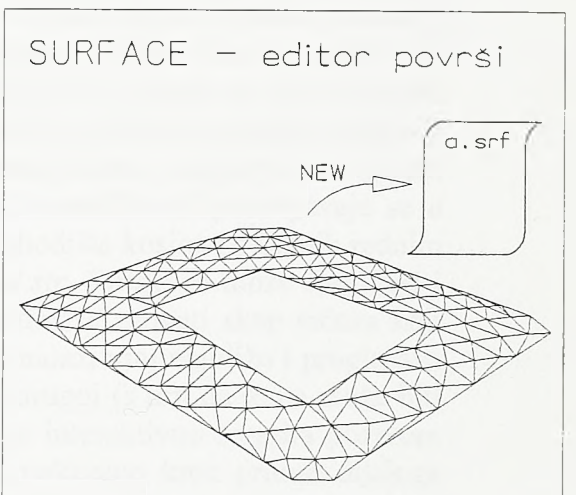
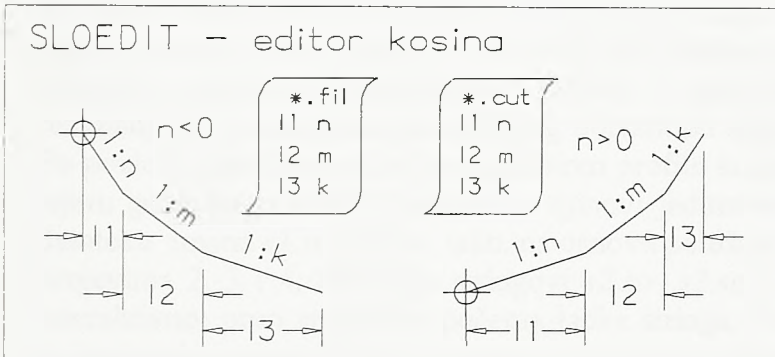
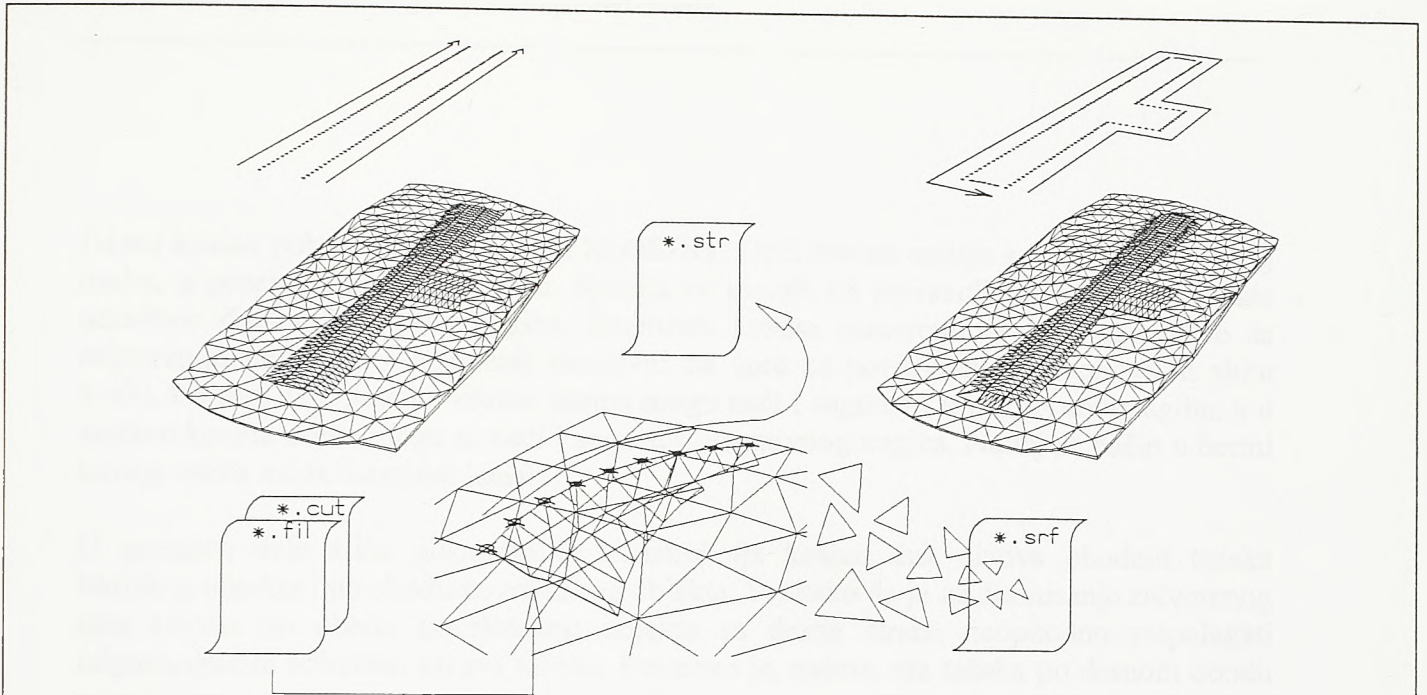
Zaključno sa primenom prethodno pokazanih modula formiran je jedan ili više prostornih modela linijskih objekata u području airside-a ili landside-a aerodroma. Ovi su modeli razvijeni duž prostornih krivih linija osovina, definisanih u planu i podužnom profilu primenom računarskih programa modula PLAN i PROFILE. Modeli su razvijeni programima modula TEMPLATE, na osnovu zadate promene poprečnog profila duž osovina. Duž oboda prostornih modela linijskih objekata generisani su i nizovi tačaka (POINT entiteta) ishodišta kosina. Predviđeno je razvijanje do četiri niza tačaka duž jednog modela linijskog objekta. Po pravilu se jedan par nizova razvija levom, a drugi par desnom stranom objekta. Jedan se niz može upotrebiti za konstrukciju kosine po površini humusa, a drugi za konstrukciju kosine po samom zemljanom trupu. Ukoliko je modelom predstavljena otvorena deonica linijskog objekta, tada se, primenom odgovarajućih komandi modula GRADING, odmah po razvijanju modela konstruišu kosine. I airside i landside aerodroma sadrže veći broj ukrštaja linijskih objekata: ukrštaja poletno-sletnih i rulnih staza, veza rulnih staza i platformi, površinskih putnih raskrsnica, denivelisanih putnih raskrsnica, veza sa parkinzima itd. Stoga se ovde, po razvijanju situaciono i nivelaciono koordiniranih prostornih modela linijskih objekata, prvo pristupa modeliranju njihovih ukrštaja. Pri modeliranju ovih ukrštaja uglavnom se koriste programi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS. Tek nakon toga se, upotrebom programa modula GRADING, po obodima ukrštaja linijskih objekata konstruišu kosine. Još je u uvodnom delu poglavlja 4.3.4. rečeno da je konstrukcija kosina tehnološki razdvojena od konstrukcije modela linijskog objekta upravo zato da bi se omogućilo projektovanje raznovrsnih oblika kosina koje se u zonama ukrštaja mogu pojaviti. Programi i komande modula GRADING mogu se primeniti i pri modeliranju raskrsnica. Na primer, model ivičnjaka može se posmatrati kao specijalni oblik kosine. I ivičnjak se, kao i kosina, konstruiše duž niza tačaka, doduše po obodu kolovoza, a ne po obodu bankine. Posmatrano u poprečnom profilu i ivičnjak se sastoji od nekoliko segmenata određenih dužina i nagiba, s tom razlikom što je poprečni profil ivičnjaka konstantan, a dužina poslednjeg segmenta kosine, segmenta koji prodire teren nije unapred poznata.

Tri su osnovna podatka, ili grupe podataka, koji određuju oblik kosine. Kosinu karakteriše zadata geometrija u poprečnom profilu, ona se konstruiše kroz niz tačaka po obodu osnovne staze ili bankine i njen se spoljni kraj nalazi u tački proračunatog prodora kroz teren. To znači da se i sam prostorni model kosine konstruiše na osnovu ovih podataka. Program kosinu konstruiše na osnovu zadanog poprečnog profila za slučaj useka i nasipa, unutrašnju ivicu kosine vodi po zadanom nizu tačaka duž oboda modela objekta, a spoljnu ivicu proračunava u prodoru kosine kroz triangulisani model terena. Stoga su, sa ciljem efikasnog formiranja ulaza u program za proračun kosina, prvo razvijena tri editora: editor kosina, editor stringova (nizova tačaka) i editor triangulisanih površi. U drugoj su se grupi našli sami programi za konstrukciju kosina, a u trećoj programi za konstrukciju površi koje su po svojim elementarnim geometrijskim svojstvima slične kosinama. Editor kosina poziva se komandom SLOEDIT, editor stringova komandom STRING, a editor triangulisanih površi komandom SURFACE. Programi za konstrukciju kosina pokreću se komandama SLOPE i ABUTE, a programi za konstrukciju površi srodnih kosinama komandama CONST, MULTI, TWIST i MEETSLO. Kotiranju nagiba

kosina, ali i poprečnih nagiba kolovoza i drugih triangulisanih površi, namenjena je zasebna komanda LBL Slope.

Slikama 4-43, 4-44, 4-45, 4-46 i 4-47 ilustrovana je primena programa modula GRADING. Formalno posmatrano, na slikama su pokazani primeri konkretne primene razvijenog softvera. Svakako da je i pre no što je sam softver razvijen, postojala jasna predstava o programima koje treba napisati, mestima njihove operativne primene i njihovim funkcionalnim karakteristikama i ta je predstava bila identična onome što pomenute slike pokazuju. Stoga bi možda bilo ispravnije reći da je slikama od 4-43 do 4-46 slikovito zadat projektni zadatak za razvoj softvera namenjenog konstrukciji kosina i njima srodnih površi.

Slikom 4-43 ilustrovani su funkcionalni zahtevi koji se postavljaju pred editor kosina, editor stringova i editor triangulisanih površi. Na početku je rečeno da kosinu određuju poprečni profil, niz tačaka ishodišta kosina po obodu objekta i triangulisana površ terena u čijem se prodoru proračunava spoljna ivica kosine. Predviđeno je da se niz tačaka ishodišta kosina formira kao niz POINT entiteta. Po obodima osnovnih staza airside-a i bankina landside-a može biti postavljen veoma veliki broj tačaka kroz koje treba konstruisati kosine. Editorom stringova ove se tačke grupišu u uređene nizove. Podaci o formiranim nizovima čuvaju se u *.str datotekama. U ovim su datotekama postrojeni jedinstveni identifikatori POINT entiteta koji niz čine. Svaka od tih tačaka stoji na određenoj poziciji u trodimenzionalnom prostoru, a programi koji za ulaz uzimaju string obraćaju se toj tački preko jedinstvenog identifikatora i u proračun uzimaju njene koordinate. Tako se može formirati veći broj nizova tačaka različitih imena, a jedna se tačka može pojaviti u proizvoljnom broju nizova. Geometrija kosine zadata je poprečnim profilom u kome se može naći proizvoljan broj segmenata određenog nagiba. Editorom kosina posebno se formiraju poprečni profili kosina u useku, a posebno poprečni profili kosina u nasipu. Opis kosina nasipa storira se u *.fil datoteke, a opis kosina useka u *.cut datoteke. Editorom kosina može se definisati proizvoljan broj kosina useka i nasipa različitih imena. Tako se na jednom složenom površinskom objektu može pojaviti veći broj potpuno različitih tipova kosina. Triangulisana površ u čijem se prodoru proračunava spoljna ivica kosine definiše se editorom površi. Pre konstrukcije kosine u sastavu prostornog modela već se nalazi teren sastavljen od prostornih trouglova. U sastavu modela može se naći i neki postojeći ili novoprojektovani objekat na koji kosina koja se konstruiše može pasti. Stoga se trouglovi po ovakvim objektima i trouglovi po digitalnom modelu terena editorom površi grupišu u zajedničku triangulisanu površ, a njihovi jedinstveni identifikatori storiraju se u datoteke *.srf. Tako će pri proračunu prodora odgovarajući program ravnopravno tretirati trouglove po modelu terena i trouglove po modelu postojećeg objekta. Jedan od osnovnih zadataka editora površi je i da suzi područje proračuna kosina. Ako se, na primer, konstruiše konusna kosina, takozvana keglja, na obodu jednog od pragova poletno-sletne staze, u sastav površi treba uključiti samo trouglove po modelu terena u široj zoni mogućeg prodora kosine. Analiza svih trouglova u zahvatu airside-a nepotrebno bi produžila vreme proračuna. Kao i u slučaju stringova, program koji za ulaz uzima površ određenu sadržajem *.srf datoteke, obraća se trouglovima preko njihovih jedinstvenih identifikatora storiranih u datoteci. Kompleksna triangulisana površ sastavljena od trouglova po digitalnom modelu terena i trouglova po modelima postojećih objekata može biti izdvojena u proizvoljan broj preklapajućih površi u skladu sa zahtevima proračuna. Pojedini prostorni trouglovi u zoni preklapanja mogu se tada naći u sastavu većeg broja površi.



Sl.4-43.

Primena editora kosina, editora stringova i editora površi

Editor kosina pokreće se komandom SLOEDIT. Opis kosina zadaje se posebno za slučaj useka, a posebno za slučaj nasipa. Kosina se sastoji od proizvoljnog broja segmenata određene dužine i zadanog nagiba. Segmenti kosina usmereni na dole zadaju se sa negativnim nagibom, a segmenti usmereni na gore sa pozitivnim nagibom (vidi sliku 4-43). Pri tom se u sastavu kosine nasipa mogu naći i segmenti u pozitivnom nagibu, a u sastavu kosina useka mogu se naći i segmenti negativnog nagiba. Na taj se način u bermi kosine useka može formirati kanal.

U gornjem delu slike pokazana je konstrukcija kosina duž nizova obodnih tačaka linijskog objekta i po obodu površinskog objekta. Svakako da je za definisanje zatvorenog niza tačaka po obodu površinskog objekta sa desne strane neophodno raspolagati odgovarajućim editorom nizova tačaka. Potrebno je, naime, niz tačaka po desnom obodu prostornog modela poletno-sletne staze prekinuti u zoni platforme i u njega umetnuti niz po obodu platforme. Takođe je potrebno niz po levom obodu obrnuti i preko posebnih nizova tačaka ispred pragova povezati sa desnim nizom. Editor nizova tačaka, ili stringova, pokreće se komandom STRING. U poglavlju 4.3.4. rečeno je da se tokom razvijanja prostornog modela linijskog objekta po njegovim obodima generišu stringovi. Po poziciji ishodišta kosina, u poprečnom profilu kodiranoj rednim brojem 1, u tekućem lejeru generišu se POINT entiteti, a njihovi jedinstveni identifikatori postrojavaju se u datoteku imena *s1.str*. Isto se tako, na osnovu položaja ishodišta kosina kodiranih rednim brojevima 2, 3 i 4, formiraju stringovi *s2.str*, *s3.str* i *s4.str*. String se može formirati i interaktivno: prvo se pokaže početna tačka stringa, a zatim se zahvati skup tačaka koji treba da uđe u njegov sastav. Program uzima prvu tačku, nalazi njoj najbližu i proglašava je za drugu tačku stringa, zatim pronalazi tačku najbližu drugoj (s tim da to ne može biti prva) i proglašava je za treću tačku stringa itd. String se interaktivno formira pozivom opcije NEW editora stringova, kako će to kasnije biti pokazano kroz primer dijaloga editora. U primeru na slici 4-43 pokazane su elementarne operacije na stringovima koje editor stringova mora da podrži. Ovde je cilj da se na osnovu dva presečna stringa formira novi kontinualni string duž koga će na kraju biti konstruisana kosina. Stringovi *a.str* i *b.str* generisani su po obodu linijskog objekta komandom 3DMODEL modula TEMPLATE ili su interaktivno formirani opcijom NEW editora stringova. Zatim su ova dva stringa u izabranoj presečnoj tački *T* prekinuta opcijom BREAK. String *a.str* rastavlja se na stringove *m.str* i *n.str*, a string *b.str* na stringove *p.str* i *q.str*. Potom se opcijom REVERSE identifikatori POINT entiteta po stringu *p.str* postavljaju u obrnuti redosled i usmeravaju tako da se omogući nadovezivanje ovog stringa na string *m.str*. Na kraju se, opcijom JOIN, stringovi *m.str* i *p.str* nadovezuju i formiraju kontinualni string *s.str*. Duž tog stringa se, komandom SLOPE, konstruiše sama kosina. Pored programa modula GRADING, stringove definisane na ovde pokazani način koristi i program pokrenut komandom PTSPLINE modula SETPOINT. Ovom se komandom POINT entiteti izabranog stringa u podužnom profilu postavljaju po spline liniji zadate elastičnosti.

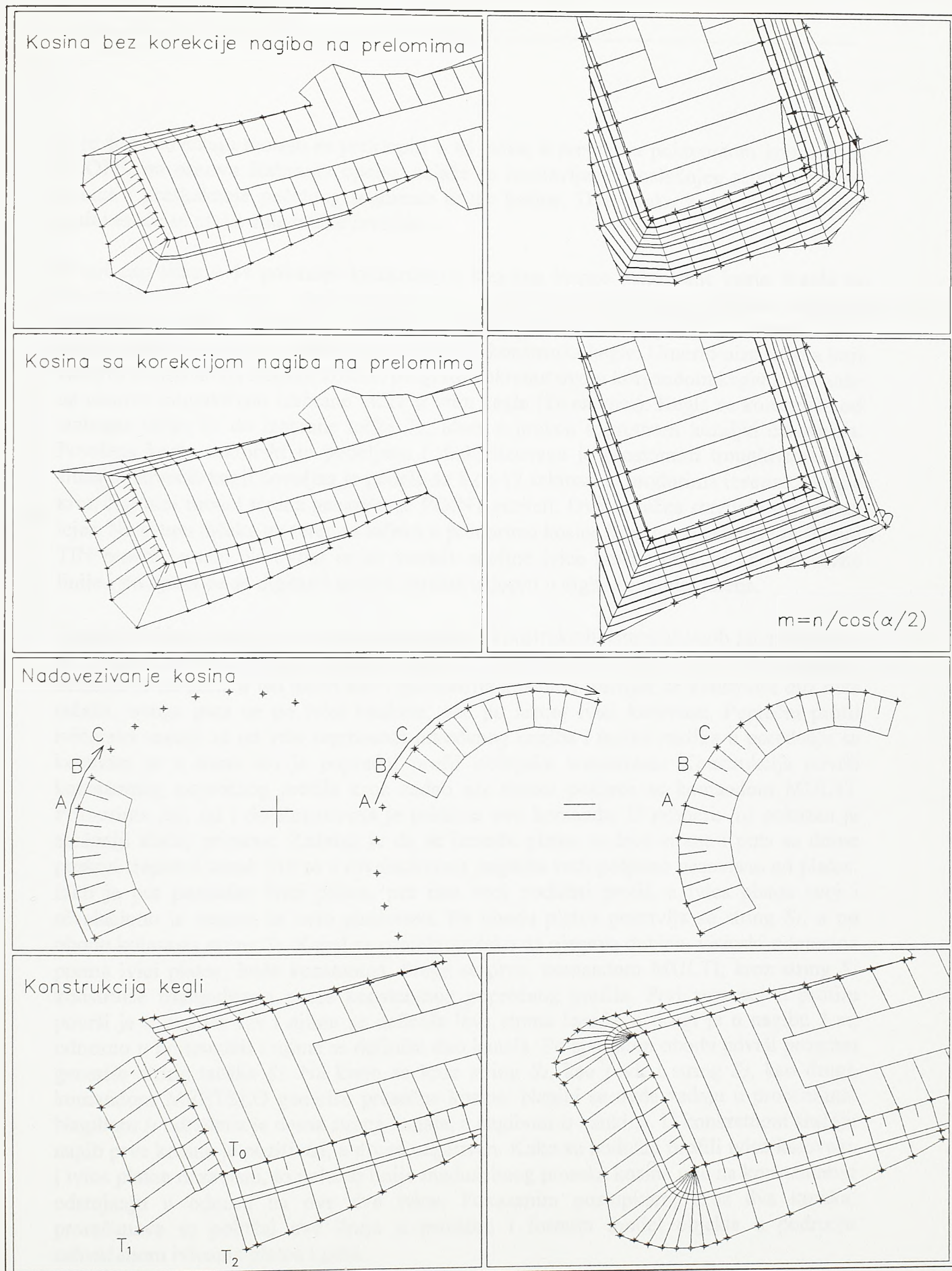
Desnim delom slike 4-43 ilustrovana je primena editora triangulisanih površi. Editor površi pokreće se komandom SURFACE. Ovim se editorom prostorni trouglovi, različiti po pripadnosti lejeru i po svojoj boji, grupišu u jedinstvene triangulisane površi. Nova površ formira se opcijom NEW editora površi. Površ se formira na skupu trouglova izabranih prema pripadnosti lejeru, atributu boje i geometrijskoj pripadnosti zatom području. U primeru na slici opcijom NEW formirane su dve triangulisane površi *a.srf* i *b.srf*. Površ *a.srf* definisana je na skupu trouglova po digitalnom modelu terena, a površ

b.srf na skupu trouglova po postojećem objektu. Opcijom JOIN editora površi ove se dve površi udružuju u jedinstvenu površ *c.srf*. Odgovarajući program za proračun kosina duž novoprojektovanog objekta uzeće sadržaj ove datoteke i pri proračunu prodora ravnopravno će pretraživati i jedne i druge trouglove. Površi određene sadržajem **.srf* datoteka koriste i programi drugih modula. Tako program za isecanje podužnog profila, pokrenut komandom GETPROF modula PROFILE, iseca profil sa površi određene sadržajem izabrane **.srf* datoteke. I program za ćelijski proračun kubatura po površinskom objektu, pokrenut komandom CALCVOL modula VOLUME, izvodi proračun između triangulisanih površi određenih sadržajem zadatih **.srf* datoteka. Jedna datoteka određuje triangulisanu površ po planumu i kosinama zemljanog trupa, a druga određuje triangulisanu površ po terenu. Jedna od opcija za kotiranje poprečnih profila, opcija za ispis površina useka i nasipa komande LBLSEC modula SECTION, takođe se koristi sadržajem **.srf* datoteka.

Na slici 4-44 pokazana je sama konstrukcija kosina. Neposrednu konstrukciju kosina podržavaju samo dve komande, komanda SLOPE i komanda ABUTE. Komanda SLOPE namenjena je konstrukciji linijskih kosina duž oboda objekata, a komanda ABUTE namenjena je konstrukciji konusnih kosina, takozvanih kegli, na oštrim prelomima obodnih linija površinskih objekata. Primerima kosina postavljeni su zahtevi u pogledu opcija koje programi za korektno projektovanje kosina moraju ponuditi.

U gornjem delu slike pokazana je konstrukcija kosine nasipa po nadovezanom stringu u zoni praga poletno-sletne staze. Kosina se konstruiše duž stringa zadatog izabranom **.srf* datotekom i na osnovu poprečnog profila zadatog datotekama **.fil* i **.cut*, a prodori kosine proračunavaju se prema triangulisanoj površi zadatoj **.srf* datotekom. Kosina je u prvom slučaju generisana tako što su nagibi zadati sadržajem **.fil* i **.cut* datoteke ispoštovani po izvodnicama kosina. Izvodnice kosine polaze iz tačaka stringa, a usmerene su po simetralama centralnih uglova obodne linije u dotičnim tačkama. U drugom su slučaju nagibi izvodnica kosina na prelomima korigovani tako da se zadati nagibi ispoštuju po samoj površini kosine. Ova se korekcija izvodi na osnovu vrednosti skretnog ugla obodne linije objekta u tački stringa. Površina kosine ovde je modelirana nizovima uparenih trouglova, s tim što je, radi preglednosti modela, vidljivost zajedničkih stranica parova trouglova ovde isključena. Duž linijskih objekata kosine se po pravilu konstruišu bez korekcije nagiba na prelomima stringa tačaka. Prostorni model otvorene deonice linijskog objekta obično se razvija sa korakom od nekih dvadesetak metara i skretni uglovi linija po spoljnim obodima modela mali su. S druge strane, linijski se objekti izvode po poprečnim profilima i stoga je potrebno poštovati nagib kosine po samoj izvodnici, odnosno po profilu. Na obodima platformi, na obodima osnovne staze u zoni praga poletno-sletne staze ili po obodima parkinga i drugih prostranih površinskih objekata pojavljuju se znatni skretni uglovi, i to su gotovo po pravilu pravi uglovi. Stoga je na ovim mestima korekcija nagiba kosina neophodna.

U zoni ukrštaja dva linijska objekta kosina se gotovo uvek konstruiše po delovima. Kod puta na primer, konstruišu se kosine duž stringova po otvorenim deonicama i prekidaju pre formiranja neophodnih proširenja, uliva ili izliva. Nakon što se modelira sama raskrsnička ploča, po obodu ploče i duž proširenja generišu se bankine (vidi primer (b) na slici 4-45), a tek potom se po spoljnim obodima bankina konstruišu kosine. Stoga opcijama komande SLOPE mora biti podržano i eventualno nadovezivanje kosina. Ovaj se problem, kako to pokazuju srednji deo slike 4-44, rešava veoma lako. Stringovi kosina



Sl.4-44.

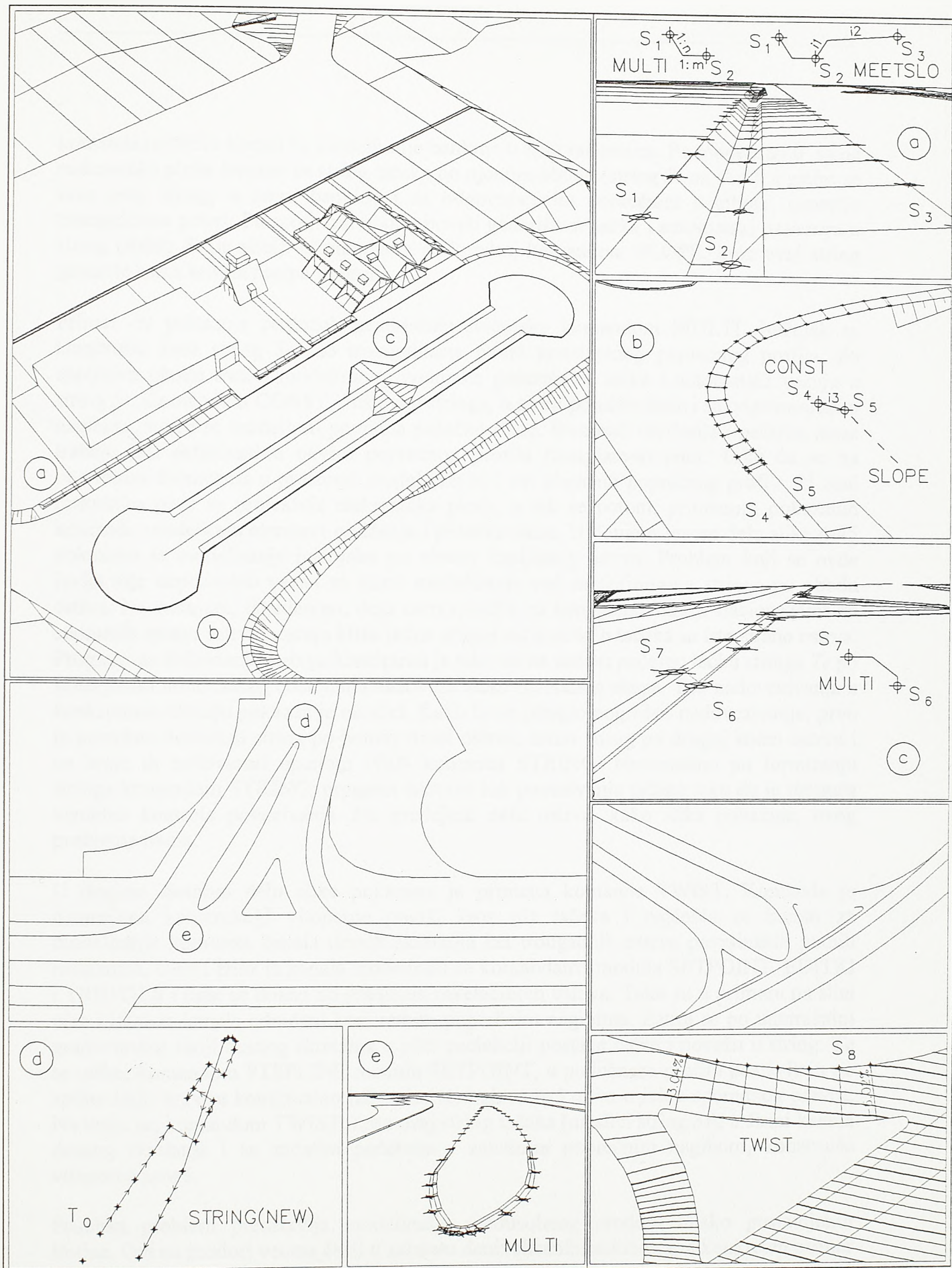
Konstrukcija kosina po obodnim linijama objekata

koje se nadovezuju moraju se preklopiti u tri tačke, a programu pokrenutom komandom SLOPE, na osnovu izabranih opcija, nalaže se izostavljanje poslednjeg segmenta prve kosine i preskakanje početnog segmenta druge kosine. Dve ovako konstruisane kosine nadovezaće se preko zajedničke izvodnice.

Donji deo slike 4-44 pokazuje konstrukciju konusne kosine, takozvane kegle. Kegla se konstruiše na mestima oštih preloma obodne linije površinskog objekta. Prvo se konstruišu linijske kosine po obodima sa jedne i druge strane preloma, a zatim se u samim tačkama preloma, komandom ABUTE, konstruišu kegle. Umesto niza tačaka koji zahteva konstrukcija linijske kosine, program pokrenut ovom komandom keglu konstruiše na osnovu interaktivno izabrane tačke u vrhu kegle (T_0 na slici). Kegla se konstruiše od izabrane tačke T_1 do izabrane tačke T_2 , idući u pravcu suprotnom kazaljki časovnika. Površina kegle sektorski je podeljena i diskretizovana je prostornim trouglovima. I u slučaju najvećih kegli dovoljna je podela na 8 do 12 sektora. U prodorima izvodnica kegle kroz digitalni model terena generišu se POINT entiteti. Ove se tačke stavljaju u poseban lejer. Na skupu tačaka po terenu i tačaka u prodorima kosina kroz teren generiše se finalni TIN model terena. Na ovom će se modelu spoljne ivice kosina pojaviti kao obavezne linije i po njima će se digitalni model objekta uklopiti u digitalni model terena.

Na slici 4-45 pokazana je primena programa za konstrukciju triangulisanih površi koje su po svojim geometrijskim svojstvima slične kosinama. Prostorna geometrija ivičnjaka definiše se na gotovo isti način kao i geometrija kosine. I ivičnjak se konstruiše duž niza tačaka, ovoga puta ne po ivici bankine, već po samoj ivici kolovoza. Poprečni profil ivičnjaka sastoji se od više segmenata određenog nagiba i jedina razlika u poređenju sa kosinom je u tome što je poprečni profil ivičnjaka konstantan. Konstrukcija površi konstantnog poprečnog profila kroz zadati niz tačaka pokreće se komandom MULTI. Primerima (a), (c) i (e) ilustrovana je primena ove komande. U primeru (a) pokazan je složeniji slučaj primene. Zadatak je da se između platoa sa leve strane i puta sa desne postavi trapezni kanal. Put se u nivelacionom pogledu vodi potpuno nezavisno od platoa. Iako je put paralelan ivici platoa, put ima svoj podužni profil, a ivica platoa svoj i nivelaciono je vezana za avio platformu. Po obodu platoa postavlja se string S_1 , a po obodu kolovoza string S_3 . Kanal se projektuje tako da njegova dubina, visinski odmerena prema ivici platoa, bude konstantna. Stoga se prvo, komandom MULTI, kroz string S_1 konstruiše triangulisana površ konstantnog poprečnog profila. Prvi segment u profilu površi je u nagibu $1:n$ i njime se definiše leva strana kanala, a drugi je u nagibu $1:m$, odnosno u horizontali i njime se definiše dno kanala. Po spoljnom obodu površi program generiše string tačaka S_2 . Na kraju se kroz string S_2 , kao prvi, i string S_3 , kao drugi, komandom MEETSLO generišu presečne kosine. Nagibi se ovde zadaju u procentima. Nagibom i_1 određena je desna strana kanala, a nagibom i_2 bankina. U konkretnom slučaju nagib prve kosine je pozitivan, a druge negativan. Kako su podužni profili ivice kolovoza i ivice platoa nezavisni, to položaj linije međusobnog preseka kosina nije na konstantnom odstojanju u odnosu na ove dve ivice. Pokazanim postupkom, kroz dva koraka, proračunava se položaj ove linije u prostoru i formira model objekta u području zahvaćenom ivicama platoa i puta.

U primeru (b) pokazana je primena komande CONST. Ovom se komandom kroz zadati niz tačaka konstruiše triangulisana površ određena jednim segmentom u poprečnom profilu. Dužina i nagib segmenta fiksni su, a sam nagib može se zadati u procentima ($i\%$) ili u relativnom iznosu ($1:n$), a može se zadati i u horizontali ili u vertikali. Ova se



Sl.4-45.

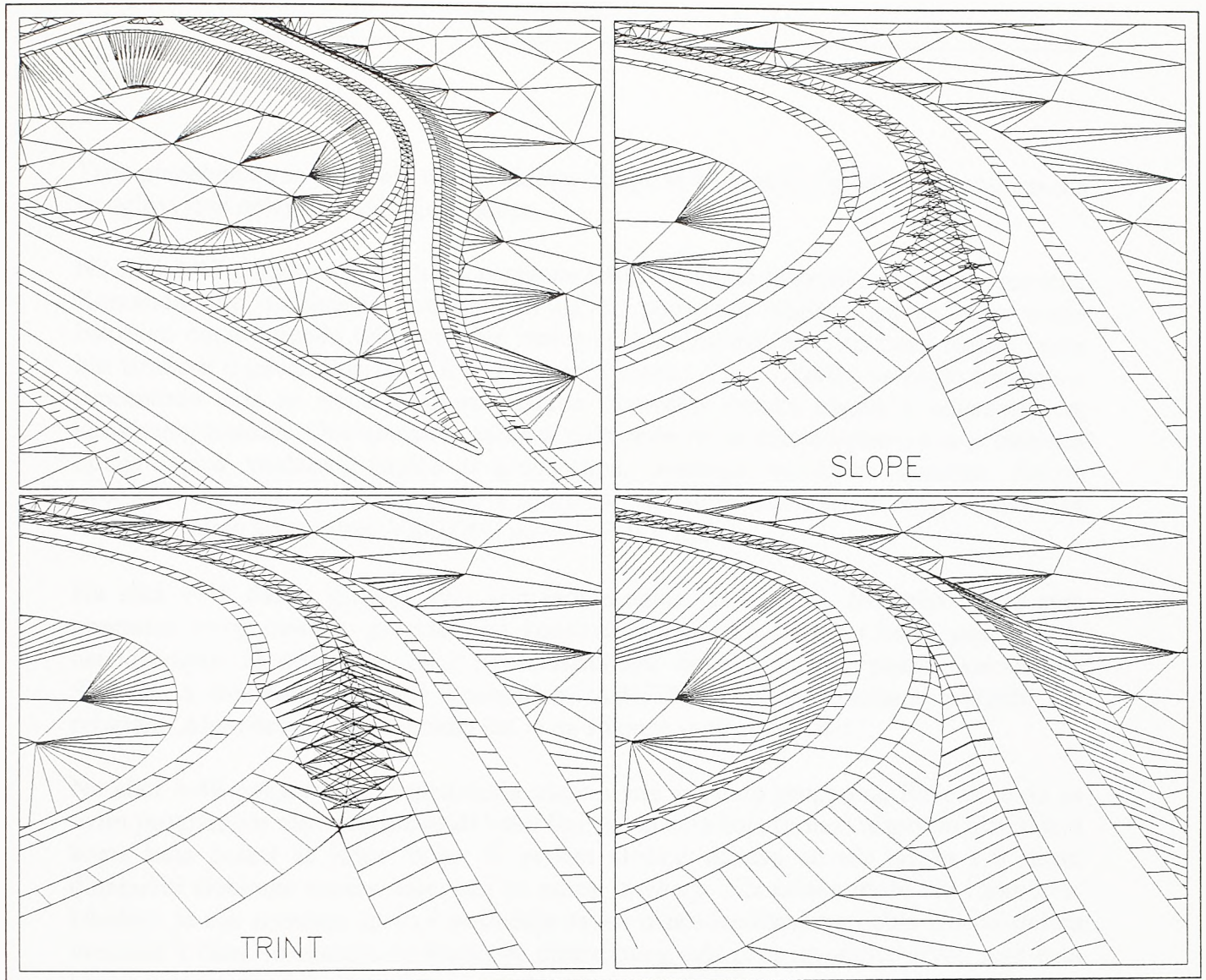
Primena programa modula GRADING u modeliranju površinskih objekata i ukrštaja linijskih objekata

komanda najčešće koristi za modeliranje bankine u zoni raskrsnice. Po modeliranju same raskrsničke ploče formira se string tačaka po njenom obodu (string S_4 na slici), a zatim se kroz ovaj string, u širini bankine i sa odgovarajućim poprečnim nagibom, generiše triangulisana površ. Po spoljnom obodu površi generišu se tačke i automatski povezuju u string (string S_5 na slici). U narednom se koraku, komandom SLOPE, kroz ovaj string generiše sama kosina nasipa ili useka.

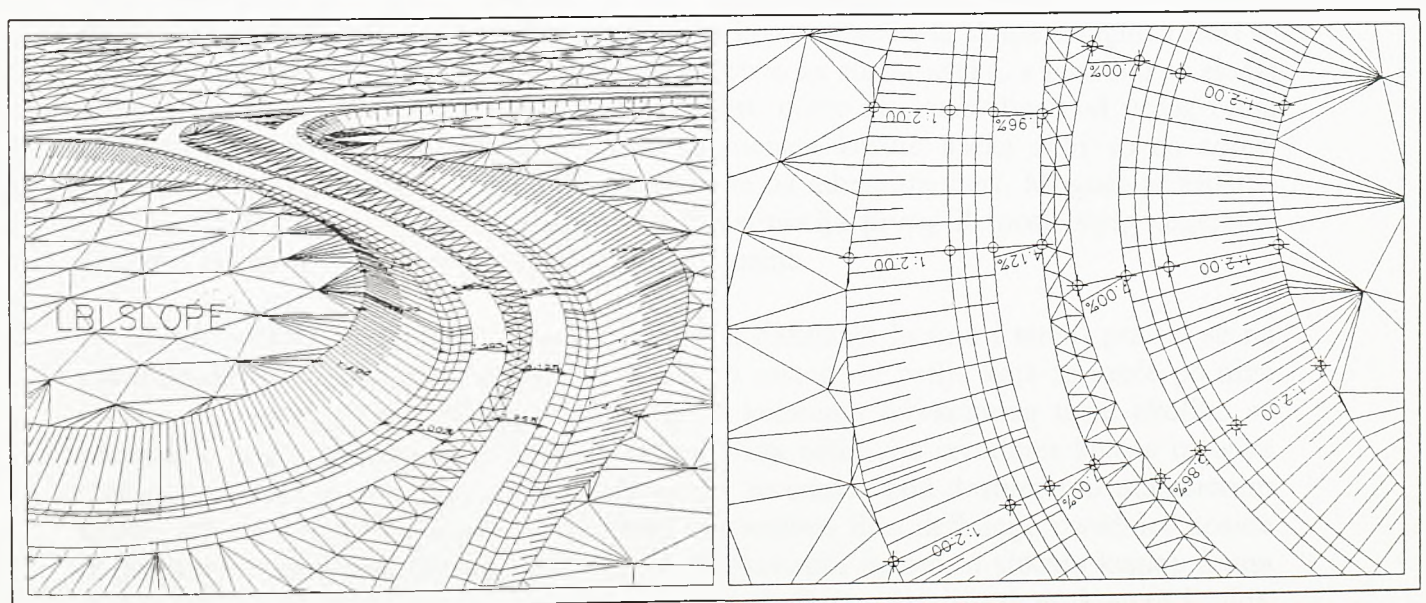
Primer (c) prikazuje postupak generisanja ivičnjaka komandom MULTI. Ivičnjak se konstruiše kroz string S_6 kao triangulisana površ konstantnog poprečnog profila. Po spoljnom obodu ovako modeliranog ivičnjaka generišu se tačke i automatski vezuju u string S_7 . Komandom CONST, duž ovog stringa, u širini pešačke staze i sa odgovarajućim nagibom, može se modelirati površina pešačke staze. Elementi oivičenja i pešačke staze trebaju biti definisani u okviru poprečnog profila (template-a) puta. Tako će se na otvorenim deonicama u prostorni model razviti i ovi elementi poprečnog profila. U zoni raskrsnica prvo se projektuje raskrsnička ploča, a tek se potom, primenom pokazanih komandi, modeliraju elementi oivičenja i pešačke staze. U donjem levom delu slike 4-45 pokazano je modeliranje ivičnjaka po obodu kapljastog ostrva. Problem koji se ovde javlja nije neposredno vezan za samo modeliranje već za definisanje stringa po obodu ostrva. Na zadnjem, istanjenom, delu ostrva, tačke na korespondentnim stacionažama sa suprotnih strana ostrva postaju bliže jedna drugoj od susednih tačaka sa iste strane ostrva. Program za definisanje stringa koncipiran je tako da na zadatu početnu tačku stringa T_0 po kriterijumu minimalnog odstojanja nadoveže tačke izabranog skupa. Tok nadovezivanja u konkretnom slučaju pokazan je na slici. Kako bi se izbeglo pogrešno nadovezivanje, prvo je potrebno definisati string po jednoj strani ostrva, zatim string po drugoj strani ostrva i na kraju ih nadovezati opcijom JOIN komande STRING. Neposredno po formiranju stringa komandom STRING, program iscrtava tok povezivanja tačaka tako da je moguća vizuelna kontrola povezivanja. Na prednjem delu ostrva, kako slika pokazuje, ovog problema nema.

U donjem desnom delu slike pokazana je primena komande TWIST. Komanda je namenjena konstrukciji vitoperne površi kroz niz tačaka i najčešće se koristi za modeliranje kolovoza kanala desnih skretanja iza trougaonih ostrva površinskih putnih raskrsnica. Ulaz i izlaz iz kanala modeliraju se komandama modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS i time se dolazi do graničnih nivelacionih uslova. Tako su u primeru na slici ulaz i izlaz iz kanala određeni konkretnim poprečnim nagibima. Zatim se po unutrašnjoj građevinskoj liniji desnog skretanja u plan projekciji postave tačke i povežu u string. Te se tačke, komandom PTSPLINE modula SETPOINT, u podužnom profilu postavljaju po spline liniji koja se kontinualno izliva iz ivice glavnog i uliva u ivicu sporednog pravca. Na kraju se, komandom TWIST, kroz ovaj string tačaka (na slici string S_8), u širini kanala desnog skretanja i sa zadatim početnim i završnim poprečnim nagibom, konstruiše vitoperna površ.

Poseban problem predstavlja modeliranje međusobnog prodora blisko postavljenih kosina. Ovi su prodori veoma česti u zahvatu denivelisanih raskrsnica, a konkretan primer dat je na slici 4-46. U trougaonom području zahvaćenom autoputem, direktnom rampom i indirektnom rampom nalaze se čak tri međusobna prodora kosina. Komandom SLOPE kosine se konstruišu nezavisno jedna od druge. Potom se komandom TRINT modula EDITRI nizovi trouglova po jednoj i drugoj kosini rastavljaju na podtrouglove koji se ne prodiru već svojim spoljnim stranicama dodiruju prostornu liniju prvobitnog prodora.



Sl.4-46.
Konstrukcija međusobnog prodora kosina



Sl.4-47.
Kotiranje nagiba na modelu

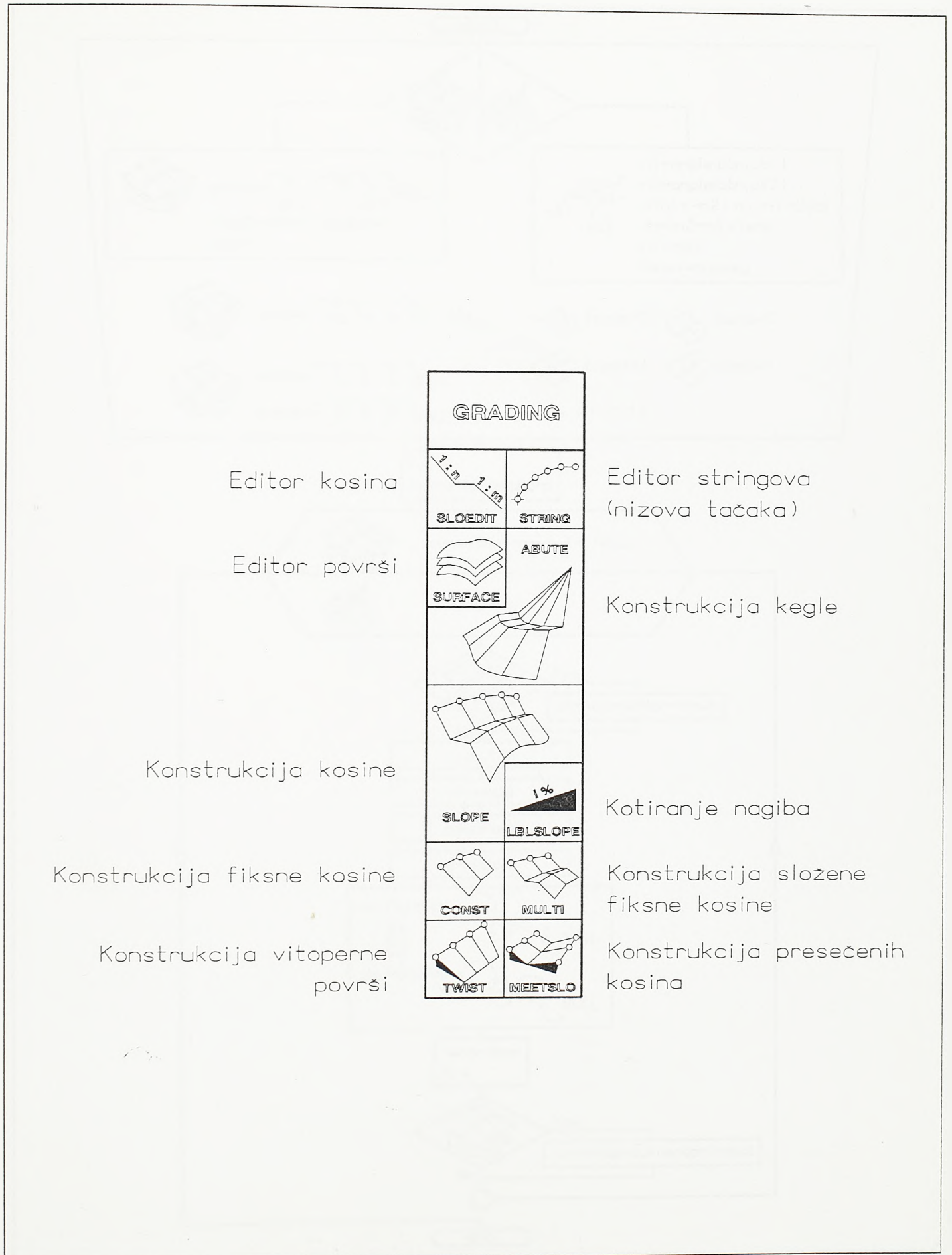
Tada preostaje da se u slučaju nasipa uklone trouglovi koji ostaju ispod, a u slučaju useka trouglovi koji ostaju iznad linije prodora.

Na slici 4-47 pokazana je primena komande LBSLOPE za kotiranje nagiba na modelu. Komanda nije namenjena kotiranju isključivo poprečnih nagiba, već se njom može iskotirati nagib između bilo koje dve izabrane tačke na modelu. Vrednost nagiba može biti izražena u procentima ($i\%$) ili u relativnom iznosu ($1:n$). Ukoliko se nagib izražava u procentima tada se ispod vrednosti nagiba iscrtava i oznaka nagiba u odgovarajućoj karikiranoj razmeri. Ova komanda zahteva zadavanje visine teksta ispisa i , ako je izabrana opcija ispisa vrednosti nagiba u procentima, uvećanje vertikalne razmere. Zadata uvećanje vertikalne privremeno je i njime se ne može anulirati uvećanje vertikalne razmere zadata komandom VEGZAG modula PROFILE.

Na slici 4-48 dat je pregled svih komandi modula GRADING. Svakako da od svih programa ovog modula, programi za konstrukciju linijske kosine i kegle počivaju na najsloženijim algoritmima. Iako se konstrukcija linijske kosine poziva komandom SLOPE, a konstrukcija kegle komandom ABUTE, obe ove komande pokreću isti program. Algoritam ovog programa dat je na slikama 4-49, 4-50 i 4-51.

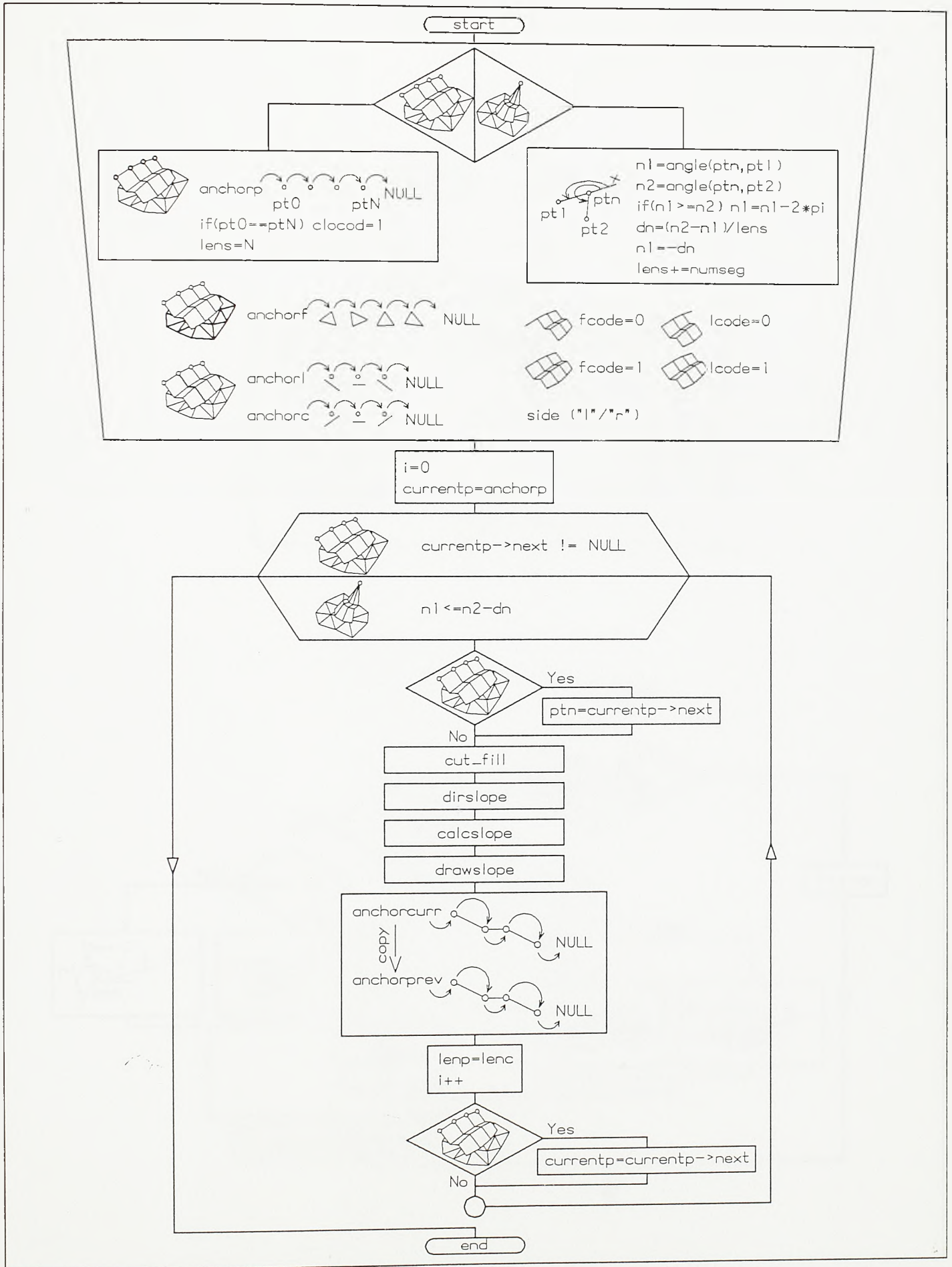
Na slici 4-49 pokazana je organizacija ulaza i telo glavnog programa. Rečeno je da se ovim programom može konstruisati kako linijska kosina koja prolazi nizom tačaka, tako i kegle koja polazi iz jedne tačke. U prvom slučaju učitava se niz tačaka i u formi dinamički alocirane vezane liste sidri na adresi *anchorp*. Niz tačaka može biti i zatvoren. Ukoliko je niz zatvoren (prva i poslednja tačka niza identične) varijabla *clocod* dobija vrednost 1 čime se ukazuje na korekciju direkcionog ugla prve izvodnice prvog segmenta kosine prema direkcionom uglu druge izvodnice poslednjeg segmenta. U slučaju kegle tačkom *ptn* zadaje se njen vrh, a tačkama *pt1* i *pt2* direkciono uglovi prve i poslednje izvodnice kegle. Sama kegle biće konstruisana u smeru suprotnom kazaljki na časovniku i biće sastavljena od *numseg* sektora. U oba slučaja zadaje se i površ, skup trouglova digitalnog modela terena, prema kojoj se kosina konstruiše. Lista skupa trouglova sidri se na adresi *anchorf*. Definicija kosine daje se posebno za slučaj useka, a posebno za slučaj nasipa. Kosina može imati i složen oblik, to jest, može biti sastavljena od većeg broja pravih segmenata različitog nagiba. Lista segmenata kosine useka sidri se na adresi *anchorc*, a lista segmenata kosine nasipa sidri se na adresi *anchorl*. Moguće je zadati i kodove *fcode* i *lcode* kojima se izostavlja konstrukcija prvog ili poslednjeg segmenta kosine. Ova se opcija koristi pri nadovezivanju kosina.

Po unosu ovakvog trodelnog inputa (niz tačaka, definicija kosine i teren) prelazi se na proračunski deo programa. Program se u osnovi sastoji od petlje koja se kreće po nizu tačaka, ako je u pitanju linijska kosina, ili po koracima direkcionog ugla, ukoliko se konstruiše kegle. Na adresi *anchorcurr* sidri se lista definicije izvodnice kosine iz tačke niza *ptn* do koje je proračun trenutno stigao (ili izvodnice pod dostignutim direkcionim uglom, ako se konstruiše kegle), a na adresi *anchorprev* lista definicije izvodnice kosine iz prethodne tačke niza (ili pod prethodnim direkcionim uglom, u slučaju kegle). Sama izvodnica kosine definisana je početnom tačkom (tačkom niza ili vrhom konusa kegle), prelomnim tačkama po kosini i tačkom prodora kroz teren. Između ova dva niza tačaka po susednim izvodnicama konstruišu se upareni trouglovi.



Sl.4-48.

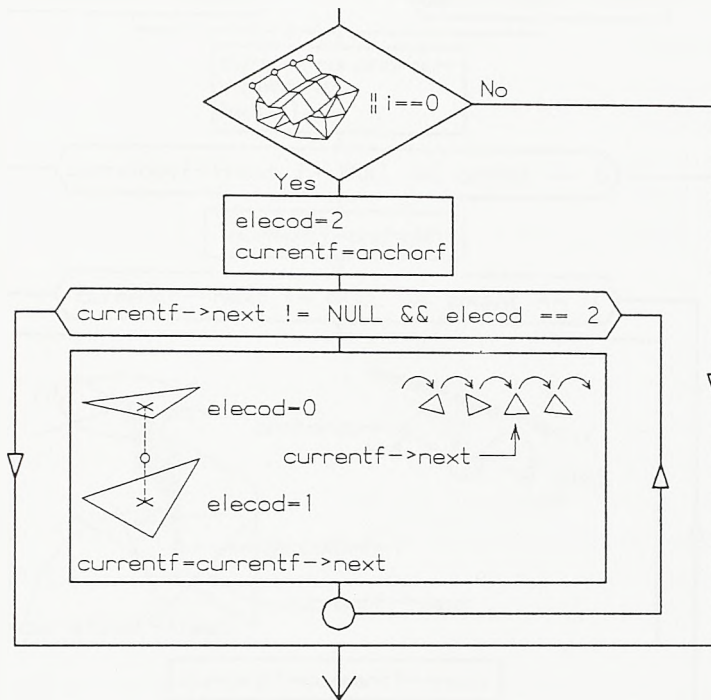
Pregled komandi modula GRADING



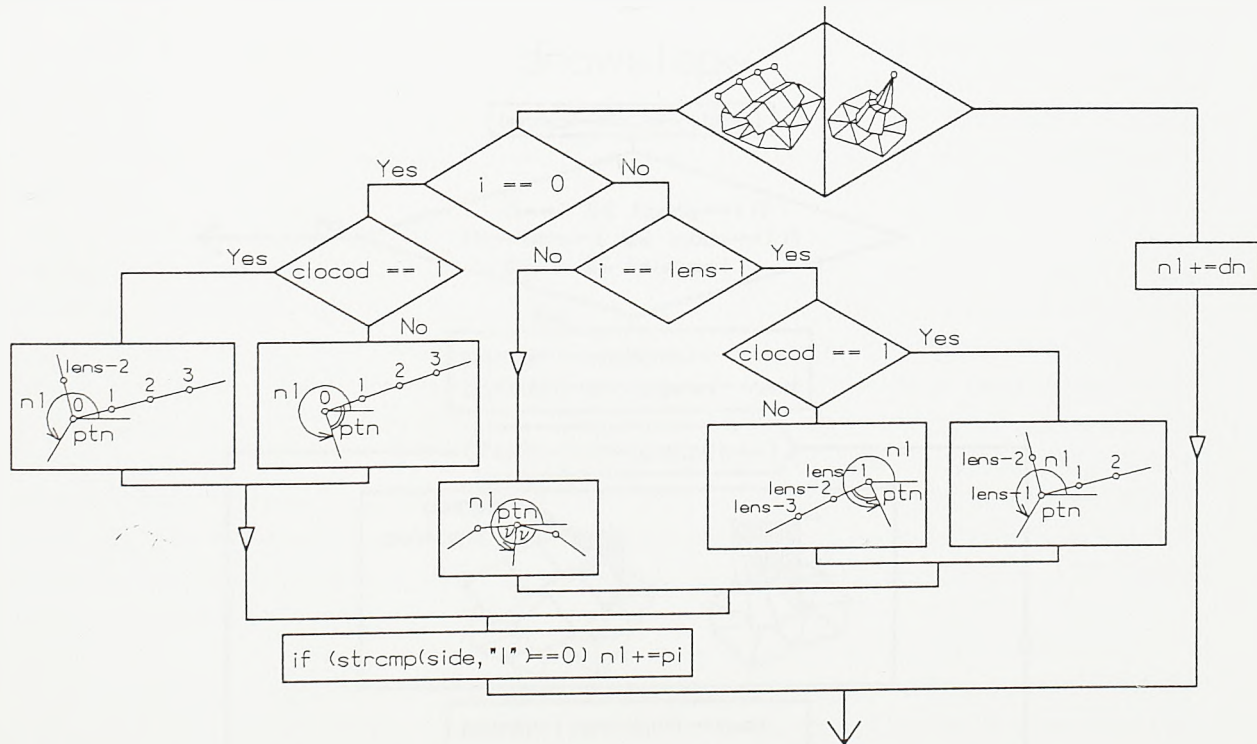
Sl.4-49.

Algoritam konstruisanja kosina zemljanih objekata (prvi deo)

cut_fill

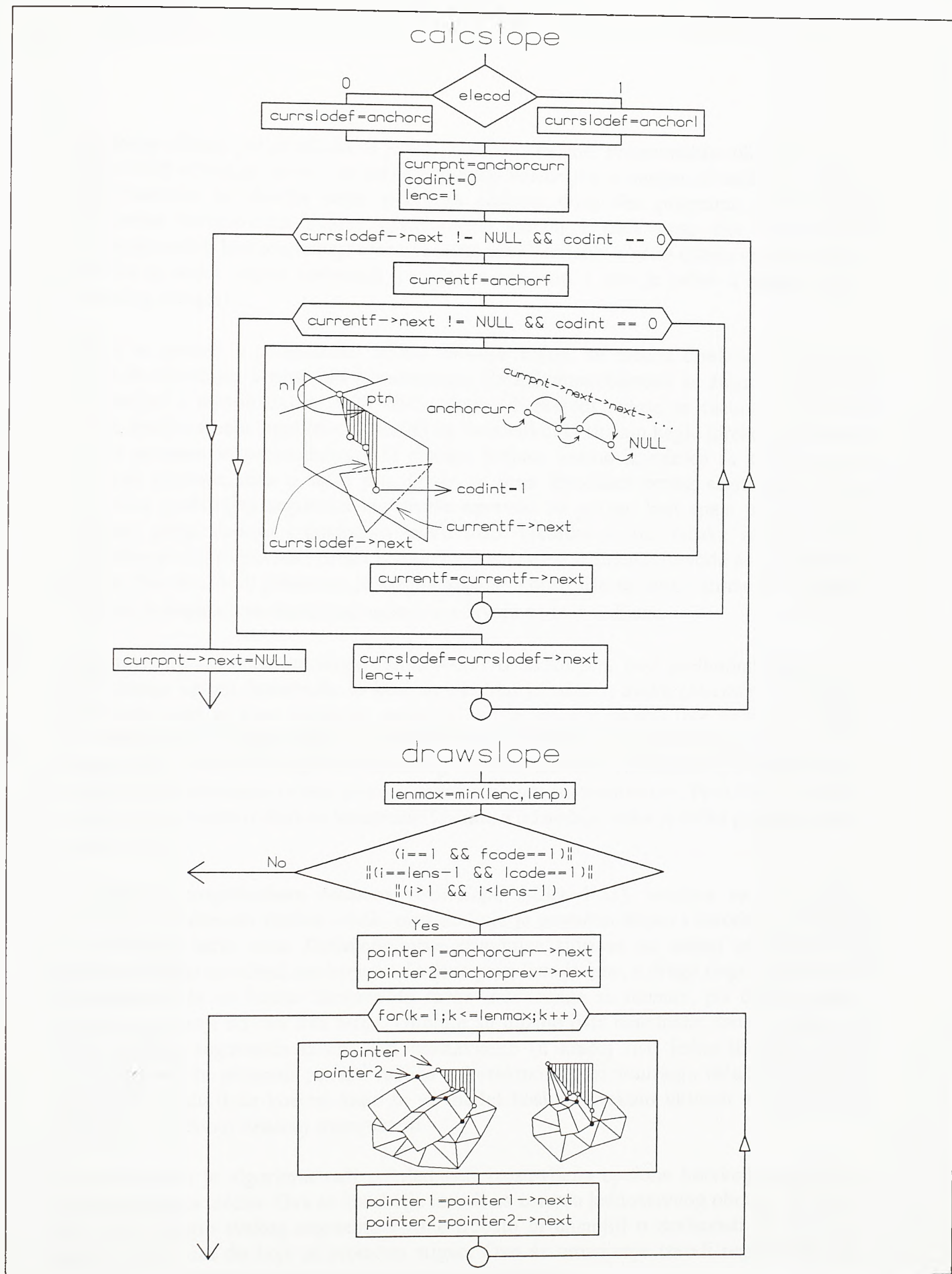


dirslope



SI.4-50.

Algoritam konstruisanja kosina zemljanih objekata (drugi deo)



Sl.4-51.

Algoritam konstruisanja kosina zemljanih objekata (treći deo)

U jednom ciklusu petlje računa se jedna izvodnica kosine. Programskim blokom *cut_fill* (slika 4-50) određuje se da li je tačka ishodišta kosine *ptn* u nasipu ili useku. U slučaju kegle kontrola se obavlja samo u prvom ciklusu. Ovaj deo programa prolazi svim prostornim trouglovima zadate triangulisane površi i traži onaj čija horizontalna projekcija sadrži horizontalnu projekciju tačke *ptn*. Varijabla *elec* dobija vrednost 0 ako je tačka u useku (ispod izabranog trougla), a vrednost 1 ako je tačka u nasipu (iznad izabranog trougla).

Potom se prelazi u programsku celinu *dirslope* kojom se računa direkcionu ugao pod kojim će izvodnica kosine biti konstruisana. Radi kompatibilnosti sa širim softverskim okruženjem i raspoloživom ADS bibliotekom, direkcionu uglovi se računaju sa strane istoka, idući u smeru suprotnom kazaljki na časovniku. U slučaju kegle direkcionu ugao se računa prostom inkrementacijom. U slučaju linijske kosine izvodnica se konstruiše po simetrali preloma niza u tački *ptn*. Ovde se prva izvodnica prvog segmenta i druga izvodnica poslednjeg segmenta konstruišu upravno na pravac koji spaja prvu i drugu, odnosno prethodnu i poslednju tačku niza. Ukoliko je niz tačaka zatvoren prva izvodnica prvog segmenta i druga izvodnica poslednjeg segmenta dovode se u zajednički pravac. Na slici 4-50 pokazana je kosina koja se konstruiše sa desne strane niza tačaka. Ukoliko je kosina leva direkcionu uglovi uvećavaju se za π radijana.

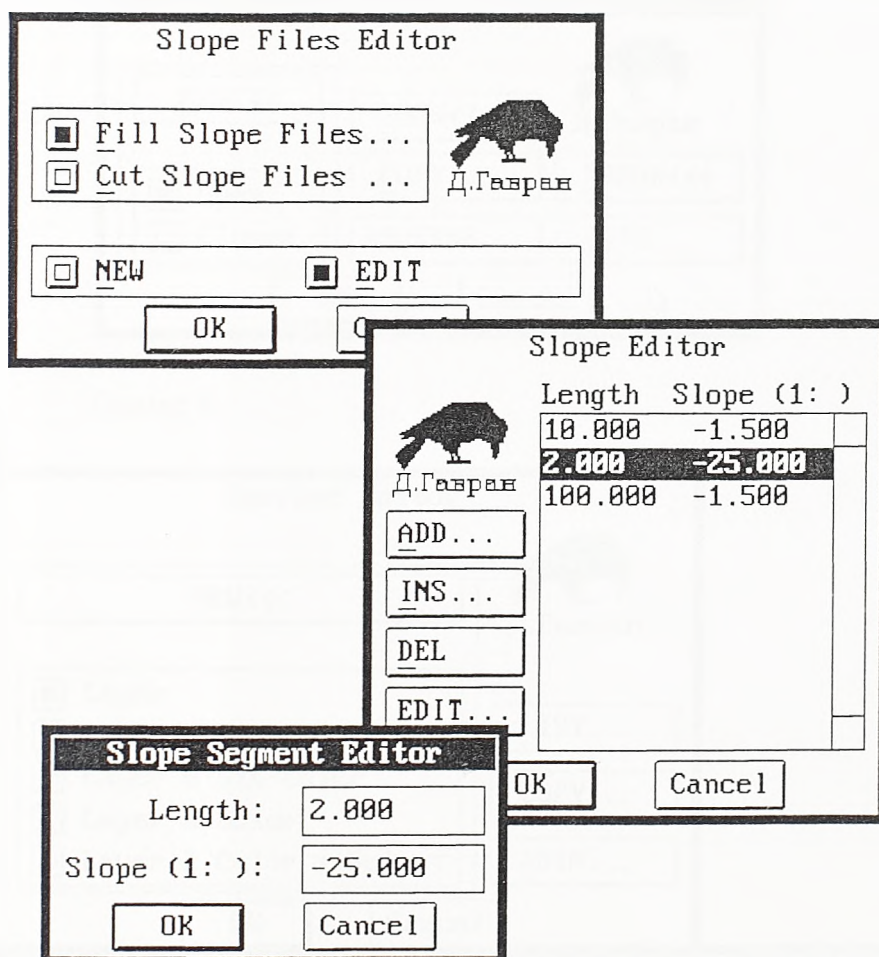
Programskom celinom *calcslope* (slika 4-51) iz tačke *ptn*, pod prethodno sračunatim direkcionim uglom, konstruiše se kosina. Ukoliko je tačka u useku (*elec*=0) na adresi *currslodef* sidri se lista definicije useka, a ako je tačka u nasipu (*elec*=1) na adresi *currslodef* sidri se lista definicije nasipa. Potom se, idući po segmentima kosine, traži prodor kroz neki od trouglova digitalnog modela terena. Proračunom po segmentima, puni se lista prelomnih tačaka kosine usidrena na adresi *anchorcurr*. Prva tačka u listi je sama tačka *ptn* niza iz koje se konstruiše kosina, a poslednja tačka je tačka prodora kosine kroz teren.

Poslednjom programskom celinom, *drawslope* (slika 4-51), iscrtava se deo kosine zahvaćen izvodnicom kosine u tački niza do koje je proračun stigao i izvodnicom kosine u prethodnoj tački niza. Definicija prve izvodnice sidri se na adresi *anchorcurr*, a definicija druge na adresi *anchorprev*. Dužina prve liste je *lenc*, a druge *lenp*. Algoritmom je pokazano da se kosina iscrtava do tačke indeksirane sa *lenmax*, pri čemu *lenmax* predstavlja manji od ova dva broja. Ukoliko su dužine lista nejednake, tada će jedan ili više završnih segmenata kosine biti izostavljeno (u kraćoj listi jedna ili više tačaka nedostaje) ali će program povesti računa o korektnom pozicioniranju tačaka stringa po spoljnom obodu duže kosine, kako bi se model kosine korektno uklopio u TIN model terena po izvedenoj finalnoj triangulaciji.

U prethodnom je algoritmu radi preglednosti izostavljena opcionalna korekcija nagiba na prelomima niza tačaka. Ova se korekcija izvodi na osnovu jednostavnog obrasca datog na slici 4-44. Nagib svakog segmenta kosine trebalo bi umanjiti u zavisnosti od skretnog ugla u tački niza do koje je proračun stigao. Ovo se umanjjenje izvodi neposredno pre proračuna prodora programskom celinom *CALCSLOPE*.

Programi modula GRADING razvijeni su u skladu sa prethodno postavljenim teorijskim i funkcionalnim zahtevima. Teorijskim zahtevima određena je algoritamska osnova programa, a funkcionalnim zahtevima određene su proračunske opcije i forma interakcije.

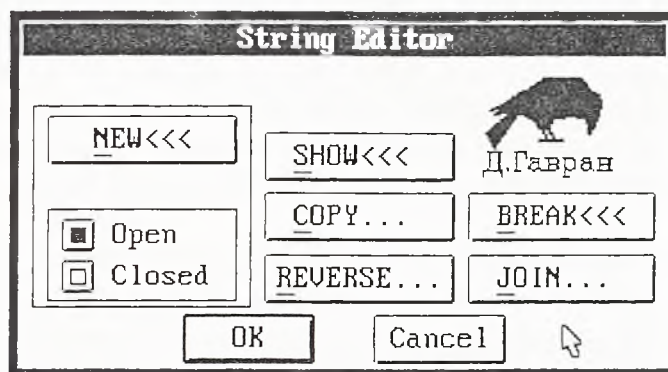
Forma interakcije i moguć izbor proračunskih opcija ovde su ilustrovani primerima dijaloga. Pokazani su dijalozi koji se otvaraju po pokretanju pojedinih komandi modula GRADING. Komande kojima se pokreće konstrukcija kosina i njima srodnih površi otvaraju gotovo isti osnovni dijalog. S druge strane, dijalozi editora kosina, editora stringova i editora površi međusobno se veoma razlikuju. Po pozivu komande SLOEDIT otvara se dijalog 7. editora kosina.



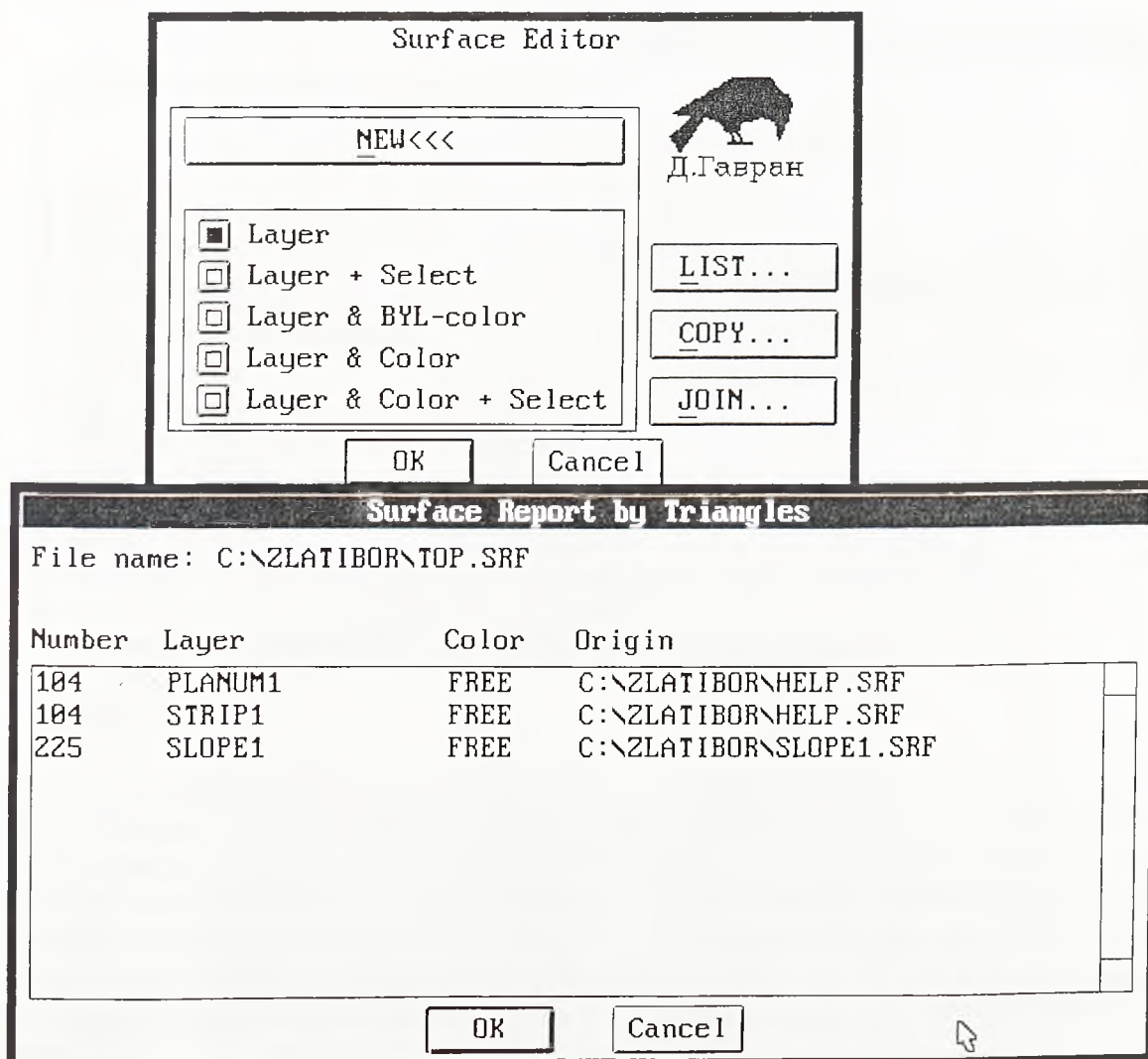
Dijalog 7.

Ovim se editorom zadaje opis nove kosine useka i nasipa ili menja numerički opis postojeće kosine. Numerički opis kosine zadaje se po segmentima. Kosini se mogu dodavati ili oduzimati segmenti, a dužine i nagibi pojedinih segmenata mogu se pojedinačno menjati. Svaki segment određen je dužinom i nagibom u relativnom iznosu. Poslednji segment kosine obično se zadaje u većoj dužini. Ako program ni na ovom segmentu ne pronade prodor kroz teren, kosina će biti konstruisana do na ovaj način zadate maksimalne dužine, a njen kraj će u slučaju nasipa ostati iznad, a u slučaju useka ispod terena. Tada treba razmotriti primenu strmije kosine ili promenu nivelacionog položaja objekta, a može se jednostavno produžiti poslednji segment i prihvatiti dimenzija kosine dirigovana postojećim nivelacionim uslovima. Pored ovog dijaloga program po potrebi otvara i dijaloge datoteka kroz koje se zadaju imena datoteka nasipa i imena datoteka useka čiji se sadržaji obrađuju.

Komandom STRING otvara se dijalog 8., dijalog editora stringova. Pokazanim opcijama podržano je formiranje novog, zatvorenog ili otvorenog stringa, prekidanje zadatog stringa u izabranoj tački, obrtanje stringa ili nadovezivanje stringova. Program po potrebi otvara dijaloge datoteka kroz koje se zadaju imena datoteka stringova koji se formiraju ili obrađuju.



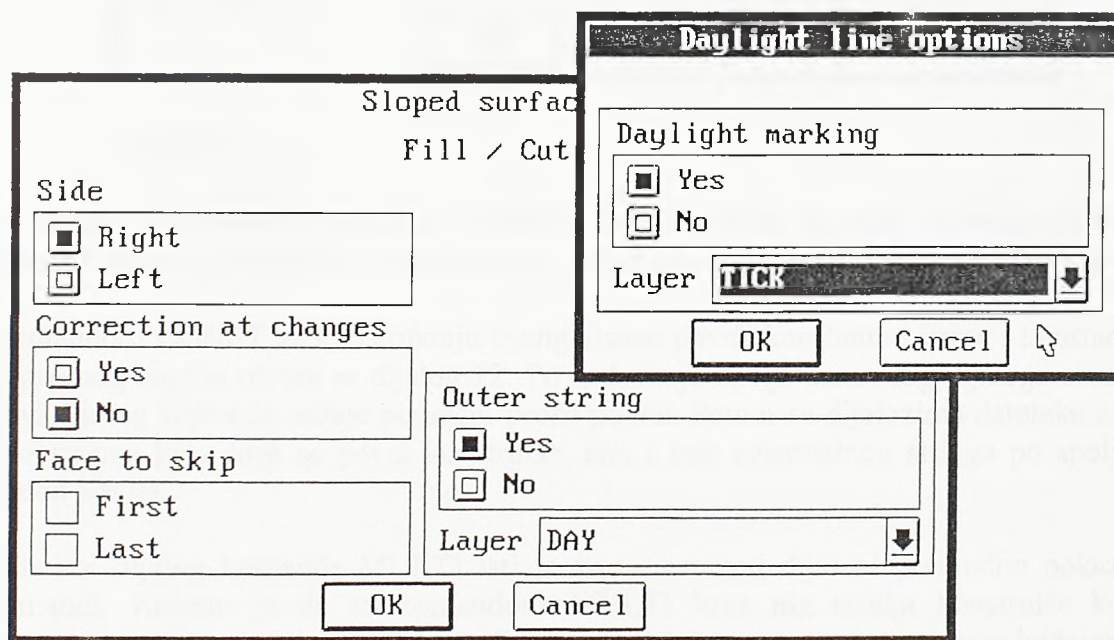
Dijalog 8.



Dijalog 9.

Dijalog 9. otvara se po pozivu editora površi. Editor površi pokreće se komandom SURFACE i njime se skupovi trouglova, prema pripadnosti lejeru, atributu boje i/ili pripadnosti zahvaćenom području, grupišu u jedinstvene površi. Ovako definisane površi mogu se dalje udruživati, a u pokazanom primeru, opcijom LIST, pregledan je sadržaj jedne ovakve složene površi. Ova se površ sastoji od trouglova po kosini (lejer SLOPE1), trouglova po osnovnoj stazi (lejer STRIP1) i trouglova po posteljici (lejer PLANUM1). Ove tri grupe trouglova određuju površ zemljanog trupa *top.srf* na osnovu koje se, komandom CALCVOL modula VOLUME, proračunavaju kubature zemljanih radova. Pre konačnog sjedinjavanja, trouglovi po posteljici i osnovnoj stazi bili su grupisani u površ *help.srf*, a trouglovi po kosini bili su prikupljeni u površ *slope1.srf*.

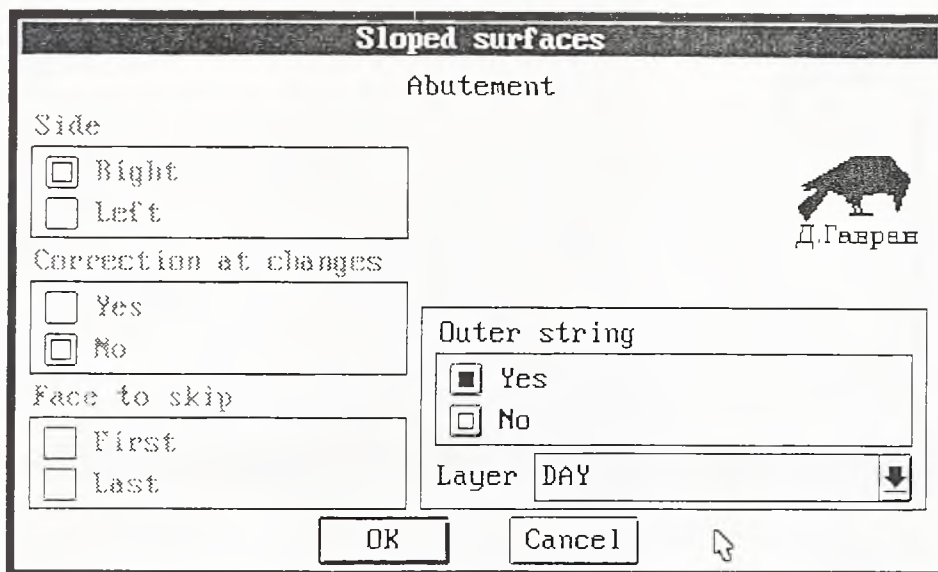
Po pozivu komande SLOPE za konstrukciju linijske kosine otvara se dijalog 10. Poljem u gornjem levom uglu dijaloga određena je strana sa koje se, u odnosu na niz tačaka, kosina konstruiše. Ostalim poljima sa leve strane dijaloga opciono se uključuje korekcija nagiba izvodnica po prelomima niza i izostavlja konstrukcija prvog ili poslednjeg segmenta kosine u cilju korektnog nadovezivanja kosina. Poljem sa desne strane uključuje se generisanje POINT entiteta u prodorima kosine kroz teren i zadaje njihov lejer.



Dijalog 10.

Potom se otvara jedan manji dijalog kojim se kontroliše generisanje oznaka useka i nasipa. Oznake se sastoje od LINE entiteta konstruisanih po unutrašnjoj strani kosine, u slučaju nasipa, odnosno po spoljašnjoj strani kosine, u slučaju useka. Potom se kroz dijaloge datoteka zadaje ime datoteke stringa **.str* kroz koju se kosina konstruiše, ime datoteke sa opisom primenjene kosine nasipa **.fil*, ime datoteke primenjene kosine useka **.cut* i ime datoteke triangulisane površi terena **.srf*, a ako je osnovnim dijalogom predviđeno, i ime datoteke stringa **.str* koji će biti generisan duž prodora kosine kroz teren.

Pozivom komande ABUTE otvara se dijalog 11. Po zatvaranju ovog dijaloga, interaktivno se bira tačka u vrhu kegle i njena početna i krajnja tačka (idući u smeru suprotnom kazaljki časovnika) kao i broj sektora kojima se kegle diskretizuje. Stoga zadavanje opcija sa leve strane osnovnog dijaloga ne bi imalo smisla pa su ova polja dezaktivirana.



Dijalog 11.

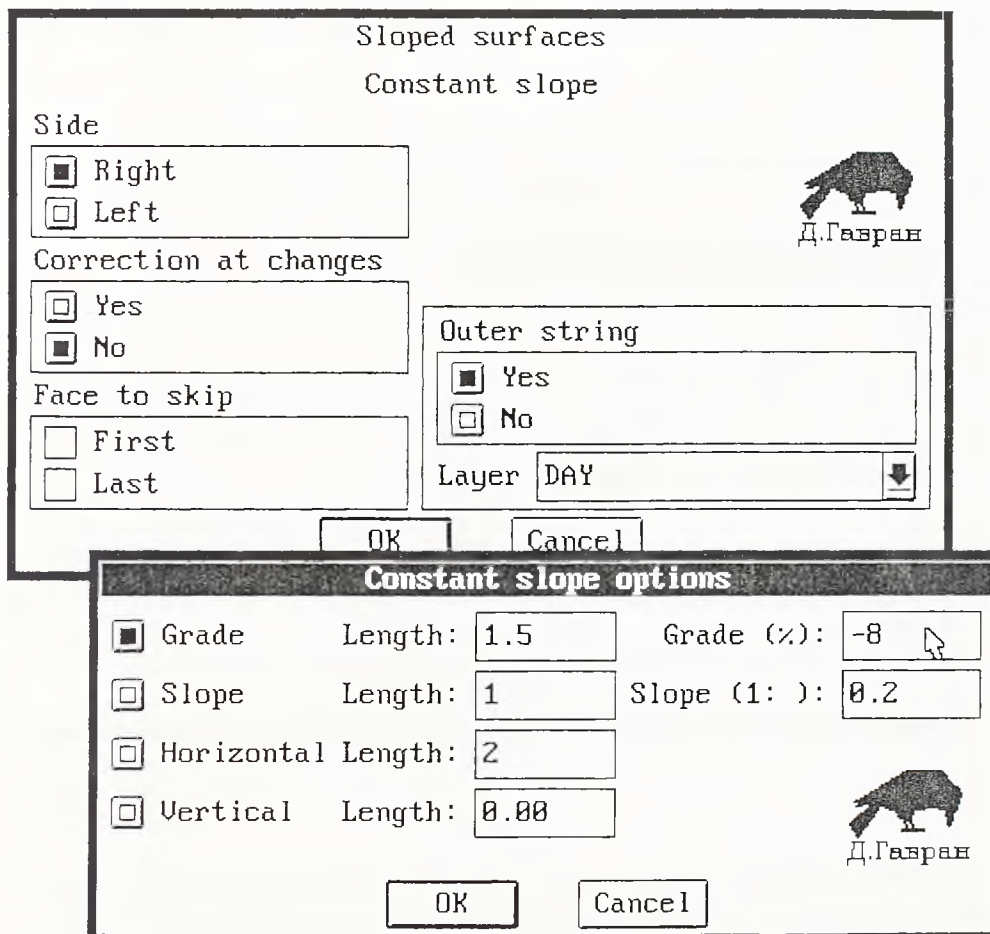
Po zatvaranju osnovnog dijaloga i ovde se zadaju imena datoteka primenjenih kosina nasipa i useka, triangulisane površi terena i eventualnog stringa u prodoru kosine i terena.

Komandom CONST za konstrukciju triangulisane površi konstantne širine i konstantnog poprečnog nagiba otvara se dijalog 12. Po zadavanju opcija osnovnog dijaloga otvara se novi dijalog kojim se zadaje poprečni profil površi. Potom se dijalogima datoteke zadaje ime stringa kroz koji se površ konstruiše, kao i ime eventualnog stringa po spoljnom obodu površi.

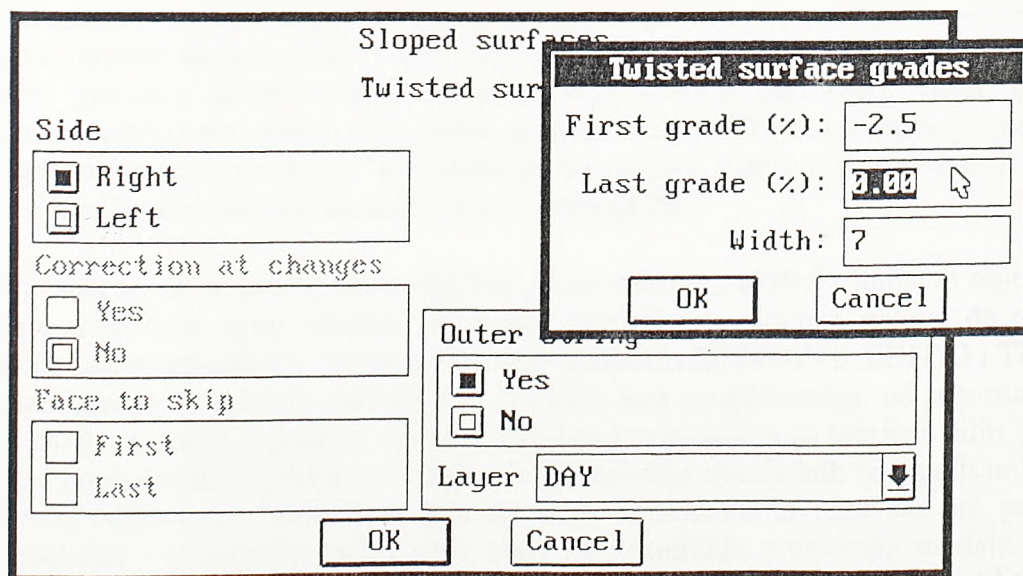
Osnovni dijalog komande MULTI isti je kao i osnovni dijalozi prethodno pokazanih komandi. Rečeno je da se komandom MULTI kroz niz tačaka konstruiše kosina konstantnog poprečnog profila sastavljenog od više segmenata, na primer ivičnjak. Po zatvaranju osnovnog dijaloga ovde se kroz dijaloge datoteka zadaje ime stringa kroz koji se površ konstruiše i ime eventualnog stringa po spoljnom obodu površi. Sam poprečni profil površi zadaje se sadržajem bilo koje datoteke nasipa ili useka. To znači da se ivičnjak definiše po segmentima isto kao i kosina i da se njegov opis storira u odgovarajućoj *.fil ili *.cut datoteci.

Po pozivu komande TWIST otvara se dijalog 13. Ovom se komandom kroz niz tačaka konstruiše triangulisana površ konstantne širine i linearno promenljivog poprečnog nagiba. Stoga se, po izboru opcija osnovnog dijaloga, zadaju početni i završni poprečni nagib površi, kao i njena širina. Potom se kroz dijalog datoteke zadaje ime stringa kroz koju se površ konstruiše, kao i ime eventualnog stringa po spoljnom obodu površi.

Dijalog 14. otvara se po pozivu komande MEETSLO. Komanda je namenjena konstrukciji presečnih triangulisanih površi duž dva naspramna stringa.

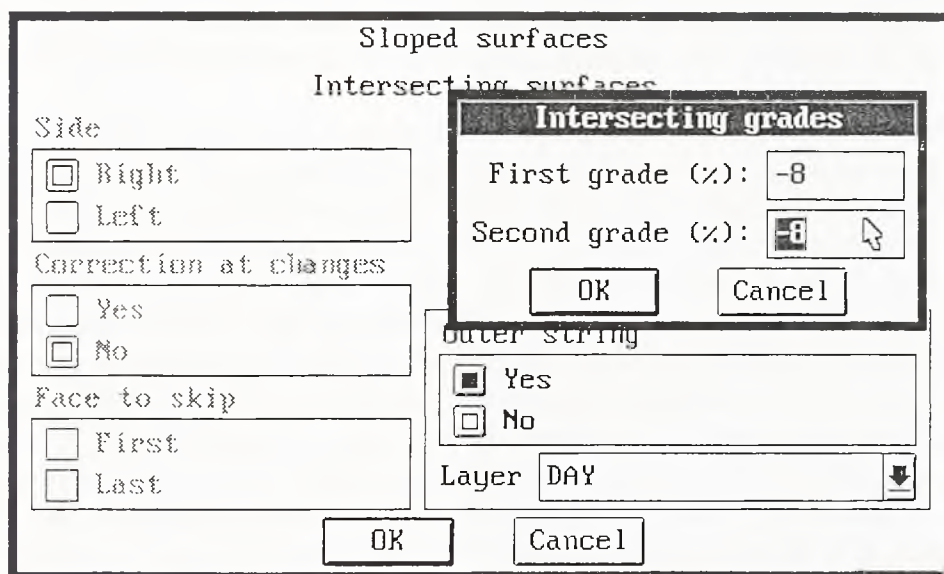


Dijalog 12.



Dijalog 13.

Kroz poseban dijalog ovde se zadaju poprečni nagibi naspramnih kosina. Po određivanju ovih parametara, kroz dijaloge datoteka, zadaju se imena naspramnih stringova i ime eventualnog stringa koji će biti generisan duž prostorne linije međusobnog prodora kosina.



Dijalog 14.

Konstrukcijom kosina po obodima linijskih i površinskih objekata završava se rad na prostornom modelu projektovanog objekta. Preostaje još da se, na osnovu početnog skupa tačaka po terenu i skupa tačaka u prodoru kosina kroz teren, generiše finalni TIN model terena u kome će se kao obavezne pojaviti linije po spoljnim obodima kosina. Površina modela sada je sastavljena od trouglova po kolovoznim površinama, osnovnim stazama i bankinama, od trouglova po kosinama, trouglova po terenu i postojećim objektima, a u sastavu modela mogu se naći i trouglovi po kanalima, ivičnjacima, pešačkim stazama i drugim pratećim površinama. Primenom odgovarajućih softverskih alata, ovakav se model numerički obrađuje u cilju izrade grafičke i numeričke dokumentacije projekta. Na triangulisanom modelu mogu se generisati nivelacioni planovi, proračunavati kubature, isecati profili, ekstrahovati koordinate za izvođenje itd.

Već je rečeno da se pre konstrukcije kosina po obodima ukrštaja linijskih objekata prvo moraju modelirati sami ukrštaji. Korektno modeliranje ukrštaja gotovo da ne bi bilo moguće bez programa koji se nalaze u sastavu modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS. Komandama ovih modula podržane su različite faze projektovanja: od prenosa rezultata geodetskih snimanja u grafički editor, preko finog pozicioniranja tačaka u cilju formiranja skeleta površinskih objekata i ukrštaja, do generisanja specijalnih triangulisanih površi i njihovog editovanja. Namera je bila da se u kontinualnom nizu što pre prođe kroz metodološke i tehnološke celine koje vode ka formiranju prostornog modela. Stoga su prvo pokazane grupe programa DTM, PLAN, PROFILE, CROSS SECTION / TEMPLATE i GRADING, a u sledećem poglavlju biće predstavljeni moduli SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS.

4.3.6. Rad sa tačkama i prostornim trouglovima - moduli SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS

Pri modeliranju linijskog objekta redosled procedura je jasan; prvo se modelira teren, potom se projektuje situacioni plan, a zatim podužni profil. Nakon toga se definiše promena poprečnog profila duž osovine i razvija prostorni model objekta, da bi se na kraju sa ovako modeliranog objekta konstruisale kosine useka i nasipa prema terenu.

Prema postojećim softverskim konceptima, TIN modeli ukrštaja poletno-sletnih i rulnih staza ili putnih raskrsnica generišu se po istom algoritmu kao i digitalni model terena. Za obavezne linije ovde se uzimaju građevinske linije, osovine ukrasnih pravaca i, nešto ređe, linije projektovanih nivelacionih preloma u zoni same raskrsničke ploče. Nivelaciono rešenje dobijeno povezivanjem tačaka po građevinskim linijama neće uvek biti prihvatljivo. Međusobni prelomi susednih prostornih trouglova koji spajaju tačke po osovinama, s jedne strane, i tačke po ivičnim građevinskim linijama, s druge strane, mogu biti znatni. Ako se, na primer, osovina glavnog pravca uzdiže, a građevinska linija desnog skretanja površinske putne raskrsnice spušta, dolazi do izraženog vitoperenja raskrsničke ploče i pojave preloma po izohipsama generisanim na modelu. Izohipse generisane po TIN modelu određenom tačkama po građevinskim linijama i osovinama ukrštaja imaju logičan generalni tok ali i same estetske zamerke ponekad mogu biti veoma ozbiljne. Područje objekta modelirano TIN-om obično nema prostornu geometriju jasno određenu nagibima po pojedinim pravcima. Stoga se rešenja projektovana na ovaj način teško prenose na realan objekat i izvode.

Naravno, i prema ovde predloženoj metodologiji i tehnologiji moguće je generisati TIN model na skupu tačaka po osovinama i građevinskim linijama. Ovde je, međutim, ponuđena i metodologija koja se zasniva na nižem nivou automatizacije. Prema ovde predloženom postupku samo se manji deo ukrštaja modelira TIN-om, a najveći deo modelira se triangulisanim površima jasno izdiferenciranih poprečnih nagiba. Ovako definisani oblici lako se prenose na teren i izvode finišeom. Model se postupno gradi i edituje u skladu sa zahtevima efikasnog izvođenja i na način svojstven klasičnom, projektovanju ukrštaja. Namera je bila da se uoče, razgraniče i analiziraju elementarni grafički i analitički zahvati manuelnog procesa projektovanja ukrštaja i na osnovu njih razviju odgovarajući alati za rad na samom modelu. Ovi su zahvati izvođeni na nivou pojedinih projekcija, a sada su preneti u trodimenzionalni prostor. Razvijeni softverski alati namenjeni su editovanju triangulisanih površi (naročito triangulisanih površi linijskih objekata), generisanju posebnih vidova triangulisanih površi i pozicioniranju tačaka na modelu i svrstani su u module SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS.

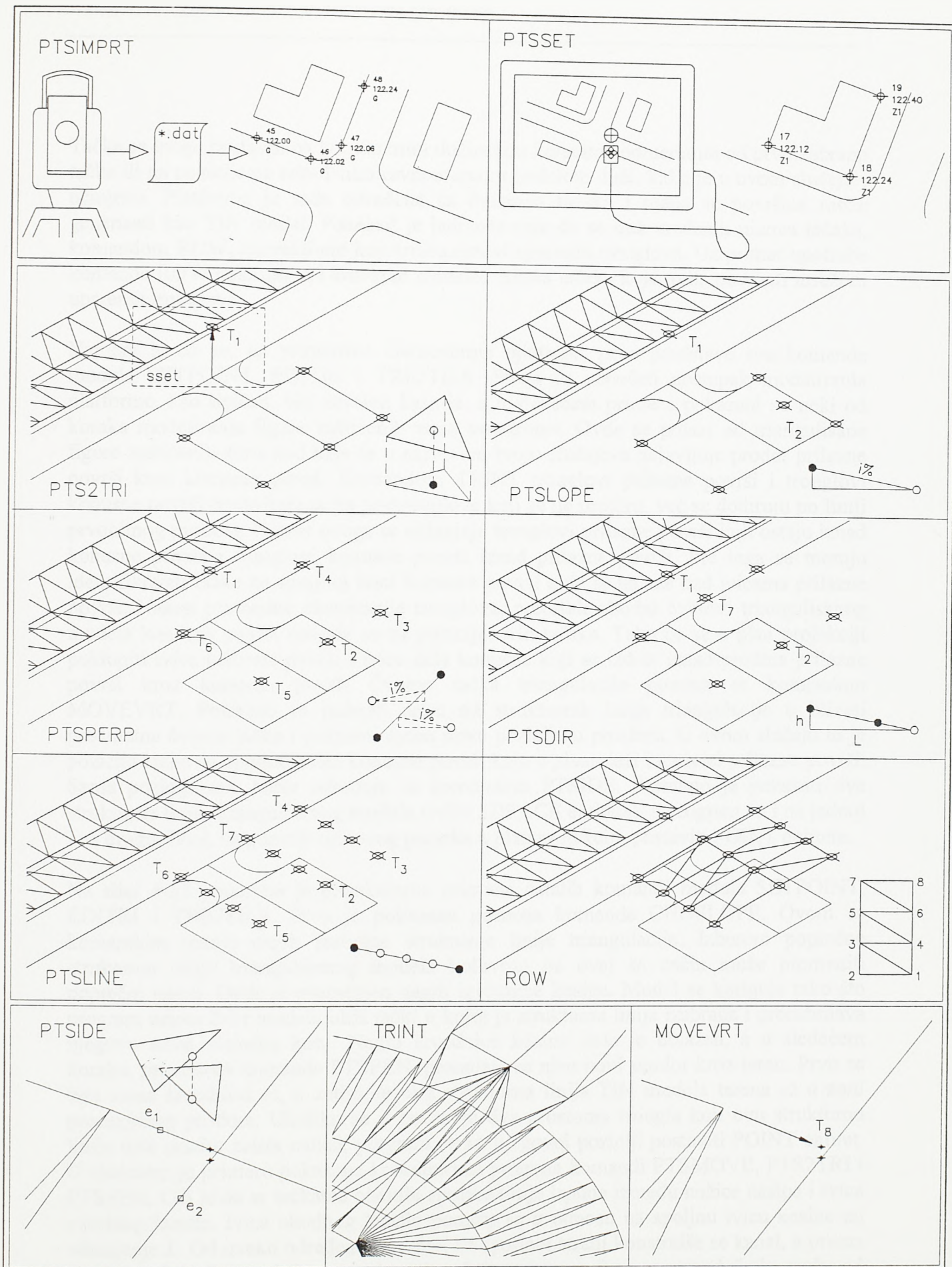
Na slikama 4-52 i 4-53 pokazani su primeri elementarne upotrebe ovih alata. Neki od primera nisu neposredno vezani za projektovanje ukrštaja poletno-sletnih i rulnih staza i putnih raskrsnica. Razvijeni alati svoju primenu nalaze u raznim fazama projektovanja; počev od unosa snimljenih terenskih podataka, preko editovanja modela linijskih objekata i pratećih geotehničkih objekata, pa do samog modeliranja površinskih objekata i ukrštaja. Suština ponuđene metodologije je u kombinovanoj primeni razvijениh softverskih alata. Upravo zbog toga su programi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS svrstani u zajedničko poglavlje. Ovde se uglavnom radi o jednostavnim računarskim programima,

alatima, koji izolovane zahvate, do sada izvođene na nivou pojedinih projekcija, prenose u trodimenzionalni prostor. Svaki od alata ima svoje manje ili više određeno mesto u procesu građenja modela ukrštaja. Ni jedan od njih nije dominantan, a svaki je nezamenljiv. Nepostojanje i najjednostavnijeg od ovih alata gradnju korektnog modela učinilo bi gotovo nemogućom. Broj alata i njihova funkcija pažljivo su odmereni. Koordiniranom primenom ovih alata mogu se modelirati praktično svi oblici površi koji se u zoni ukrštaja mogu pojaviti, bilo da se radi o samim kolovoznim površinama, bankinama (shoulder-ima) ili kosinama. Upravo se u domenu ovih elementarnih zahvata i u previsokom stepenu automatizacije modeliranja ukrštaja, zasnovanom na generisanju TIN modela, kriju osnovni nedostaci postojećih softverskih rešenja.

Činjenica je da, nezavisno od primenjenog programskog paketa, osnovni preduslov uspešne primene CAD tehnologije predstavlja razumevanje manualnog procesa projektovanja. Ovde, u procesu postupne gradnje modela uz primenu jednostavnih alata, ta činjenica postaje očigledna.

Gornjim delom slike 4-52 ilustrovana je primena komandi PTSIMPRT i PTSSET. Ove su komande svrstane u modul SETPOINT za unos terenskih podataka i postavljanje tačaka po modelu. Komanda PTSIMPRT namenjena je unosu snimljenih tačaka u grafički editor. Snimljene tačke storirane su u odgovarajućim datotekama i u grafičkom se editoru pojavljuju kao blokovi na pozicijama snimljenih tačaka i atributirani rednim brojem tačke, njenom visinskom kotom i pratećim opisom. Komanda PTSSET namenjena je unosu digitalizovanih tačaka. Ove se tačke u grafičkom editoru takođe pojavljuju kao atributirani blokovi.

Sledećih nekoliko komandi takođe pripadaju modulu SETPOINT i namenjene su pozicioniranju tačaka po modelu. Precizno postavljene tačke formiraju kostur površinskog objekta ili ukrštaja koji se može zatvoriti korektnim TIN modelom. Komandom PTS2TRI skup izabranih tačaka podiže se u ravni izabranog skupa prostornih trouglova. Prvo se izabere skup tačaka i prostornih trouglova *sset*, a zatim se izabere jedan trougao kao uzorak za lejer i jedna tačka kao uzorak za lejer. Program tada uzima svaku od tačaka izabranog skupa koja pripada lejeru tačke uzorka i prolazi svakim od trouglova izabranog skupa koji pripada lejeru trougla uzorka. Ukoliko se utvrdi da neka od tačaka u plan projekciji pripada nekom od trouglova, tada se ta tačka podiže u njegovu ravan. Tako je u primeru na slici tačka T_1 na početku spojnice podignuta u površ određenu trouglovima poletno-sletne staze. Komandom PTSLOPE postojeća tačka se postavlja pod zadati nagib u odnosu na izabranu fiksnu tačku. U primeru na slici tačka T_2 postavljena je pod zadatim nagibom prema tački T_1 i time je određen prelom kroz platformu i spojnicu. Komandom PTSPERP tačke izabranog skupa postavljaju se pod zadati poprečni nagib prema osovini određenoj dvema zadatim tačkama. Osovina je u primeru određena tačkama preloma T_1 i T_2 , a tačke T_3 , T_4 , T_5 i T_6 podignute su iz plan projekcije na odgovarajuće visinske kote i zauzele su usvojeni poprečni nagib prema liniji preloma. U sledećem koraku materijalizovana je tačka preloma platforme na kraju suprotnom tački T_2 . To je tačka T_7 . Ova se tačka postavlja komandom PTSDIR, prostom interpolacijom između tačaka T_2 i T_1 . Tačke T_2 i T_1 određuju vektor u prostoru, a tačka T_7 postavlja se po ovom vektoru na zatom horizontalnom ili vertikalnom odstojanju od prvoizabrane tačke, u ovom slučaju tačke T_2 . Tačkama T_2 , T_7 , T_3 , T_4 , T_5 i T_6 formiran je skelet platforme. Sada se po prelomnoj i ivičnim linijama platforme, komandom PTSLINE, mogu postaviti dodatne tačke. Nove tačke postavljaju se između parova T_2T_7 , T_3T_4 i T_5T_6 .



Sl.4-52.

Rad sa tačkama i prostornim trouglovima (prvi deo)

Tačke se mogu postaviti na konstantnim dužinskim koracima odmerenim od prvoizabrane tačke ili na pozicijama određenim ravnomernom podelom duži, kako je u ovom slučaju i učinjeno. Platforma je sada određena sa dvanaest tačaka i njena se površina može generisati kao TIN model. Ponekad je jednostavnije da se duž uređenih nizova tačaka, komandom ROW, interaktivno konstruišu nizovi uparenih trouglova. Uz primer upotrebe komande ROW pokazan je i korektan redosled izbora tačaka koje treba povezati mrežom uparenih trouglova.

Namera je da se, na primerima elementarne upotrebe, prvo predstave sve komande modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS. Stoga će započeti postupak modeliranja platforme, kao tipičan, biti završen kasnije, a u sledećem primeru pokazani su neki od koraka modeliranja figure zaštićenih zona aerodroma. Ovde se polazi od triangulisane figure zaštićenih zona kod koje se u najvećem broju slučajeva pojavljuje prodor prilazne površi kroz konusnu površ. Komandom TRINT trouglovi prilazne površi i trouglovi konusne površi rastavljaju se na podtrouglove koji se ne prodiru, već se dodiruju po liniji prvobitnog prodora. Nakon ovoga se uklanjaju trouglovi prilazne površi koji ostaju iznad konusne površi i trouglovi konusne površi iznad prilazne površi. Pre toga se moraju identifikovati tačke na spoljnoj ivici konusne površi koje se nalaze nad ivicama prilazne površi. Nakon prethodne eliminacije trouglova, preostali obodni čvorovi triangulisanog modela konusne površi dovode se na pozicije ovih tačaka. Tako će se u plan projekciji poklopiti ivice prilazne površi i ivice dela konusne koji se izdiže iznad prodora prilazne površi kroz konusnu površ. Čvorna tačka triangulacije pomera se komandom MOVEVRT. Potrebno je izabrati neku od strukturnih linija triangulacije u blizini predmetne čvorne tačke i pokazati njenu novu poziciju u prostoru. U ovom slučaju to je pozicija tačke na spoljnoj ivici konusne površi koja u planu leži i na ivici prilazne površi. Sama pozicija ove tačke određuje se komandom PTSIDE. Potrebno je pokazati dve strukturne linije triangulisanog modela (ivice 3DFACE entiteta), a program će i na jednoj i na drugoj ivici, na poziciji njihovog preseka u plan projekciji, postaviti POINT entitete.

Na slici 4-53 pokazana je elementarna primena ostalih komandi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS. Prvo je pokazana primena komande CHGSLOPE. Ovom se komandom menja nagib izabrane strukturne linije triangulacije. Izborom poprečne strukturne linije triangulisanog modela kolovoza na ovaj se način može promeniti poprečni nagib. Ovde je promenjen nagib izvodnice kosine. Model se koriguje tako što program uzima čvor modela bliži tački u kojoj je strukturna linija izabrana i proračunava njegovu novu visinsku kotu. Nagib izvodnice kosine sada je ublažen, a u sledećem koraku, primenom komande PTSPEN, pronalazi se njen novi prodor kroz teren. Prvo se bira sama izvodnica e_1 , a zatim se bira strukturna linija TIN modela terena e_2 u zoni procenjenog prodora. Ukoliko se u području dva prostorna trougla koji ovu strukturnu liniju dele prodor zaista nalazi, program će na njegovoj poziciji postaviti POINT entitet. U sledećem je primeru pokazana koordinirana primena komandi PTSMOVE, PTS2TRI i PTSPEN. Cilj je da se tačkama obeleže spoljne linije ispune između nožice nasipa i ivice obodnog kanala. Ivica obodnog kanala pomera se u odnosu na spoljnu ivicu kosine na odstojanje L . Od ovako određene pozicije, ka spoljnoj strani konstruiše se kanal, a prema unutra, pod nagibom od $i\%$ prema kosini, polaže se ispuna. Prvo se u produžetku svake od izvodnica kosine postavlja tačka na odstojanju L od tačke prodora kroz teren. Naizmenično se pokazuju tačke prodora kosine T_1 i tačke na izvodnici T_2 . Nove tačke biće postavljene na pravcu izabranih kosina, nalaziće se na zadatom odstojanju L od tačaka u prodoru kosine kroz teren (suprotno od tačke T_2) i svaka od njih nalaziće se na

visinskoj koti korespondentne prodorne tačke. Potom se komandom PTS2TRI ove tačke podižu na samu triangulisanu površ terena. Na kraju se, primenom posebne opcije komande PTSPEN, nalaze prodori vektora koji polaze iz pomerenih tačaka T_3 pod nagibom $i\%$ prema kosini. Komanda PTSPEN u suštini pronalazi prodor prave kroz prostorne trouglove. U prvom primeru upotrebe ove komande (prodor izvodnice kosine promenjenog nagiba kroz teren) prava je bila određena položajem izabrane strukturne linije u prostoru. Prema drugoj opciji bira se tačka iz koje vektor polazi T_3 i zadaje njegov nagib. Vektor se usmerava ka strukturnoj liniji triangulisane površi (izvodnici kosine) izabranoj u tački T_4 i na taj se način određuje pravac prodorne prave.

Sledećim primerima ilustrovana je elementarna primena komandi za editovanje veštačkih triangulisanih površi. Ove su komande u prvom redu namenjene editovanju modela kolovoznih površina. Komandom EXTTSLOPE izabrana izvodnica triangulisano modela produžava se pod konstantnim nagibom do tačke izabrane u planu. Izvodnica se bira u tački e_3 . Program po plan projekciji izabrane izvodnice postavlja pomoćni LINE entitet i tačka T_3 , do koje se izvodnica produžava, pokazuje se u preseku ovog entiteta i građevinske linije. Uzastopnom primenom komande EXTTSLOPE po nizu bočnih izvodnica modela saobraćajnice, moguće je obodnu liniju triangulisane mreže vezati za proizvoljno definisanu ivičnu liniju u planu.

Primenom komande EXTTSLOPE bočne izvodnice modela produžene su do ivične linije. Pri tom su čvorne tačke na krajevima izvodnica uz osovinu ostale na svojim početnim pozicijama. Izvodnice su, jednostavno, produžene po konstantnom nagibu do izabrane građevinske linije. Vezivanje oboda triangulisane mreže kolovoza za ivicu niše levog skretanja kanalisane raskrsnice zahteva modifikaciju ovog postupka. I ovde se izvodnica produžava do izabranog preseka pomoćnog LINE entiteta i ivične linije ostrva ali pomerena čvorna tačka triangulacije zadržava početnu visinsku kotu. Kako nagib izabrane izvodnice ostaje konstantan, to znači da čvorna tačka triangulacije na njenom suprotnom kraju menja svoju visinu. Ovakav postupak podržan je komandom FIXELEV.

Kada se u zoni odvajanja ivične linije kolovoza obod triangulisane mreže veže za njenu plan projekciju, pristupa se konstrukciji shoulder-a u slučaju poletno-sletne ili rulne staze, odnosno konstrukciji bankine u slučaju puta. Komandom CONST modula GRADING ovaj se element konstruiše kao površ konstantnog poprečnog nagiba. Budući da su obodne tačke iz kojih se površ konstruiše postavljene po liniji zakrivljenoj u planu, direkcioni uglovi izvodnica površi shoulder-a ili bankine neće se poklopiti sa direkcionalnim uglovima korespondentnih poprečnih izvodnica površine kolovoza. Komanda DIRSLOPE pruža mogućnost korekcije direkcionalnih uglova izvodnica ovog elementa. Prvo se bira izvodnica po kolovozu e_5 pod čiji direkcioni ugao treba dovesti izvodnicu po bankini, a potom se bira sama izvodnica e_6 koja se koriguje. Iako pod novim direkcionalnim uglom, korigovana izvodnica zadržaće nagib i dužinu.

Komandom PTSPOLY po nizu entiteta i sa zadatim stacionažnim korakom postavlja se niz tačaka. Tačke se na ovaj način najčešće polažu po građevinskim linijama desnog skretanja površinske putne raskrsnice. Komandom STRING modula GRADING ove se tačke vezuju u string, a po dve početne i dve krajnje tačke stringa nivelaciono se vezuju za građevinske linije ukrasnih pravaca. Potom se, komandom PTSPLINE, tačke stringa u podužnom profilu postavljaju po spline liniji proizvoljne elastičnosti. Granične

nivelacione uslove program određuje na osnovu položaja prvog i poslednjeg para tačaka stringa i tačke u središnjem delu stringa iz plan projekcije podiže na proračunate kote.

Komande HIDESIDE i HIDE TRI obično se koriste zajedno. Komandom HIDESIDE biraju se izvodnice triangulisane mreže koje trebaju postati nevidljive, a komanda HIDE TRI nevidljivim čini čitave grupe izabranih prostornih trouglova. U primeru na slici komandom TRINT rastavljeni su prostorni trouglovi u međusobnom prodoru kosina useka. Primenom komandi HIDE TRI i HIDESIDE izvodnice novonastalog skupa trouglova učinjene su nevidljivim i model je postao pregledniji.

Ovde je pokazan još jedan primer elementarne upotrebe komande PTSIDE. Po ivici kolovoza autoputa i ivici kolovoza indirektna rampe koja se iz profila autoputa izliva, komandom CONST modula GRADING konstruisane su bankine. Kako ivice kolovoza nivelaciono divergiraju, to će se spoljne ivice bankina mimoći u prostoru. Po izboru spoljnih ivica bankina e_7 i e_8 , program pokrenut komandom PTSIDE postavlja POINT entitete po izabranim ivicama i na poziciji njihovog preseka u plan projekciji. Tačka na spoljnoj ivici bankine autoputa uzima se za merodavnu i za nju se vezuje i čvorna tačka spoljne ivice bankine uz indirektnu rampu. Kako je bankina uz indirektnu rampu sada pretrpela izvesno vitoperenje to se ona treba dodatno diskretizovati komandom TRI2TRI. Model bankine kompletira se komandom SWEEP kojom se oko izabrane tačke T_7 konstruiše lepeza trouglova.

Od komandi za unos i postavljanje tačaka preostala je još samo komanda PTSLAYER. Komandom je podržano raspoređivanje atributiranih tačaka po lejerima. Po pozivu komande zadaje se raspon rednih brojeva tačaka i njihov opis, a program sve tačke koje zadovoljavaju zadate kriterijume prenosi u izabrani lejer.

U donjem delu slike 4-53 pokazani su primeri primene komande TRIPOLY. Program pokrenut komandom TRIPOLY popunjava ravansku konveksno-konkavnu konturu nepreklapajućim trouglovima, ostavljajući pri tom otvore, ili ostrva, takođe predstavljene zatvorenim konveksno-konkavnim ravanskim konturama. Ove su konture predstavljene ravanskim POLYLINE entitetima. Na ovaj se način mogu modelirati vodene površine na modelu ali se po istom algoritmu mogu modelirati i složeni oblici ravnih fasada. Kao što se na slici vidi, ovde se ne vodi računa o kriterijumu ekviangularnosti trouglova u planu na kome počiva algoritam generisanja TIN modela. Program je u prvom redu razvijen radi likovne popune modela. Međutim, ova se trougaona podela može upotrebiti i kao osnova za inženjerske proračune. Svi trouglovi ovde leže u jednoj ravni pa se na osnovu njih, bez obzira na nepoštovanje principa ekviangularnosti, postupcima koji će biti pokazani kasnije, može precizno proračunati zapremina akumulacije modelirana ovakvom triangulisanom mrežom.

Rečeno je da se prema ovde predloženim tehnikama isecanja podužnih i poprečnih profila ravnopravno tretiraju svi objekti modelirani prostornim trouglovima. Odgovarajući softver preseći će ne samo teren, već i linijski ili površinski objekat. Na modelu može postojati i objekat visokogradnje koji bi se, na primer, trebao pojaviti u isečenom poprečnom profilu. Ovakav se objekat najlakše konstruiše primenom 3DFACE entiteta. Komanda FACE2TRI uzeće svaki od ovih 3DFACE entiteta i rastaviće ga na par prostornih trouglova kako bi se i ovaj objekat mogao obrađivati softverskim alatima za obradu triangulisanih površi.

Preostale su još komande SINGLE i CHGTRI. Jednostavna komanda SINGLE namenjena je konstrukciji pojedinačnih prostornih trouglova. Na ovaj se način popunjavaju otvori na modelu nastali slučajnim brisanjem nekih od trouglova. Komanda CHGTRI namenjena je korekciji položaja pojedinih temena izabranih trouglova mreže. Trougao koji se edituje bira se u izvodnici *e9*. Ovu izvodnicu, u stvari, dele dva susedna trougla. Alternativnim izborom uzima se jedan od ova dva trougla, bira neko od njegovih temena i prenosi u novi položaj.

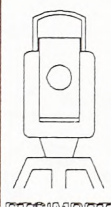

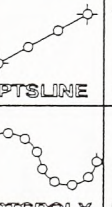
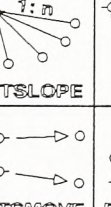



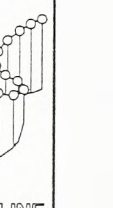
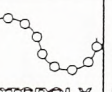
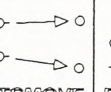
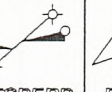
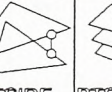
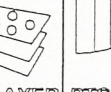
Sve komande modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS predstavljene su na slikama 4-54, 4-55 i 4-56. Većina komandi jednostavna je po svojoj funkciji i algoritamskoj osnovi. Značaj ovih komandi može se sagledati tek kroz primere njihove međusobno koordinirane primene na modeliranju složenih površinskih objekata i ukrštaja. No, pre toga treba detaljnije predstaviti komande za unos snimljenih i digitalizovanih tačaka.

Komandom PTSSET se na izabrane, obično digitalizovane, pozicije unose blokovi tačaka. Blok tačke naziva se POINT i pored entiteta tačke sadrži i tri atributa. Prvi atribut je redni broj tačke, drugi je njena visinska kota, a treći opis tačke. Po pokretanju komande pojavljuje se dijalog 15. U prvom polju sa leve strane dijaloga zadaje se razmera umetanja bloka koja treba biti primerena razmeri crteža. Potom se zadaje početni redni broj tačke, visinska kota na kojoj se tačke umeću i dodatni opis. Sa desne strane se neki od ovih podataka fiksiraju i time sprečava njihova promena tokom unosa tačaka. Tako je, u primeru datom u dijalogu 15., pri digitalizovanju izohipsi fiksiran i redni broj i visinska kota i opis tačaka. Redni broj nije fiksiran u smislu jedne konstantne vrednosti, već se pri unosu svake tačke automatski povećava za jedan, ne ostavljajući mogućnost promene. Pri jednom pozivu komande obično se digitalizuje jedna izohipsa te je stoga najbolje fiksirati i visinsku kotu.

Dijalog 15.

Ukoliko se tačke ne digitalizuju, već umeću na pozicije izabrane na modelu, u polje visinske kote unosi se tačka ("."). Blokovi tačaka vezaće se za izabrane pozicije, a atributi visinske kote za svoje vrednosti uzeće visine umetanja blokova.

Komandom PTSIMPRT moguće je uneti snimljene tačke storirane u odgovarajućim datotekama ekstenzije *.dat*. Po pozivu komande otvara se dijalog 16. Podržani su svi formati unosa koji uključuju redni broj tačke, njene koordinate, kotu i opis. Kao delimitatori mogu se pojaviti i zapete i prazna polja, što daje ukupno 24 raspoloživa

SETPOINT							
 PTSIMPRT	 PTSSET	 PTSLINE	 PTSLOPE	 PTSDIR	 PTSPEN	 PTS2TRI	 PTSPLINE
	No Elev Desc		1:n				
		 PTSPOLY	 PTSMOVE	 PTSPERP	 PTSIDE	 PTSLAYER	

Unos snimljenih tačaka iz datoteke

Manuelni unos i kodiranje tačaka

Postavljanje tačaka po pravoj liniji

Postavljanje tačaka pod nagibom

Nizanje tačaka po pravoj u prostoru

Postavljanje tačke u prodoru prave i prostornog trougla

Polaganje tačaka po TIN-u

Postavljanje tačaka po osovini u planu

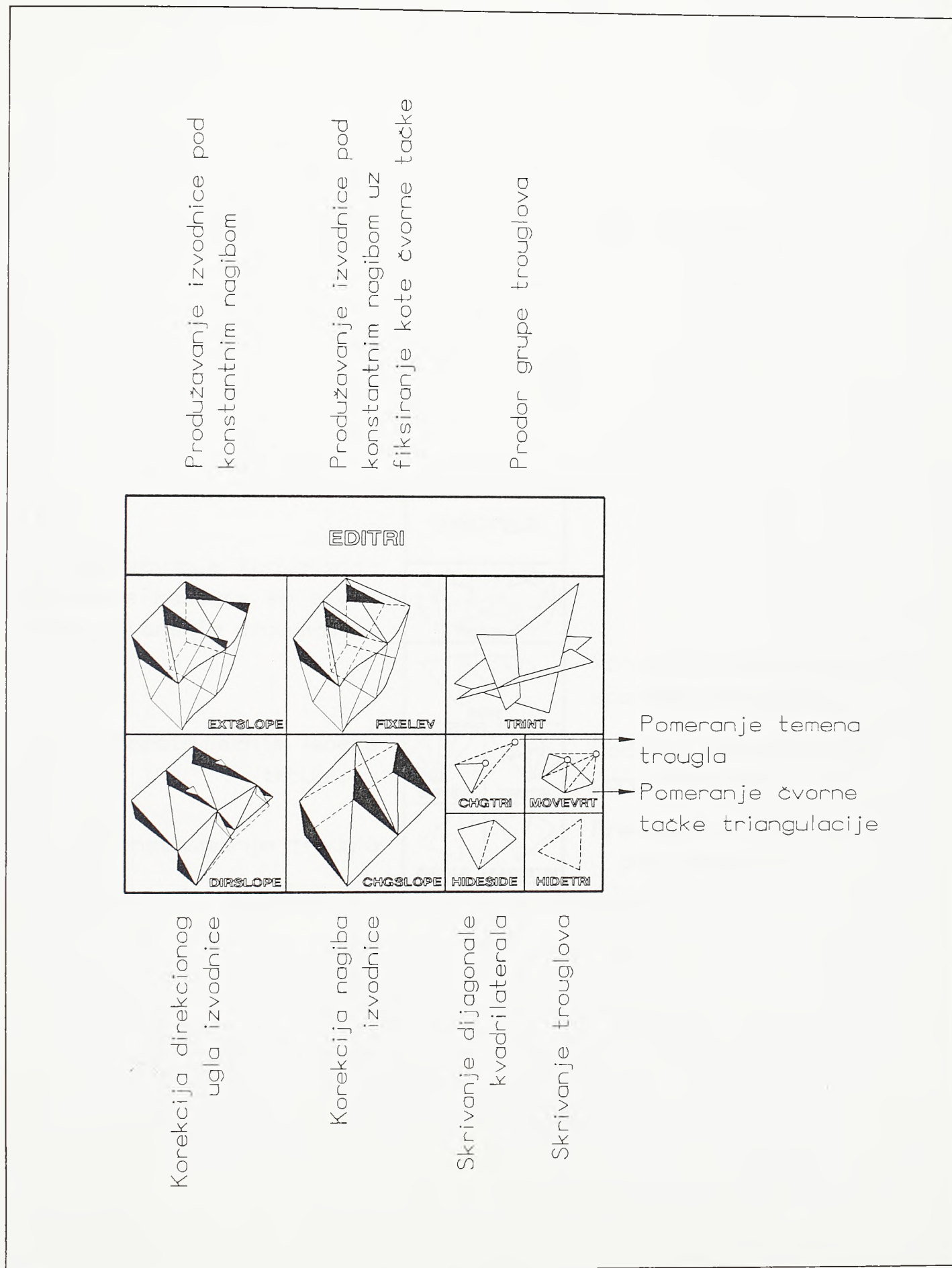
Pomeranje tačaka u ravni

Postavljanje tačaka pod poprečnim nagibom prema osi

Obeležavanje preseka ivica 3DFACE-a u planu

Grupna promena lejera

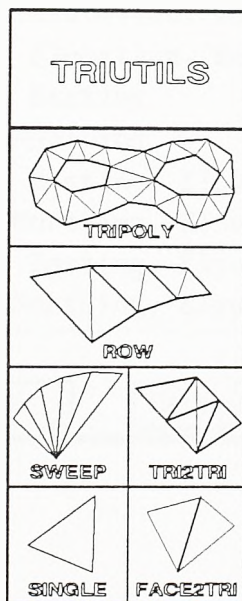
Postavljanje tačaka po SPLINE profilu



Sl.4-55.

Pregled komandi modula EDITRI

Popunjavanje konveksno-
konkavne konture sa otvo-
rima ravanskim trouglovima



Konstruisanje lepeze
trouglova

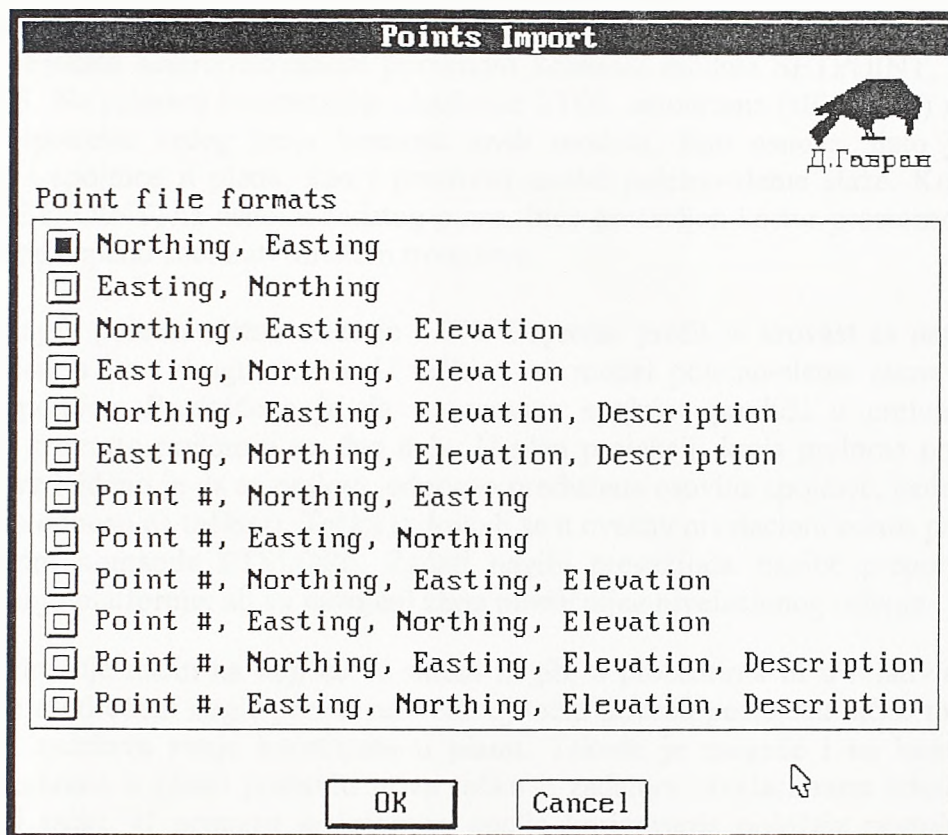
Konstruisanje trougla

Manuelno konstruisanje niza
uparenih trouglova

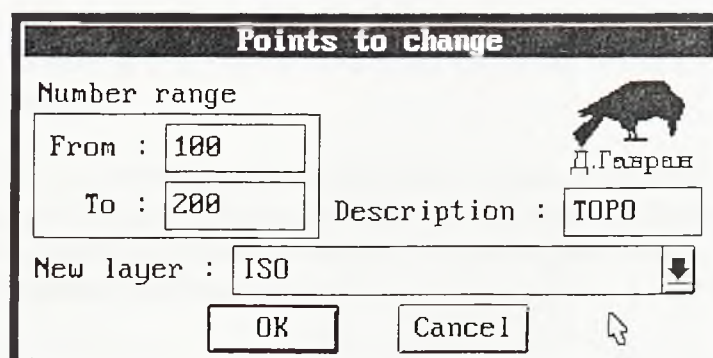
Dodatna diskretizacija
para trouglova

Pretvaranje 3DFACE-a
u par trouglova

formata datoteke. Po zatvaranju osnovnog dijaloga, kroz dijalog datoteke zadaje se ime *.dat datoteke iz koje se tačke unose i razmera umetanja blokova tačaka.



Dijalog 16.



Dijalog 17.

Pokazano je da se TIN ili grid model terena generiše na skupu tačaka izabranom u okviru jednog lejera. Tokom pripreme podataka za modeliranje terena često se javlja potreba za grupnom promenom lejera izabranog skupa tačaka. Ovaj je postupak podržan komandom PTSLAYER. Po pozivu komande otvara se dijalog 17. Primer dijaloga govori sam za sebe. Zadatak je da se sve tačke sa rednim brojem između 100 i 200, a koje imaju opis *TOPO*, iz lejera kome trenutno pripadaju prenesu u lejer ISO. Po zatvaranju dijaloga,

program prema zadatim kriterijumima filtrira blokove tačaka i izvršava postavljeni zadatak.

Sledećim primerima pokazano je modeliranje površinskih objekata i površinskih ukrštaja linijskih objekata sinhronizovanom primenom komandi modula SETPOINT, EDITRI i TRUTILS. Na primeru konstrukcije platforme STOL aerodroma (slika 4-57) moguće je pokazati upotrebu većeg broja komandi ovih modula. Kao osnova, dato je rešenje platforme i spojnice u planu, kao i prostorni model poletno-sletne staze. Komandama modula SETPOINT, na osnovu zadanog plana, biće postavljen kostur prostornog modela koji će se postepeno zatvarati mrežom trouglova.

Podužni nagib poletno-sletne staze je 1.0%. Poprečni profil je krovast sa nagibima od 1.5% na jednu i na drugu stranu. U tački t_1 za model poletno-sletne staze vezuje se osovina spojnice. Predviđeno je da se osovina spojnice produži u prelom koji će platformu krovasto prelomiti na dva dela. U plan projekciji kraja preloma postavlja se tačka t_2 . Predviđeno je da se prelom, odnosno produžena osovina spojnice, nađe u nagibu od -1.5% u odnosu na tačku t_1 . Tačka t_2 dovodi se u ovakav nivelacioni odnos prema tački t_1 primenom komande PTSLOPE. Zadati nagibi prevazilaze nagibe preporučene pri projektovanju platforme, ali su usvojeni zbog plastičnijeg nivelacionog rešenja.

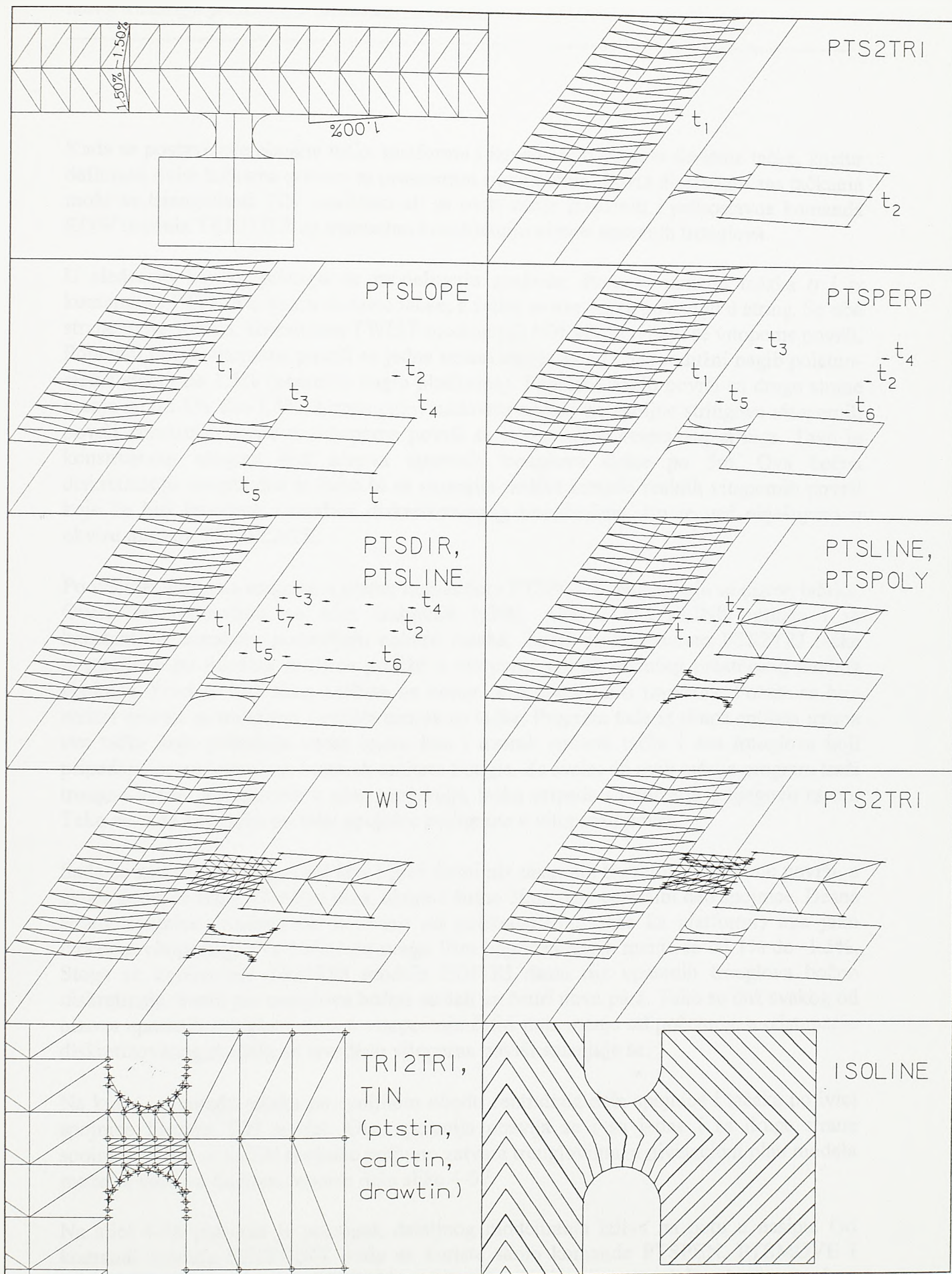
Prvo se određuje način na koji će se zadati nagib, u procentima ili u relativnom padu. Moguće je u određeni nagib prema referentnoj tački dovesti postojeću tačku modela, pri čemu ona zadržava svoje koordinate u planu. Takođe je moguće i na koordinatama pozicije izabrane u planu postaviti novu tačku u zadanom nivelacionom odnosu prema referentnoj tački. U primeru je izabrana opcija korigovanja položaja postojeće tačke modela prema nagibu zadanom u procentima. Za referentnu tačku uzeta je tačka t_1 , a za tačku koja se pomera tačka t_2 .

Sada je prelom platforme definisan dvema tačkama u prostoru i sledeći korak je prostorno definisanje oboda platforme. Prvo se na pozicije obodnih tačaka platforme u planu postave tačke t_3 , t_4 , t_5 , i t_6 . Zatim se komandom PTSPERP ove tačke dovedu u poprečni nagib od -1.5% upravno na prelom.

Komandom PTSDIR na prostornu pravu definisanu dvema izabranim tačkama postavlja se nova tačka na proizvoljnom horizontalnom ili visinskom odstojanju u odnosu na prvoizabranu tačku. Tako je između tačaka t_2 i t_1 postavljena tačka t_7 koja se nalazi u ravni sa obodnim tačkama platforme t_3 i t_5 .

Mada je platforma sastavljena od dve ravne površi koje se mogu modelirati sa ukupno četiri prostorna trougla, za preporuku je da se zbog preciznijeg proračuna kubatura (vidi poglavlje 4.3.8.) model progusti. Stoga su duž oboda platforme postavljene dodatne tačke između parova tačaka t_3 i t_4 , t_5 i t_6 , a po prelomu između tačaka t_2 i t_7 . Postavljanje dodatnih tačaka po duži između dve izabrane tačke izvodi se komandom PTSLINE.

Ovom se komandom između dve zadate tačke postavljaju dodatne tačke bilo po kriterijumu podele dužine na jednake delove ili odmeravanjem sa zadatim korakom počev od prve tačke ka drugoj. Ovde je duž podeljena na tri jednaka dela, te su u trećinama duži postavljene nove tačke.



Sl.4-57.

Primena komandi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS na modelu platforme

Kada se postave sve obodne tačke platforme i između njih postave dodatne tačke, kostur definisan ovim tačkama zatvara se prostornim trouglovima. Površ diskretizovana tačkama može se triangulisati TIN modelom ali se ovde može primeniti i jednostavna komanda ROW modula TRIUTILS za manuelnu konstrukciju nizova uparenih trouglova.

U sledećem koraku pristupa se modeliranju spojnice. Prvo se između tačaka t_1 i t_7 komandom PTSLINE unesu dodatne tačke, a zatim se ove tačke povezuju u string. Sa obe strane ovog stringa, komandom TWIST modula GRADING, razvijaju se vitoperne površi. Poprečni nagib vitoperne površi sa jedne strane menja se od 1% (podužni nagib poletno-sletne staze) do 1.5% (poprečni nagib platforme). Poprečni nagib površi sa druge strane menja se od 1% do -1.5%. Uzastopnim nadovezivanjem na spoljne stringove vitopernih površi konstruišu se po tri vitoperne površi sa svake strane centralnog stringa. Tako je konstruisano ukupno šest nizova uparenih trouglova širine po 5m. Ova bočna diskretizacija neophodna je kako bi se smanjila razlika između realnih vitopernih površi koje će biti izvedene i modela diskretizovanog trouglovima, što je već objašnjeno u okviru modula TEMPLATE.

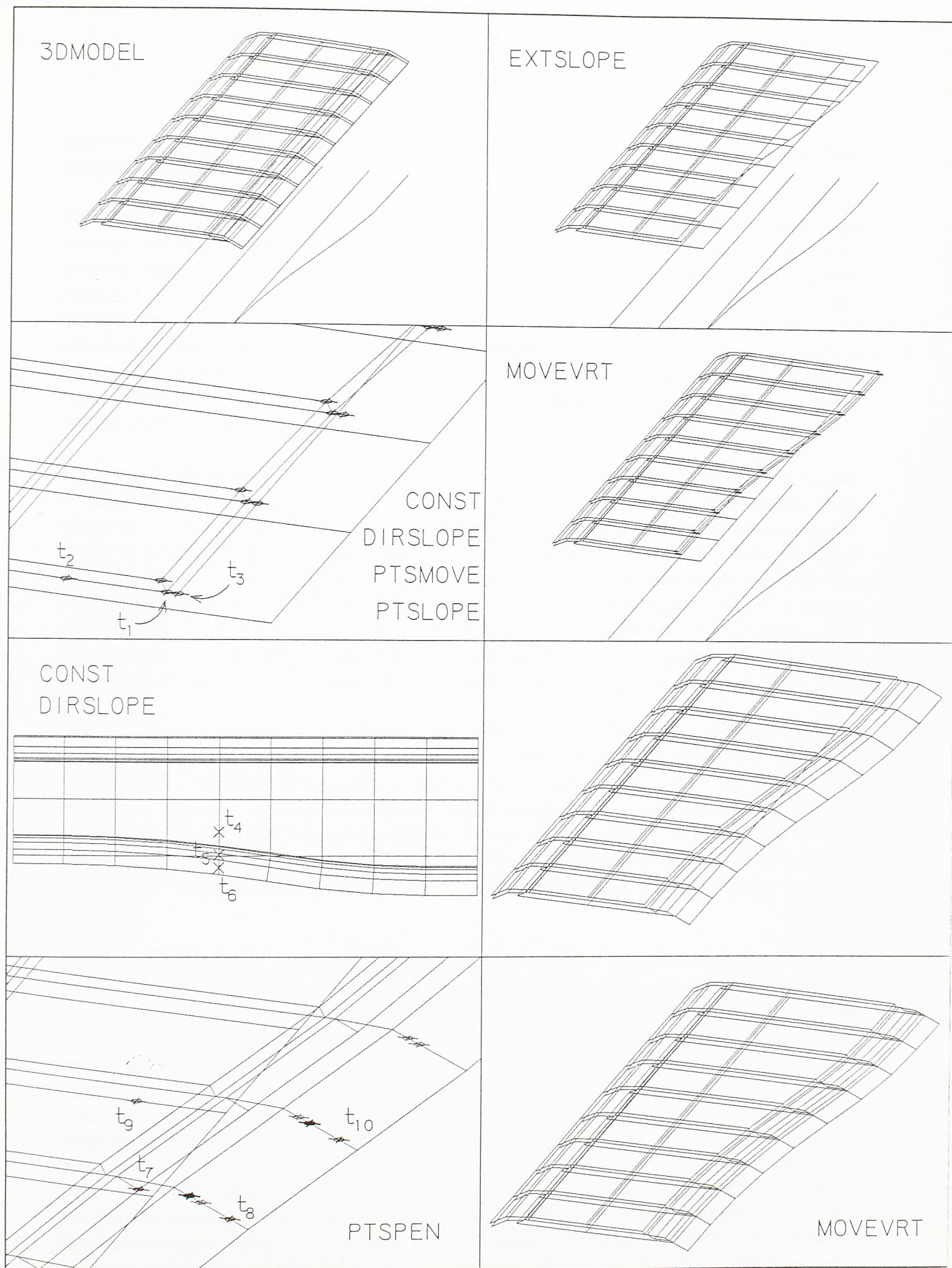
Po ivičnim linijama spojnice u planu, komandom PTSPOLY, postavljaju se nizovi tačaka. Ovom se komandom po nizu izabranih LINE, ARC i POLYLINE entiteta i sa konstantnim korakom postavljaju entiteti tačaka. Zatim se komandom PTS2TRI tačke postavljene po ivicama spojnice podižu u vitoperne površi budućeg prostornog modela spojnice. Prvo se bira skup entiteta na kome će operacija biti izvedena. Potom se bira entitet uzorak za trouglove i entitet uzorak za tačke. Program tada iz skupa entiteta uzima sve tačke koje pripadaju istom lejeru kao i uzorak entiteta tačke i sve trouglove koji pripadaju istom lejeru kao i uzorak entiteta trougla. Za svaku od ovih tačaka program traži trougao kome, posmatrano u plan projekciji, tačka pripada i podiže je u njegovu ravan. Tako su sada sve tačke po ivici spojnice podignute u vitopernu površ.

Sada se zadržavaju samo prvi levi i prvi desni niz uparenih trouglova vitoperne površi, a ostala četiri se brišu. Ova dva niza, ukupne širine 10m, čine centralni deo spojnice. Desna strana spojnice (posmatrano u smeru od poletno-sletne staze ka platformi) ima jako izraženo vitoperenje. Na dužini od svega 15m poprečni nagib menja se od 1% do -1.5%. Stoga se komandom TRI2TRI modula EDITRI desni niz uparenih trouglova bočno diskretizuje. Svaki par trouglova bočno se deli na četiri nova para. Tako se duž svakog od nizova uparenih trouglova dobija vitoperenje četiri puta manje od početnog, a odstupanje diskretizovanog modela od izvedene vitoperne površi smanjuje se.

Na kraju se između tačaka po spoljnom obodu centralnog dela spojnice i tačaka po ivici spojnice formira TIN model. Ova operacija obavlja se i sa jedne i sa druge strane spojnice. Time se model spojnice potpuno zatvara trouglovima, a nivelacioni plan modela može se videti u donjem desnom delu slike 4-57.

Na slici 4-58 pokazan je postupak detaljnog modeliranja izliva na putu u nasipu. Od komandi modula SETPOINT ovde se koriste samo komande PTSPEN, PTSMOVE i PTSLOPE. Kada komanda PTSPEN ne bi postojala, korektno modeliranje tamponskog ispusta u zoni proširenja bilo bi gotovo nemoguće.

Postupak modeliranja je sledeći. Prvo se komandom 3DMODEL formira model linijskog objekta. Potom se model bankine i kosine, kako po površini humusa tako i po samom



Sl.4-58.

Detaljno modeliranje kolovozne konstrukcije u zoni izliva

zemljanom trupu, sa strane proširenja briše. Takođe se briše i gornja površina tamponskog ispusta.

Po završetku prethodnih operacija, komandom EXTSLOPE modula EDITRI desna ivica modela površine kolovoza u planu vezuje se za ivicu proširenja. Poprečne izvodnice površine kolovoza zadržavaju svoj poprečni nagib. Nakon toga se komandom CONST modula GRADING pod nagibom 2:1 konstruiše bočna strana asfaltnih slojeva kolovozne konstrukcije. Pošto je ova površ konstruisana duž zakrivljenog oboda površine kolovoza, izvodnice bočne strane asfaltnih slojeva i izvodnice površine kolovoza koje se sreću u zajedničkoj obodnoj tački biće postavljene pod različitim direkcionim uglovima. Stoga se komandom DIRSLOPE direkcioni uglovi izvodnica bočne strane asfaltnih slojeva dovode pod isti direkcioni ugao kao i poprečne izvodnice po površini.

Kada se utvrdi položaj donje ivice bočne strane asfaltnih slojeva, može se pristupiti definisanju gornjeg desnog oboda tamponskog sloja. Gornji obod tamponskog sloja obično je 20cm bočno pomeren u odnosu na donju ivicu bočne strane asfaltnih slojeva i nalazi se pod nagibom jednakim nagibu površine kolovoza u tom profilu. Obodna tačka se nalazi tako što se odgovarajuća tačka na donjoj ivici asfaltnih slojeva pomeri u pravcu bočne izvodnice modela za 20cm, što se postiže primenom komande PTSMOVE. Ovako dobijena tačka nalazi se na istoj visinskoj koti kao i tačka na donjoj ivici asfaltnog sloja. Njen položaj se primenom komande PTSLOPE koriguje po visini i , prema tački na donjoj ivici asfaltnih slojeva, dovodi pod nagib jednak poprečnom nagibu asfaltnih slojeva.

Prvo se zadaje vrednost pomaka, a zatim bira tačka t_1 u odnosu na koju će biti postavljena nova, pomerena, tačka. Potom se bira tačka t_2 kojom se definiše direkcioni ugao pod kojim se tačka pomera. Nova tačka t_3 naći će se, u ovom slučaju, za 0.2m pomeren u odnosu na tačku t_1 . Posmatrano u planu, ležaće na pravoj koja prolazi tačkama t_1 i t_2 i nalaziće se sa suprotne strane od tačke t_2 . Potom se komandom PTSLOPE tačka t_3 u odnosu na tačku t_1 dovodi pod nagib jednak nagibu asfaltnih slojeva. Zatim se komandom MOVEVRT obodne tačke gornje površine tampona dovode u nove položaje određene tačkom t_3 .

Kada se definišu sve tačke po gornjem obodu tampona, njihov položaj nivelaciono koriguje prema donjoj ivici asfaltnih slojeva i finalizira gornja površ tampona pristupa se konstrukciji bankine i kosine po zemljanom trupu. U cilju očuvanja preglednosti tokom rada na modelu, bankina i kosina po površini humusa konstruišu se poslednje. Bankina i kosina po zemljanom trupu konstruišu se iz niza tačkaka po gornjem obodu tampona komandom CONST ili komandom MULTI modula GRADING. Komandom CONST konstruiše se i desna bočna strana tampona sa nagibom 1:2. Donja ivica bočne strane tampona ujedno je i gornja leva ivica tamponskog ispusta. Kako je linija gornjeg oboda tampona sada zakrivljena, bočne izvodnice po ovim novim površinama neće biti postavljene pod istim direkcionim uglom pod kojim su postavljene bočne izvodnice površine kolovoza na istim stacionažama. Stoga se modeli površina bankine i kosine po zemljanom trupu i model bočne strane tampona koriguju komandom DIRSLOPE. Prvo se pokazuje tačka t_4 na izvodnici čiji direkcioni ugao izvodnica površi koja se koriguje treba da prati, a potom tačka t_5 na izvodnici koja se koriguje. Izborom tačke t_5 koriguje se izvodnica bankine, a izborom tačke t_6 izvodnica kosine. Na isti način koriguju se izvodnice bočne strane tampona. Na slici su izvodnice levo od preseka određenog izabranim tačkama korigovane, a desno od preseka nisu.

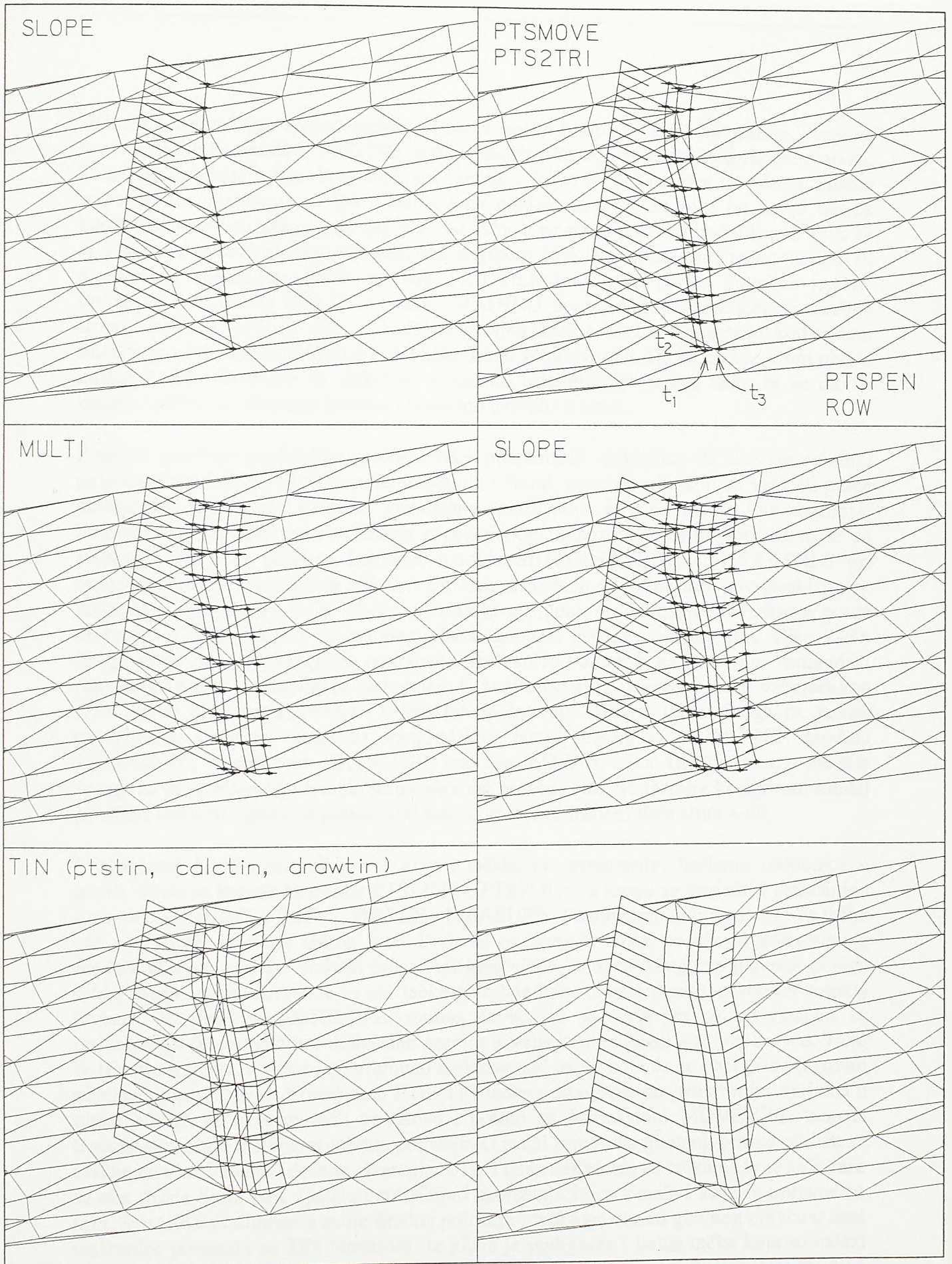
Sada su u zoni izliva modelirane površina kolovoza, bankina i kosina po zemljanom trupu i gornja, donja i desna bočna strana tampona. Preostaje još da se modelira tamponski ispust. Donja izvodnica tamponskog ispusta je u stvari bočna izvodnica donje površine tampona produžena do prodora kroz kosinu po zemljanom trupu. Gornja izvodnica tamponskog ispusta povučena je iz tačke na donjoj ivici bočne strane tampona, paralelno donjoj izvodnici, sve do prodora kroz kosinu po zemljanom trupu. Cilj je da se pronađu navedene tačke prodora kroz kosinu i prema njima modeliraju gornja i donja površina tamponskog ispusta u području izliva. Prodori izvodnica kroz kosinu traže se komandom PTSPEN, pokazanom u donjem levom delu slike. Na raspolaganju su dve opcije; prva se primenjuje pri traženju prodora prave povučene iz izabrane tačke pod zadatim nagibom i koristi se pri definisanju izvodnice po gornjoj površini tamponskog ispusta.

Prvo se bira opcija kojom se zadaje nagib prave, a zatim se kroz ciklus bira niz tačaka iz kojih se prave konstruišu i trouglova kroz koje se prodor računa. Pri izboru trouglova bira se, ustvari, tačka t_8 na njihovoj zajedničkoj izvodnici. Program tada prepoznaje dva trougla koji se po izabranoj izvodnici dodiruju, postavlja pravu iz izabrane tačke t_7 pod zadatim nagibom, a pod direkcionim uglom određenim tačkom t_8 na izvodnici, i postavlja tačku u prodoru prave kroz jedan od trouglova. Sračunati prodor označen je markantnijom tačkom na crtežu.

Pri traženju prodora donje izvodnice tamponskog ispusta kroz kosinu koristi se druga opcija. Ovde je prava koja prodire kosinu definisana pravcem izabrane izvodnice donje površine tampona. Tako se prvo bira tačka t_9 na izvodnici donje površine tampona, a potom tačka t_{10} na izvodnici kosine. U prodoru prave kroz kosinu program postavlja tačku. Tako se na svakoj od izvodnica kosine dobija po jedan par tačaka. Gornja tačka u paru predstavlja izlaz gornje površine tamponskog ispusta na kosinu, a donja tačka u paru predstavlja izlaz donje površine tamponskog ispusta. Na kraju se između ovako postavljenih tačaka komandom ROW generišu nizovi uparenih trouglova čime se, praktično, završava korekcija prostornog modela linijskog objekta u zoni proširenja. U donjem desnom delu slike pokazan je korigovan model. Preostaje još da se konstruiše bankina i kosina po površini humusa. Radi preglednosti strukture modela ove površi nisu date na slici.

U okviru modula TEMPLATE pokazan je moguć nivo detaljnosti prostornih modela linijskih objekata. U prostorni model razvijaju se detalji oivičenja i drenažne cevi, a pojedini se slojevi nezavisno vitopere. Na takvom modelu mogu se indentifikovati sve tačke potrebne za izvođenje objekta. Međutim, čitav postupak modeliranja bio bi diskreditovan ukoliko se strukturne linije triangulisanog modela ne bi mogle povesti za slobodnijom geometrijom ivičnih linija u zonama proširenja, uliva, izliva itd. Na prethodnom primeru mogla se sagledati uloga jednostavnih komandi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTLS pri korekciji modela u ovim zonama.

Na slici 4-59 pokazana je primena komandi navedenih modula pri konstrukciji obodnog kanala na uzbrdnoj strani nasipa. Prvo se obodnom linijom objekta, na primer platforme, konstruiše kosina. Praksa je da se unutrašnja ivica obodnog kanala ne postavlja uz samu nožicu nasipa, već je pomerena za 1m u odnosu na nju. Stoga se niz tačaka po nožici nasipa, predstavljen tačkom t_1 , komandom PTSMOVE pomera za 1m po pravcu t_2-t_1 i postavlja u novi niz predstavljen tačkom t_3 . Sve tačke novog niza nalaze se na istim

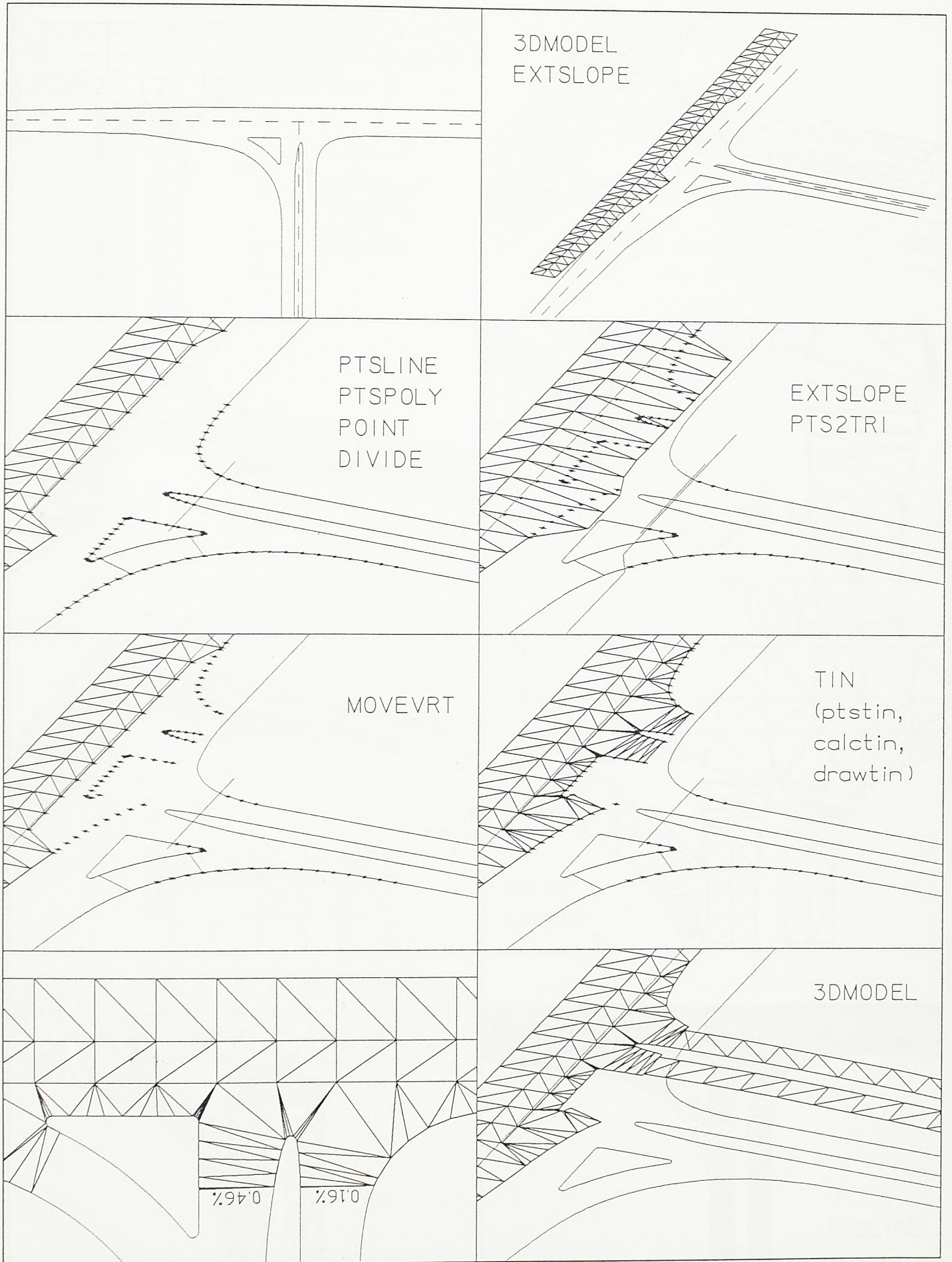


Sl.4-59.
Modeliranje obodnog kanala

visinskim kotama kao i odgovarajuće tačke po nožici nasipa od kojih su nastale. Stoga se sve ove tačke komandom PTS2TRI moraju podići u trouglove digitalnog modela terena. Time su dobijene tačke koje leže po terenu i koje su po pravcu izvodnice kosine horizontalno pomerene za 1m u odnosu na nožicu. Iz ovog se niza na strani nasipa konstruiše površina ispune pod nagibom od 10%, a na strani padine obodni kanal. Prvo se pronađu prodori pravih konstruisanih pod nagibom 10% iz niza predstavljenog tačkom t_3 , a zatim se komandom ROW modula TRIUTILS konstruiše gornja površina ispune. Potom se komandom MULTI modula GRADING prema padini konstruišu unutrašnja strana kanala i njegovo dno, a onda se spoljna kosina kanala konstruiše komandom SLOPE modula GRADING kao i bilo koja druga kosina useka. Tačke po spoljnom obodu kosine kanala obavezno se uključuju u finalnu trijagulaciju terena kako bi se model kosine zajedno sa obodnim kanalom korektno uklopio u teren.

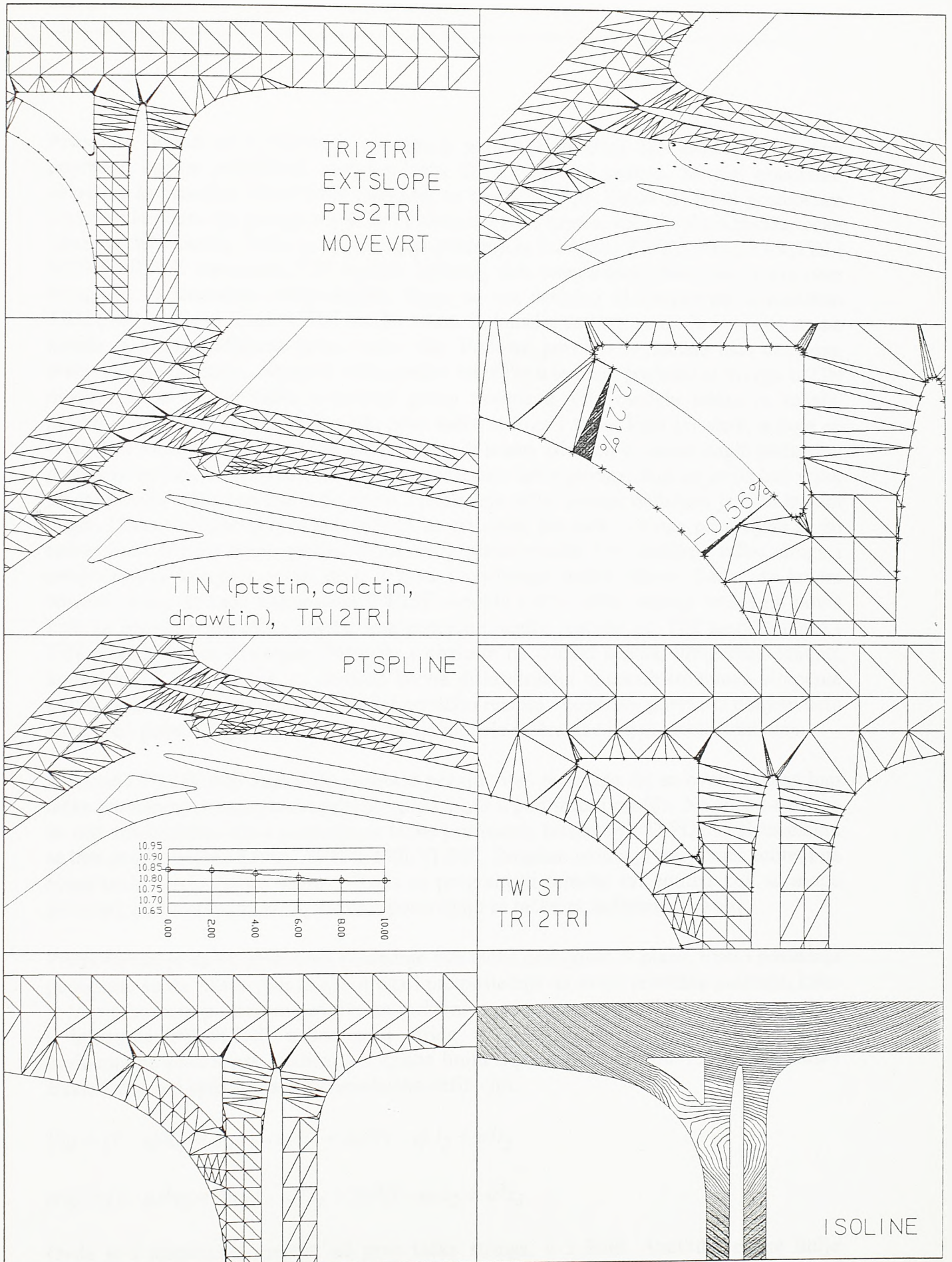
Poseban problem predstavlja projektovanje površinskih raskrsnica ili ukrštaja rulnih i poletno-sletnih staza. Ukrštaji poletno-sletnih i rulnih staza po površini su veći ali putne površinske raskrsnice, naročito kanalisane, zasnovane su na znatno kompleksnijoj horizontalnoj geometriji, a problemi nivelacionog uklapanja ukrasnih pravaca ovde su složeniji. Stoga će primena komandi modula SETPOINT, EDITRI i TRIUTILS pri modeliranju ukrštaja linijskih objekata biti demonstrirana na primerima površinske putne raskrsnice. Na slikama 4-60 i 4-61 pokazan je postupak projektovanja kanalisane putne raskrsnice. Polazi se od situacionog plana datog u gornjem levom delu slike 4-60. Programsko rešenje ukazuje na površinsku raskrsnicu kojom se na dvotračni vangradski put vezuju rampe denivelisane raskrsnice. U zoni raskrsnice poprečni profil vangradskog puta, pored dve vozne, dobija i jednu manipulativnu, izlivnu, traku. Stoga se, nakon modeliranja površine kolovoza vangradskog puta, komandom 3DMODEL modula TEMPLATE, komandom EXTTSLOPE modula EDITRI ivica triangulisanog modela vezuje za plan projekciju ivičnih linija glavnog pravca. Tako se formira korigovani model površine kolovoza glavnog pravca, pokazan u gornjem desnom delu slike 4-60.

U sledećem koraku postavljaju se nizovi tačaka po strukturnim linijama raskrsnice u planu. Ovde se koriste komande PTSLINE i PTSPOLY, a mogu se koristiti i standardne komande AutoCAD-a POINT, DIVIDE i MEASURE. Postupcima koji slede ove će tačke biti podignute na svoje realne kote. Prvo se postavljaju tačke po obodu korigovanog modela glavnog pravca. Tokom procedura koje slede, temena trouglova glavnog pravca biće privremeno pomerana te su ove tačke potrebne kako bi se zapamtio prvobitni položaj temena. Komandom EXTTSLOPE, naime, izvodnice glavnog pravca privremeno se produžavaju do proizvoljno definisane granice nivelacionog uticaja glavnog pravca. Tako se trouglovi glavnog pravca privremeno nadnose nad tačke koje će se naći pod njegovim nivelacionim uticajem. Komandom PTS2TRI tačke postavljene po strukturnim linijama u planu podižu se u ravni ovih trouglova i potom se, komandom MOVEVRT, temena trouglova vraćaju u svoje prvobitne položaje. U ravni trouglova glavnog pravca podižu se i tačke na ulazu u kanal desnog skretanja. Ulaz i izlaz definisani su tačkama koje se nalaze sa obe strane linija koje spajaju unutrašnju i spoljašnju ivicu kanala i koje su upravne na njih. Sve tačke podignute u svoje finalne položaje i tačke po obodu glavnog pravca u zoni raskrsnice povezuju se TIN modelom. Iz plana je podignuta i jedna tačka koja se nalazi neposredno iza poprečne linije na ulazu u kanal. Ta se tačka ne uključuje u TIN model i ona će kasnije biti upotrebljena pri definisanju podužnog profila ivice kanala desnog skretanja.



Sl.4-60.

Modeliranje površinske putne raskrsnice (prvi deo)



Sl.4-61.

Modeliranje površinske putne raskrsnice (drugi deo)

Potom se prelazi na modeliranje sporednog pravca. Formirani TIN model ukazuje na poprečne nagibe priključnih rampi u zoni uliva u glavni pravac. Sa tim graničnim uslovima komandom 3DMODEL razvijaju se modeli rampi. Zatim se, istim postupkom kojim su iz plana bile podignute tačke na ulaznom delu kanala, sada iz plana podižu tačke izlaznog dela kanala. Ovde se na isti način primenjuju komande EXTSTLOPE, PTS2TRI i MOVEVRT. U osnovnom TIN modelu izlaznog dela kanala identifikovana su dva para trouglova sa izraženim vitoperenjem. Stoga su oni dodatno diskretizovani komandom TRI2TRI. Pošto se formira TIN model izlaza iz kanala, uočava se da je i sa ove strane kanala iz plana podignuta jedna tačka više. Podužni profil ivice kanala biće definisan diskretno, po tačkama. Stoga se tačke, počev od tačke u temenu poslednjeg trougla u TIN modelu ulaza pa do tačke u temenu prvog trougla u TIN modelu izlaza iz kanala, povezuju u string. Nagibom između prve tačke stringa i tačke koja joj sledi, a koja se javila kao višak pri podizanju tačaka na ulazu iz plana, određen je ulazni nagib podužnog profila ivice kanala. Nagibom između pretposlednje tačke stringa, koja se javila kao višak pri podizanju tačaka na izlazu iz plana, i poslednje tačke stringa definisan je njen izlazni nagib. Uzimajući ove nivelacione uslove za granične, sve tačke stringa postavljaju se po spline liniji u podužnom profilu. Time se iz plana podižu dve središnje tačke, druga i pretposlednja koriguju svoje kote, a prva i poslednja ostaju fiksne. Sada se levom stranom ovog stringa, komandom TWIST modula GRADING, razvija vitoperma površ koja za granične poprečne nagibe ima poprečne nagibe merene po TIN modelu ulaza i TIN modelu izlaza iz kanala. Pošto je, s obzirom na dužinu kanala, vitoperenje znatno, komandom TRI2TRI vrši se dodatna bočna diskretizacija uparenih trouglova vitoperne površi, kako bi se diskretizovani model približio realnoj vitopernoj površi. U donjem delu slike 4-61 pokazana je finalna diskretizacija modela raskrsnice i njen nivelacioni plan.

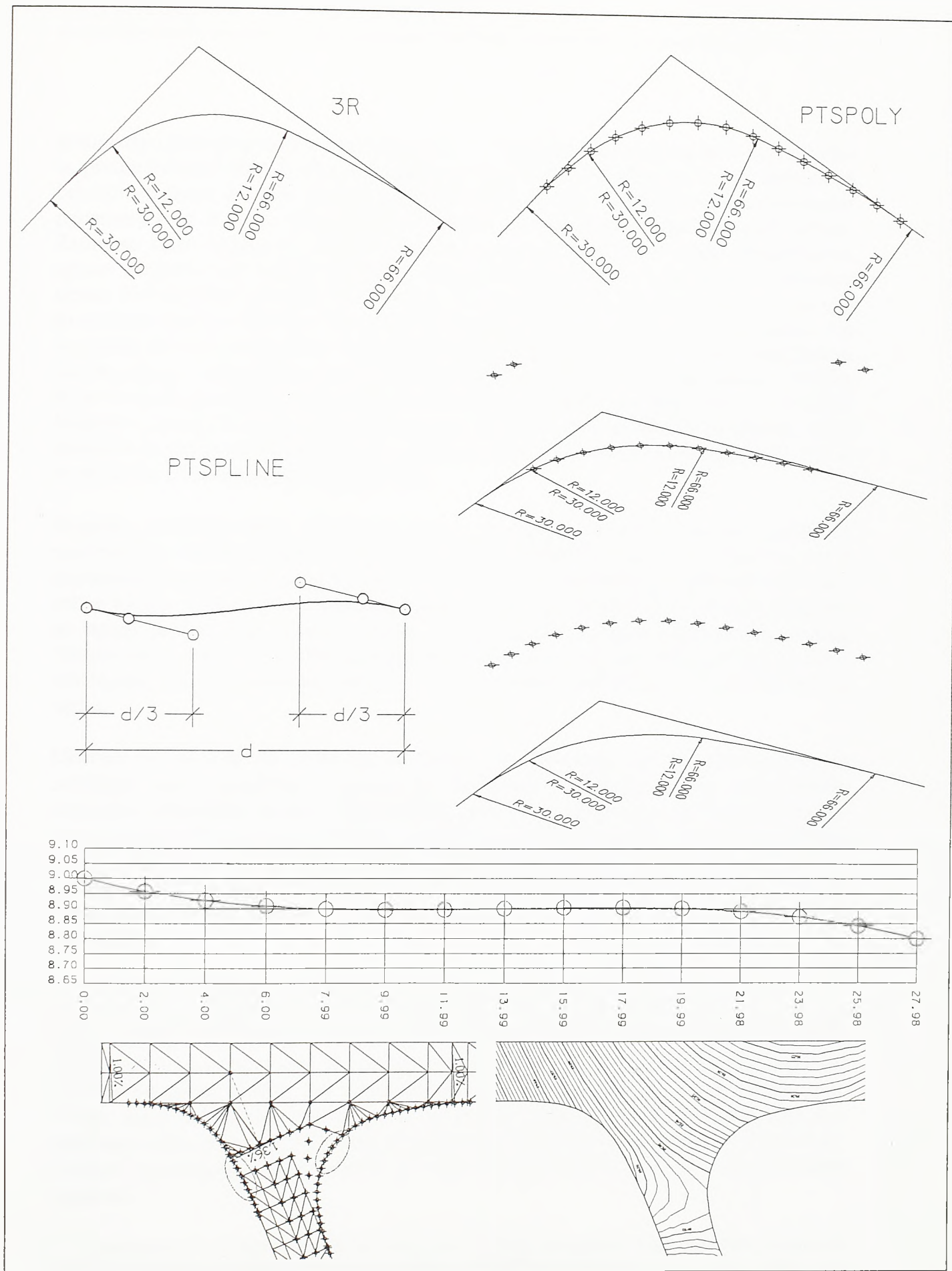
Komanda PTSPLINE zaslužuje posebnu pažnju. Već je izneto da se ovom komandom tačke izabranog stringa postavljaju po spline liniji u podužnom profilu. Na slici 4-62 prvo su duž trocentrične krive postavljene tačke primenom komande PTSPOLY. Komandom se bira grupa entiteta LINE, ARC ili POLYLINE. Program uzima prvoizabrani entitet i na njega nadovezuje ostale entitete. Kada se programski povežu svi entiteti koji se mogu povezati, duž ovako utvrđene osovine postavljaju se tačke sa zadatim korakom.

Pretpostavka je da su prve dve i poslednje dve tačke podignute iz plana. Prva i poslednja podignute su na fiksne položaje, a druga i pretposlednja na svoje približne položaje, kako je to prethodnim primerom površinske raskrsnice pokazano. Sve tačke se vezuju u string, a komanda PTSPLINE uzima ovaj string i, zadržavajući za svaku tačku fiksne horizontalne koordinate, podiže ih u spline liniju u podužnom profilu. Pri tom se koristi Bezierov kubni spline čija je parametarska definicija:

$$l(u) = (1 - u)^3 l_0 + 3u(1 - u)^2 l_1 + 3u^2(1 - u) l_2 + u^3 l_3$$

$$z(u) = (1 - u)^3 z_0 + 3u(1 - u)^2 z_1 + 3u^2(1 - u) z_2 + u^3 z_3$$

Ovde je l stacionaža merena od prve tačke stringa, a z kota. Analitika spline linije utvrđena je sa četiri tačke. U ovom slučaju četiri tačke su prva, druga, pretposlednja i poslednja tačka stringa. Parametar u menja svoju vrednost od 0 do 1. Ako je njegova vrednost 0, funkcije stacionaže i kote dobiće vrednost stacionaže i kote prve tačke, l_0 i z_0 . Ako je vrednost parametra u jednaka 1, funkcije stacionaže i kote dobiće vrednost



Sl.4-62.

Postavljanje tačaka po spline podužnom profilu

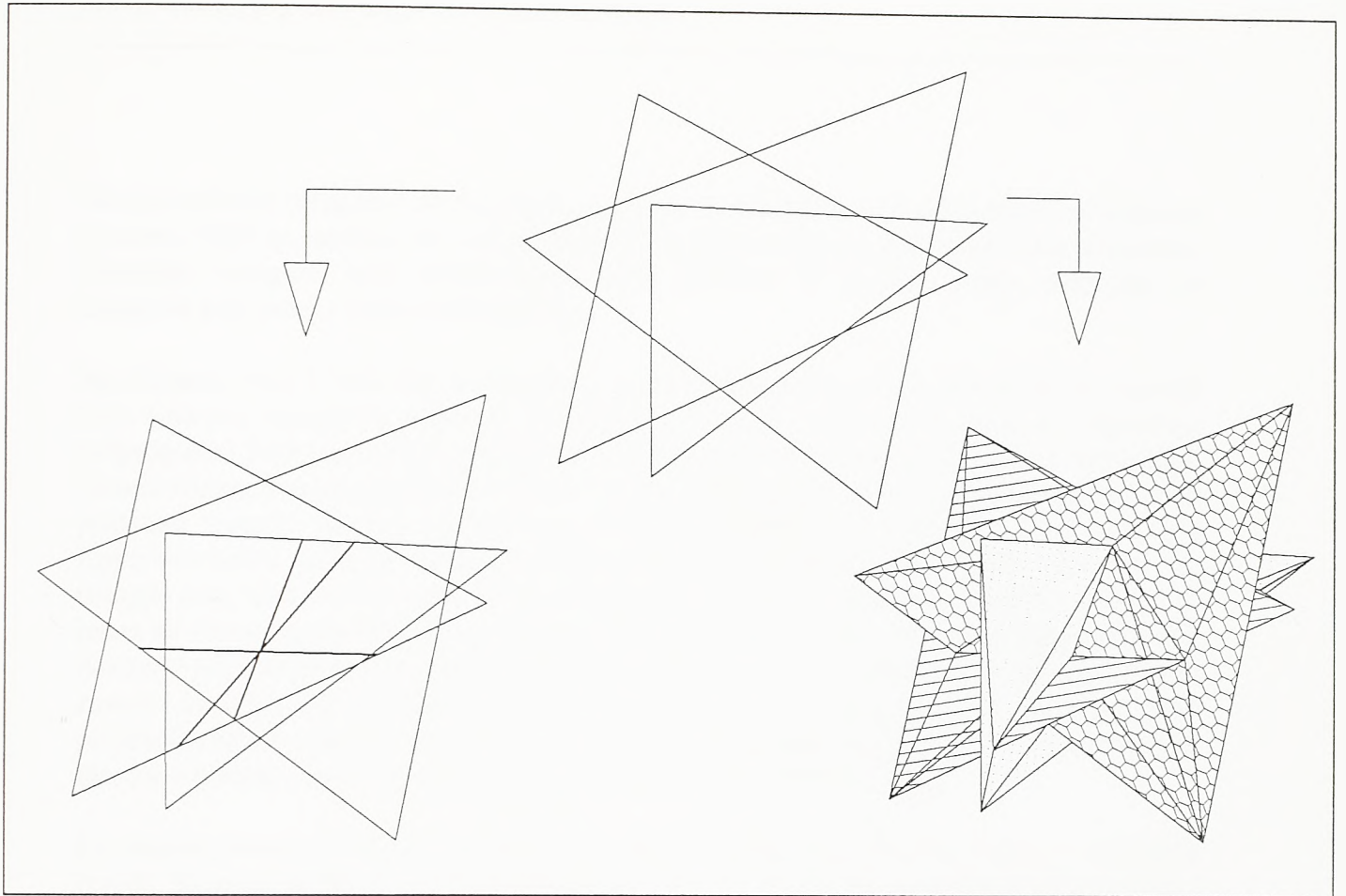
stacionaže i kote poslednje tačke stringa, l_3 i z_3 . Druga tačka, određena sa l_1 i z_1 , zajedno sa prvom tačkom definiše ulaznu tangentu, a treća tačka, određena sa l_2 i z_2 , zajedno sa četvrtom tačkom definiše izlaznu tangentu spline profila. Inkrementalnom promenom parametra u od 0 do 1, spline profil se računa u proizvoljnom broju diskretnih tačaka. Zatim se tačke stringa iz svojih dotadašnjih položaja podižu na ovako diskretizovan spline. Program koji sračunava spline, umesto stvarne druge i treće tačke, u proračun uzima fiktivne tačke pomerene po ulaznoj i izlaznoj tangenti. Za preporuku je da se radi sa tačkama koje su pomerene na trećine dužine stringa, kako je to na slici pokazano. Svi su izgledi da će se u ma kom slučaju oblikovanja ivice desnog skretanja, postavljanjem fiktivne druge i treće tačke na trećine dužine stringa, doći do korektnog rešenja. Ukoliko bi se ove tačke pomerile na četvrtine dužine stringa, spline bi se ranije odvojio od ulazne tangente i kasnije bi prišao izlaznoj tangenti. U suprotnom, ukoliko bi se fiktivne tačke pomerile na polovinu dužine stringa, to jest, ukoliko bi se našle na istoj stacionaži, spline bi se na ulazu i izlazu približio tangentama.

Program postavlja tačke izabranog stringa po spline profilu i iscrtava profil sa postavljenim tačkama. Stoga se, ukoliko to nije zadato nekom od komandi za rad u podužnom ili poprečnom profilu, prvo usvaja uvećanje vertikalne razmere pri iscrtavanju spline profila. Zatim se kroz dijalog datoteke zadaje ime stringa čije će se tačke postaviti po spline profilu, broj tačaka u kojima će spline biti sračunat i proračunski položaj fiktivne druge i treće tačke (trećine, polovine itd.). Potom se bira tačka od koje će profil biti iscrtan, određuje vertikalni raspon i vertikalni korak profila, kao i visina tekstualnog ispisa.

Ukoliko se insistira na postavljanju tačaka po podužnom profilu definisanom na uobičajen način, nagibima i radijusima vertikalnih zaobljenja, može se upotrebiti komanda 3DMODEL modula TEMPLATE. Ako se po pokretanju ove komande zadaju ime osovine u planu i ime podužnog profila, a na dijalog datoteke promene poprečnog profila odgovori sa "Cancel", program će po prostornoj krivoj osovine sa zadatim korakom postaviti tačke. Pri projektovanju ovakvog podužnog profila, unosom fiksnih tačaka komandom STAELEV modula PROFILE, može se postaviti veći broj nivelacionih ograničenja.

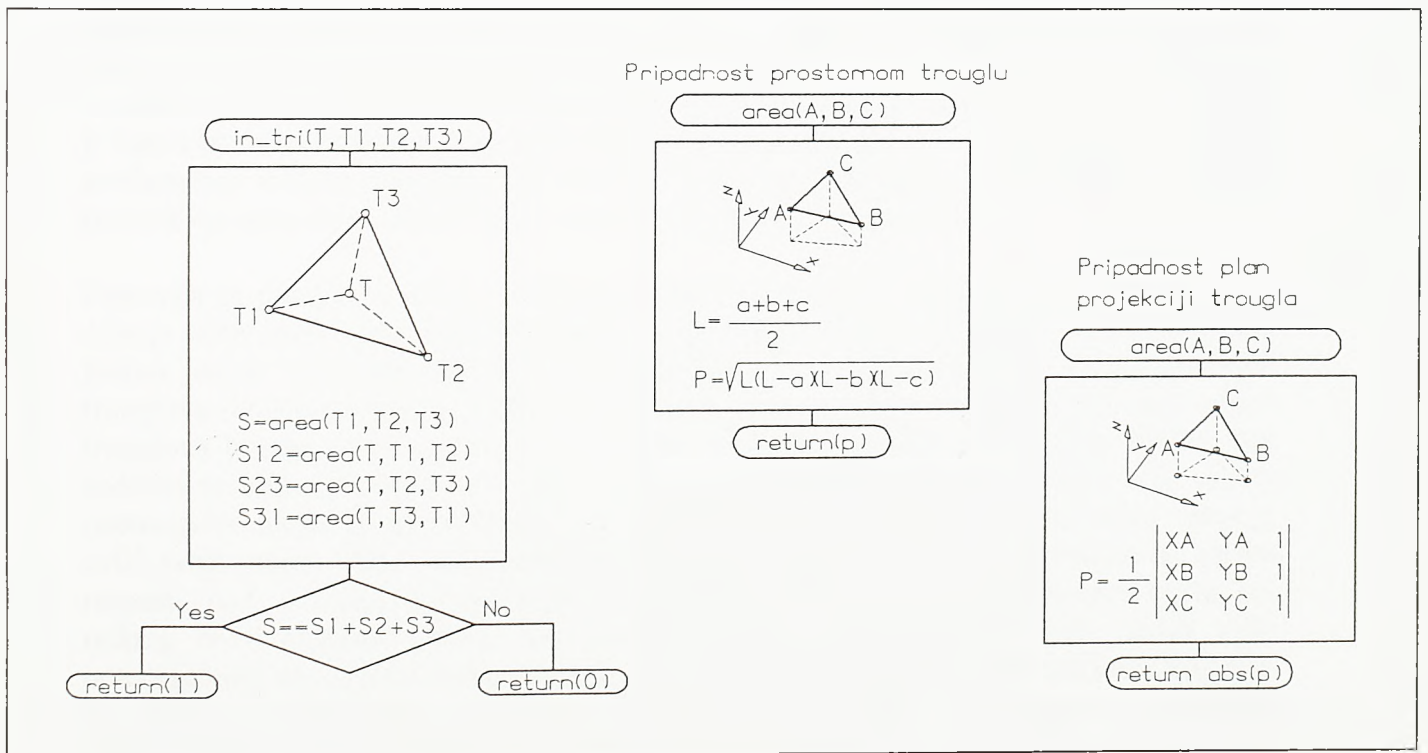
U prethodnom primeru spline profil je definisan celom dužinom trocentrične krive. U praksi bi samo manji broj tačaka u središnjem delu trocentrične krive bio postavljen po spline profilu, dok bi ostale potpale pod nivelacioni uticaj glavnog ili sporednog pravca, prateći njihov podužni profil i vitoperenje. Ukoliko bi se ceo string po trocentričnoj krivoj postavio po spline profilu, bez obzira na izabrane pomake fiktivne druge i treće tačke stringa, samo pukim slučajem moglo bi se doći do prihvatljivog nivelacionog rešenja u središnjem delu stringa. Tipičan primer upotrebe komande PTSPLINE dat je na slici 4-62. Postupak postavljanja ivičnih tačaka po spline profilu svodi se na područja označena elipsama.

U algoritamskom pogledu ovde su najinteresantniji programi koje pokreću komande TRINT i TRIPOLY. Primer primene komande TRINT pokazan je na slici 4-63. Komanda je namenjena proračunu prodora grupa prostornih trouglova. Komanda TRINT najčešće se primenjuje pri traženju prodora terena kroz površi zaštićenih zona aerodroma i pri konstrukciji međusobnog preseka kosina useka i nasipa blisko postavljenih saobraćajnica. U prvom slučaju obično se koristi opcija koja samo iscrtava liniju prodora. U drugom



Sl.4-63.

Međusobni prodor grupe trouglova



Sl.4-64.

Kontrola pripadnosti tačke trouglu

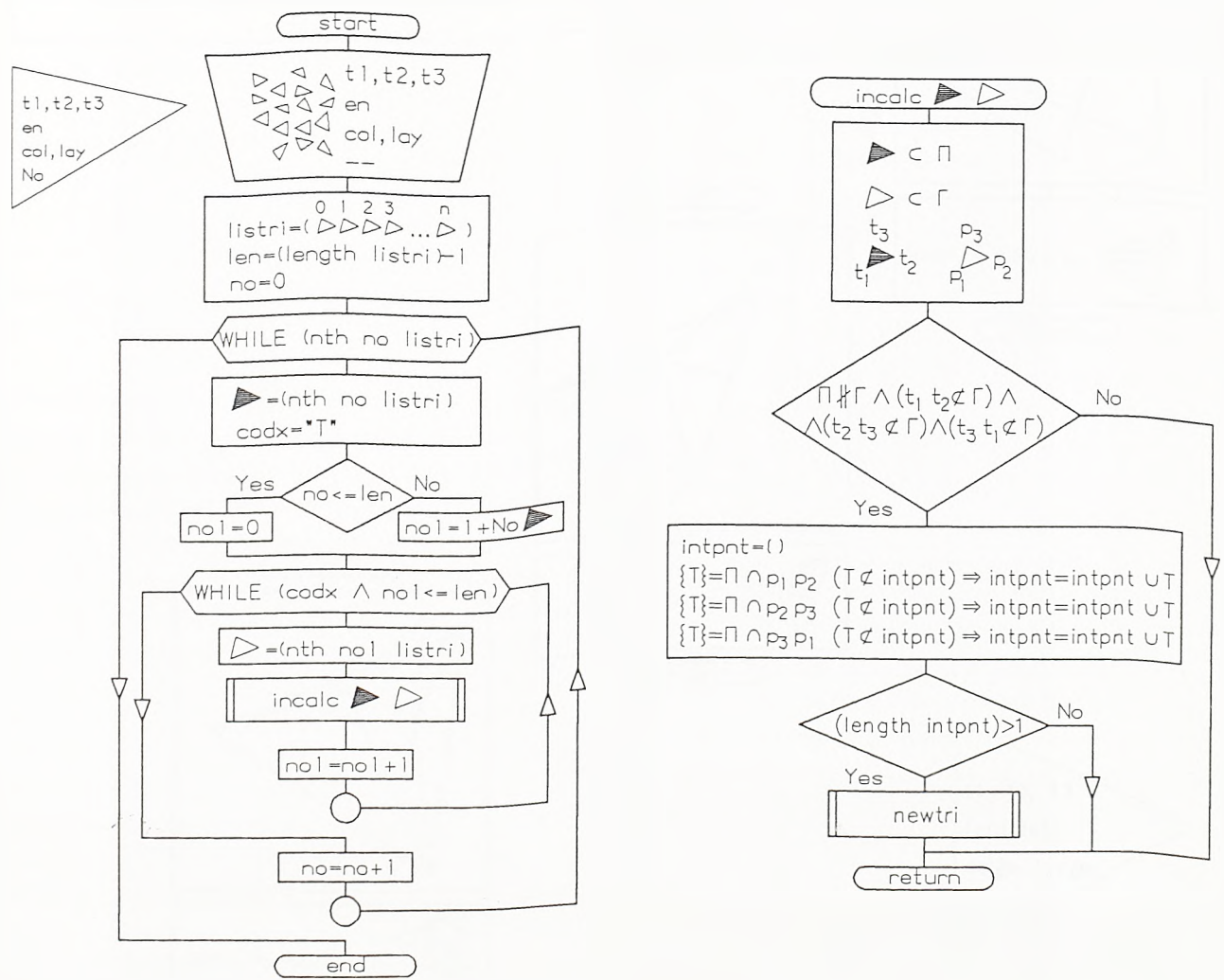
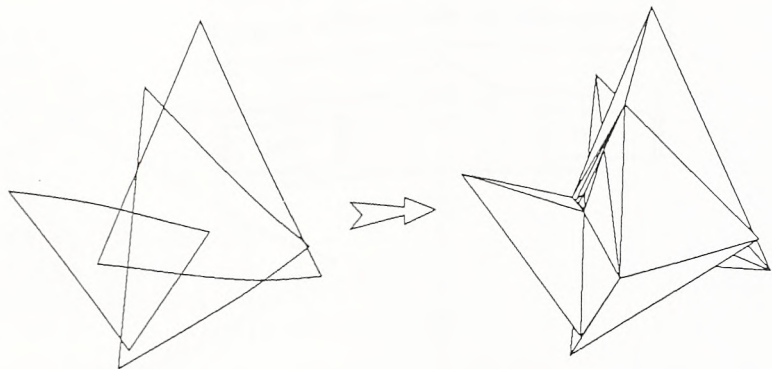
slučaju izabrani trouglovi se rastavljaju na skupove trouglova koji se dodiruju po linijama prodora i koji se, samim tim, ne prodiru. U slučaju nasipa se, nakon primene komande, uklanjaju trouglovi koji ostaju ispod linije prodora. U slučaju useka, uklanjaju se trouglovi koji ostaju iznad linije prodora.

Na slikama 4-65 i 4-66 dat je algoritam proračuna prodora grupe trouglova po metodi koja izabrane trouglove rastavlja. Pre toga je na slici 4-64 dat jednostavan algoritam potprograma koji kontroliše pripadnost tačke trouglu. Programi za gradnju i numeričku obradu triangulisanih prostornih modela veoma često pozivaju ovaj potprogram. Tačka će pripadati trouglu ukoliko je površina trougla jednaka zbiru površina trouglova koje ispitivana tačka gradi sa svakom od njegovih stranica ponaosob. Ukoliko je tačka van trougla ovaj će zbir biti veći. U zavisnosti od praktičnih zahteva proračuna poziva se jedna od dve moguće funkcije za sračunavanje površine trougla. Ako se proračunom treba dokazati pripadnost tačke samom prostornom trouglu, tada se primenjuje obrazac koji se zasniva na vrednosti poluobima trougla. Ukoliko se samo treba dokazati pripadnost plan projekcije tačke plan projekciji trougla, tada se u domenu koordinata X i Y primenjuje Heronov obrazac (uslov je da se trougao ne nalazi u vertikalnoj ravni).

Po pozivu komande TRINT prvo se bira početni skup trouglova na kome se operacija izvodi. Skup je predstavljen listom trouglova *listri*. Svaki član liste nosi podatke o jednom od izabranih trouglova: tri temena sa svojim koordinatama, ime entiteta 3DFACE prostornog trougla, boju, lejer i redni broj takozvanog oca u listi trouglova. Kako se prostorni trouglovi budu rastavljali, listi *listri* će biti dodavani novi trouglovi. Entitet majka novog trougla je trougao čijim raspadom taj novi trougao nastaje, a entitet otac biće trougao u sudaru sa kojim se entitet majke rastavlja. Pošto se na početku u listi *listri* nalaze samo izabrani pratrouglovi, to će lokacija rednog broja entiteta oca biti prazna. Indeks poslednjeg pratrougla *len*, brojeći od nule, jednak je početnoj dužini liste umanjenoj za 1. Program kroz ciklus redom uzima trougao po trougao liste. Uzeti trougao je kandidat za rastavljanje, odnosno entitet potencijalne majke. U algoritmu je ovaj entitet predstavljen tamnim trouglom. Za vrednost koda *codx* zadaje se "T", a njegova vrednost postaće *nil* onog momenta kada se (i ako se) entitet majke raspadne.

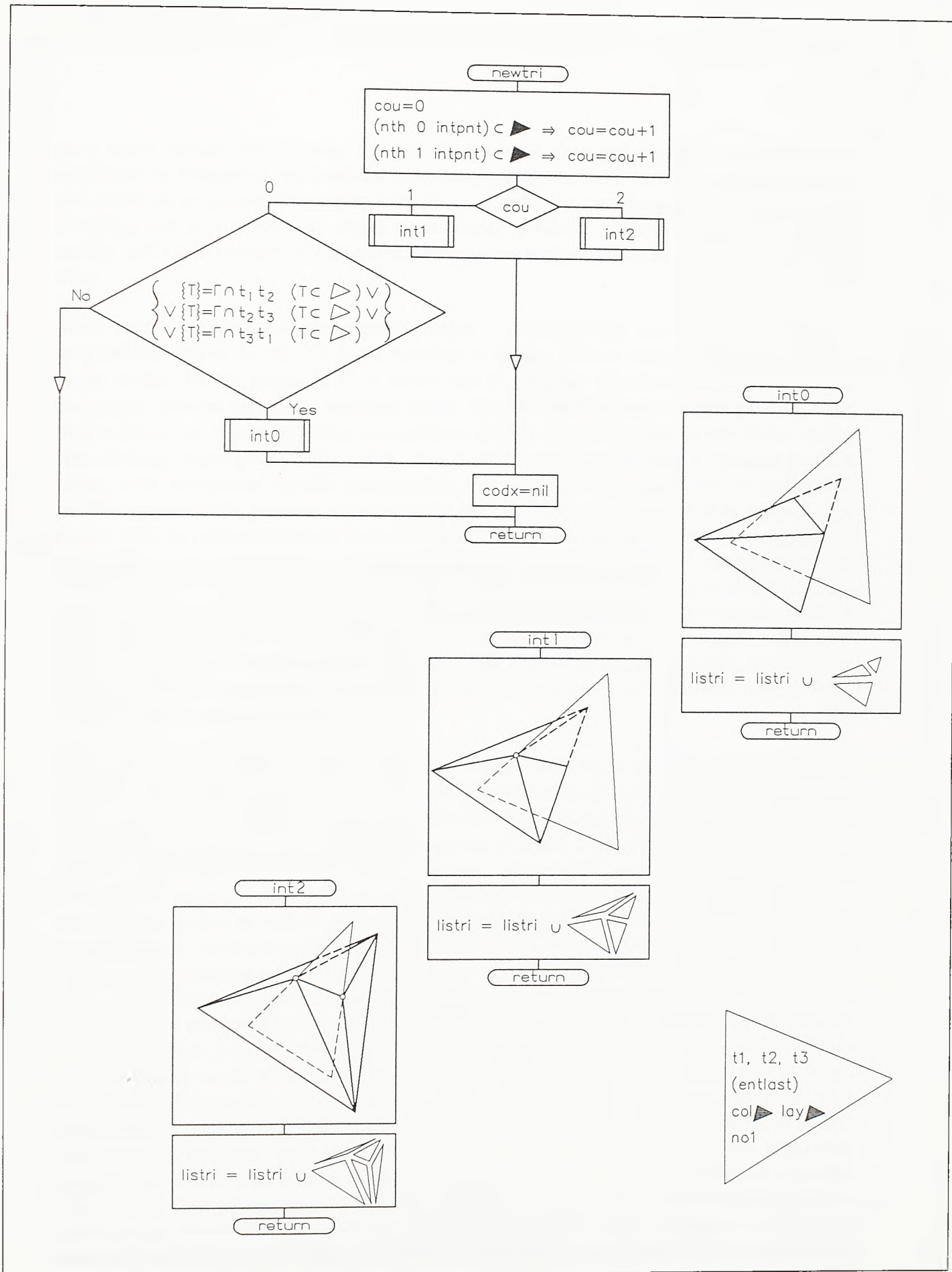
Postavlja se pitanje; u sudaru sa kojim trouglovima entitet majke može biti rastavljen? Ako je entitet majke pratrougao, odnosno, ako je njegov redni broj *no* u listi *listri* manji ili jednak *len*, to može biti bilo koji pratrougao. Ako je entitet majke neki od novonastalih trouglova ($no > len$), tada on može biti razbijen samo u sudaru sa trouglovima koji u listi trouglova dolaze posle njegovog oca. Pošto se majka entiteta potencijalne majke nije sudarila sa nekim od trouglova koji se u listi nalaze ispred entiteta oca, onda se ni entitet potencijalne majke ne može sudariti sa nekim od njih. Entitet potencijalne majke samo je delić svoje majke. Tako brojač entiteta potencijalnog oca u sudaru sa kojim će se majka raspasti, *no1*, u slučaju da je majka pratrougao polazi od 0, a u suprotnom polazi od rednog broja entiteta njenog oca uvećanog za 1. Program tada kroz ciklus traži potencijalnog oca sve do momenta dok ga ne nađe. Brojač ciklusa koji traži oca kreće se do indeksa poslednjeg pratrougla. Očevi mogu biti samo pratrouglovi. Uzimanje novonastalih trouglova za potencijalnog oca nema smisla. Ako se trougao ne prodire sa nekim od pratrouglova, neće se prodirati ni sa njegovim podtrouglovima.

Za razliku od oca, potencijalna majka može biti bilo koji pratrougao ili novi trougao. Prostorni trougao može prodrati kroz dva ili više trouglova. Tako se posmatrani trougao



Sl.4-65.

Algoritam proračuna prodora prostornih trouglova (prvi deo)



SI.4-66.

Algoritam proračuna prodora prostornih trouglova (drugi deo)

prvo mora razbiti preko prvog trougla. Njegova će deca nakon toga svojim ivicama dodirivati taj trougao ali će prodirati neki drugi. Stoga se ovim novim trouglovima mora dati šansa da se pojave kao majke kako bi se u sudaru sa tim drugim (ili nekim trećim) trouglom razbili i ispoštovali liniju međusobnog prodora. Kada se potencijalna majka razbije kod $codx$ postaje nil i za novu potencijalnu majku uzima se sledeći trougao liste *listri*.

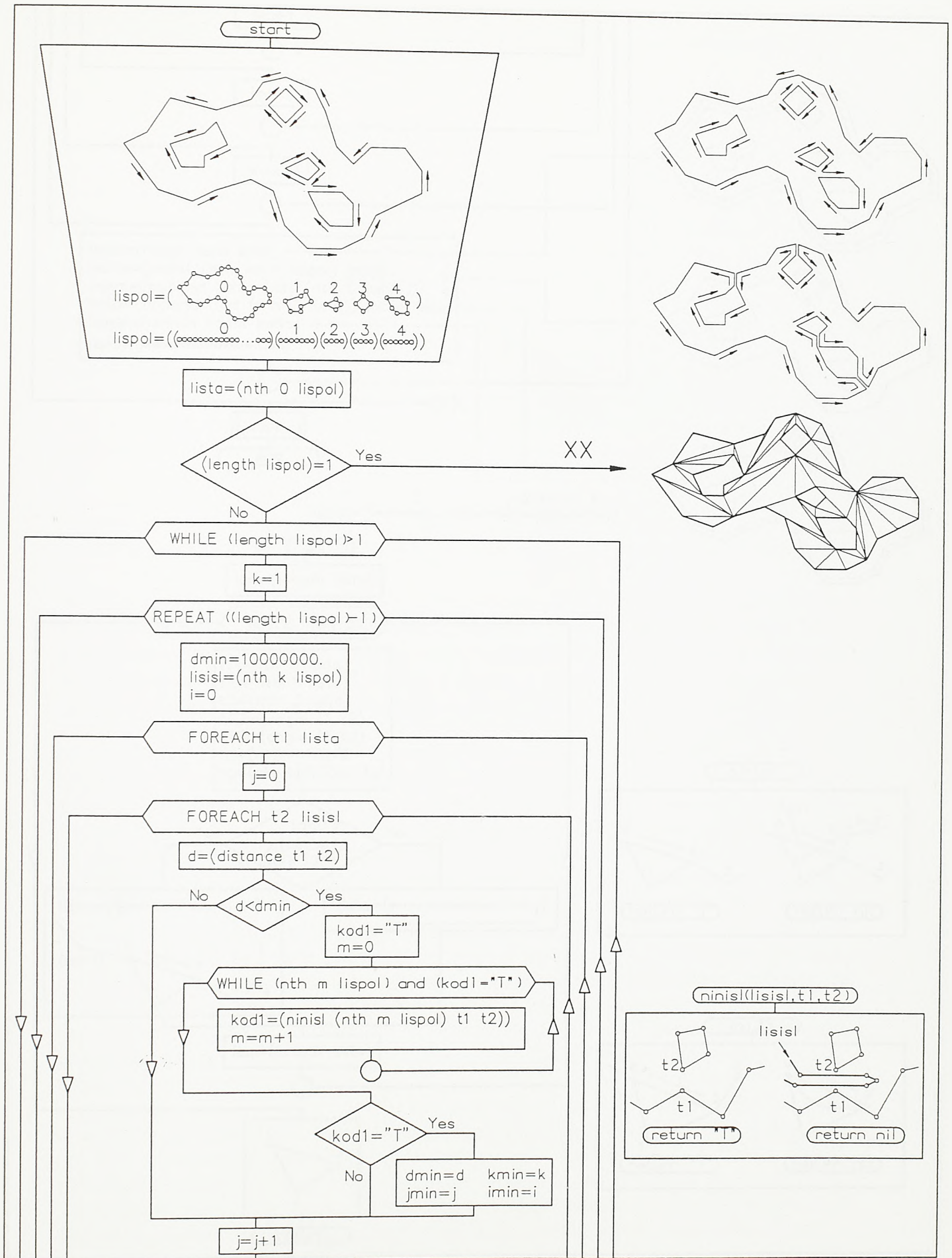
Samo rešavanje prodora potencijalne majke i potencijalnog oca prenosi se prvo u programsku celinu *incalc*. Ovde se utvrđuje u koliko tačaka ivice trougla oca prodiru ravan majke. Ravan majke je Π , a ravan oca Γ . Ukoliko su ove ravni paralelne ili se poklapaju, prodora trouglova, naravno, nema. Ukoliko neka od ivica trougla potencijalne majke leži u ravni potencijalnog oca prodora takođe nema. Trougao potencijalne majke tada dodiruje ravan potencijalnog oca. Ako je neki od navedenih uslova ispunjen prodora nema i tok programa napušta programsku celinu *incalc*. U suprotnom se prelazi na sračunavanje tačaka prodora ivica trougla potencijalnog oca kroz ravan potencijalne majke. Ove se tačke stavljaju u listu *intpnt*. Pri tome se u listi ne može dva puta pojaviti ista tačka. Ako jedno od temena trougla potencijalnog oca leži u ravni potencijalne majke moguće je da se to teme dva puta pojavi kao tačka prodora, po jedanput za svaku od ivica koje se u tom temenu sreću. No, to je programski sprečeno te dužina liste tačaka prodora *intpnt* nikada nije veća od 2. Ukoliko je nakon proračuna svih prodora dužina liste *intpnt* jednaka 1, jedno od temena potencijalnog oca leži u ravni potencijalne majke, a ostala dva temena su sa iste strane te ravni. Prodora tada nema. Prodora, naravno, nema ni onda kada je dužina liste *intpnt* jednaka 0.

Prodor trouglova može postojati samo ako je dužina liste *intpnt* jednaka 2. U tom slučaju prelazi se u programsku celinu *newtri*. Ovde se prvo utvrđuje koliko se tačaka liste *intpnt* nalazi unutar trougla potencijalne majke. Unutar ovog trougla mogu se naći obe, jedna ili nijedna tačka prodora ivica potencijalnog oca kroz ravan potencijalne majke. Ukoliko se nijedna tačka liste ne nalazi unutar trougla potencijalne majke ali neka od ivica potencijalne majke prodire trougao potencijalnog oca prodor ova dva trougla postoji. U tom slučaju prodor se rešava programskom celinom *int0*. Ukoliko se nijedna tačka liste *intpnt* ne nalazi unutar trougla potencijalne majke i nijedna ivica trougla majke ne prodire trougao potencijalnog oca, prodor ne postoji i tok programa napušta programsku celinu *newtri*. Ukoliko samo jedna tačka liste *intpnt* pripada trouglu potencijalne majke tada se prodor rešava programskom celinom *int1*, a ako obe tačke liste pripadaju ovom trouglu proračun prelazi u programsku celinu *int2*. Programske celine *int0*, *int1* i *int2* razbijaju trougao majke na tačno određen broj manjih trouglova koji ili ivicom dodiruju ravan trougla oca, ili temenom dodiruju ivicu trougla oca. Grafički entitet majke se briše, ali i dalje postoji u listi *listri*. Ukoliko je trougao majke pratraougao, tada on još može poslužiti i kao potencijalni otac nekom drugom trouglu. Svi novi trouglovi dobijeni raspadom majke iscertavaju se u grafičkom editoru u lejeru i boji entiteta majke i dodaju na kraj liste *listri*. Svaki novi trougao u listi biće predstavljen svojim temenima, imenom, lejerom i bojom, a na mesto rednog broja trougla oca biće upisan indeks ciklusa *no1*. Ovde je predstavljen algoritam po kome se trouglovi rastavljaju prema položajima međusobnog prodora. Postupak kojim se samo iscertavaju linije prodora podržan je istim računarskim programom i znatno je jednostavniji. Korekcije algoritma namenjene ovoj opciji nisu unete u priloženi algoritam radi preglednosti toka programa.

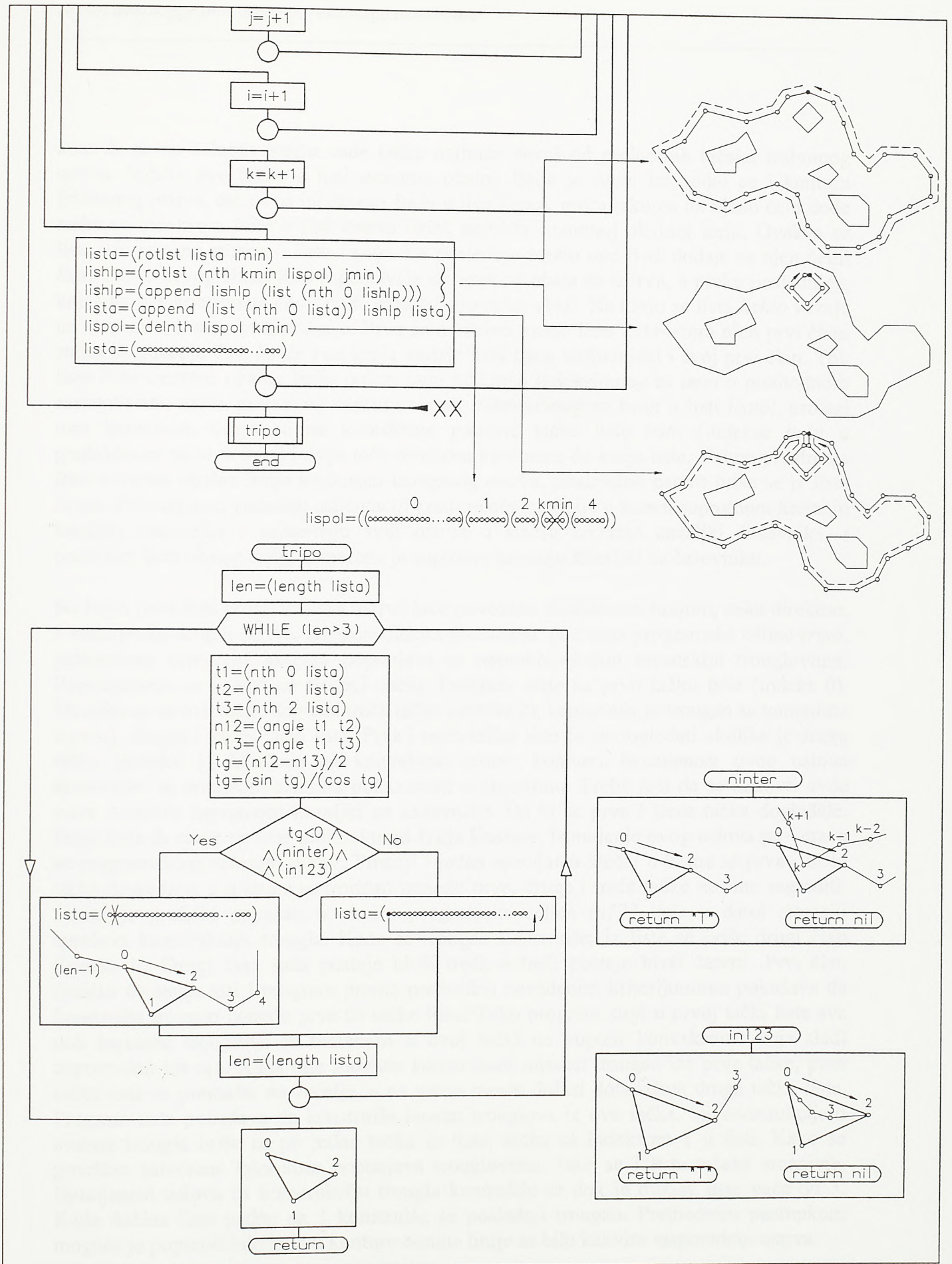
Algoritam komande TRIPOLY za triangulisanje konveksno-konkavne obalne konture sa ostrvima dat je na slikama 4-67 i 4-68. Osnovna ideja proračuna grafički je pokazana u gornjem desnom delu slike 4-67. Proračun se sprovodi u dve faze. U prvoj se fazi konture ostrva, jedna po jedna, vezuju na konturu obalne linije. Pri tome se kontura obalne linije uvećava, a ostrva se gube. Ostrva bivaju spojena sa obalom, ili jedna sa drugima, dvema beskonačno blisko postavljenim vezama. Jedna od njih vodi ka ostrvu, a druga od ostrva. Jedinostvena kontura biće orijentisana u smeru suprotnom kretanju kazaljki na časovniku. Stoga je neophodno da početno usmerenje konture obalne linije bude u smeru suprotnom kretanju kazaljki na časovniku, a da početno usmerenje kontura svih ostrva bude u smeru kretanja kazaljki na časovniku. U drugoj fazi proračuna ova, sada jedinstvena, konveksno-konkavna kontura popunjava se ravanskim trouglovima. Predviđenim postupkom dolazi se do trouglova koji znatno odstupaju od ekviangularnih. No, to u ovom slučaju nije ni važno. Ukoliko se modeliranje vodene površine radi sa namerom da se na kraju dođe do zapremine akumulacije, način podele površine jezera na ravanske trouglove neće uticati na tačnost proračuna kubatura. A što se izgleda diskretizovane površine akumulacije tiče, svi trouglovi konstruišu se kao nevidljivi. Oni će se pojaviti samo kao vizuelna prepreka pri zaklanjaju nevidljivih linija modela ili kao kontinualna materijalizovana površ pri senčenju.

Input komande predstavljaju zatvorene konveksno-konkavne POLYLINE linije sastavljene od pravih segmenata. Prvo se bira entitet obalne linije, a potom entiteti ostrva. Program uzima koordinate prelomnih tačaka izabranih kontura, računa ukupan skretni ugao po konturama i , u zavisnosti od skretnog ugla ($+360^\circ$ ili -360°), po potrebi preorijentiše sled njihovih tačaka, kako bi se konture dovele u prethodno usvojeno početno usmerenje. Tačke po konturama stavljaju se u liste koje zajedno grade početnu listu *lispol*. Svaka kontura je u ovoj listi predstavljena usmerenom listom tačaka. Prvi član liste *lispol* u početku je početna obalna linija, a tokom proračuna on postaje trenutna obalna linija na koju se nadovezuju liste tačaka ostrva. Kako proračun odmiče jedno po jedno ostrvo nadovezuje se na trenutnu obalnu liniju, a lista *lispol* umanjuje se za po jedan član.

Cilj je da se sve tačke vežu u listu jedinstvene konture *lista*. U početku se ova lista izjednačava sa konturom obalne linije ($nth\ 0\ lispol$). Potom se kroz REPEAT ciklus sa indeksom k , sve dok postoji ijedno ostrvo (WHILE ciklus), odnosno dok je ($length\ lispol > 1$), uzimaju jedna po jedna lista tačaka ostrva *lisisl*. Unutar REPEAT ciklusa, kroz dva ugnježdjena ciklusa, traži se ostrvo sa prelomnom tačkom najbližom nekoj od tačaka trenutne obalne konture. Pri analizi međusobnih odstojanja tačaka ciklus po trenutnoj obalnoj liniji teče po i , a po analiziranom ostrvu po j . Tačka sa indeksom i trenutne obalne konture je $t1$, a tačka sa indeksom j analiziranog ostrva je $t2$. Ostrvo sa prelomnom tačkom najbližom trenutnoj obalnoj konturi biće vezano za nju. Za to je, međutim, neophodno ispuniti još jedan uslov. Veza koja će spajati analizirano ostrvo i trenutnu obalnu liniju ne sme seći niti jednu od stranica trenutne obalne linije ili preostalih ostrva. Ovu kontrolu sprovodi programska celina *ninsl* za svaki od članova liste *lispol*. Vrlo je redak slučaj da se između dve blisko postavljene prelomne tačke, jedne po trenutnoj obalnoj liniji, a druge po konturi ostrva, nađe stranica neke od kontura. Ovakva situacija može biti samo posledica krajnje nestručne digitalizacije. Pozivi ove programske celine drastično produžavaju vreme proračuna ali su radi opštosti primene zadržani u algoritmu i u konkretnom računarskom programu. Ukoliko su svi uslovi ispunjeni, lista tačaka po ostrvu vezuje se za listu trenutne obalne linije. Lista trenutne obalne linije prvo se rotira



Sl.4-67.
 Algoritam komande TRIPOLY (prvi deo)



Sl.4-68.

Algoritam komande TRIPOLY (drugi deo)

tako da se na čelnom mestu nađe tačka najbliža nekoj od prelomnih tačaka izabranog ostrva. Indeks ove tačke u listi trenutne obalne linije je *imin*. Isto tako se i kontura izabranog ostrva, ostrva sa indeksom *kmin* u listi *lispol*, rotira tako da na njeno čelo dođe tačka sa indeksom *jmin* u listi ostrva *lisisl*, najbliža trenutnoj obalnoj liniji. Ovakva se lista privremeno storira u listu *lishlp*. Na poslednje mesto ove liste dodaje se njen čelni član. Preko prvog člana liste uspostaviće se veza od obale ka ostrvu, a preko poslednjeg, koji ima iste koordinate kao i prvi, veza od ostrva ka obali. Na kraju se lista *lishlp* vezuje na konturu trenutne obalne linije. Prvo se na čelno mesto liste *lista* istura njen prvi član, zatim se ubacuje lista *lishlp* i na kraju dodaje lista *lista*, uključujući i svoj prvi član. Tok liste *lista* trenutne obalne linije polazi sada od člana indeksiranog sa *imin* u prethodnom sastavu liste, zatim prelazi na konturu ostrva indeksiranog sa *kmin* u listi *lispol*, prolazi tom konturom, vraća se na koordinate početne tačke liste *lista* (indeksa *imin* u prethodnom sastavu liste) i dalje teče obalnom konturom do kraja liste. Nakon proširenja liste trenutne obalne linije konturom izabranog ostrva, predmetno ostrvo briše se iz liste *lispol*. Zahvaljujući početnoj orijentaciji konture obalne linije u smeru suprotnom kretanju kazaljki časovnika i usmerenju svih ostrva u smeru kretanja kazaljki časovnika, i proširena lista obalne linije usmerena je suprotno kretanju kazaljki na časovniku.

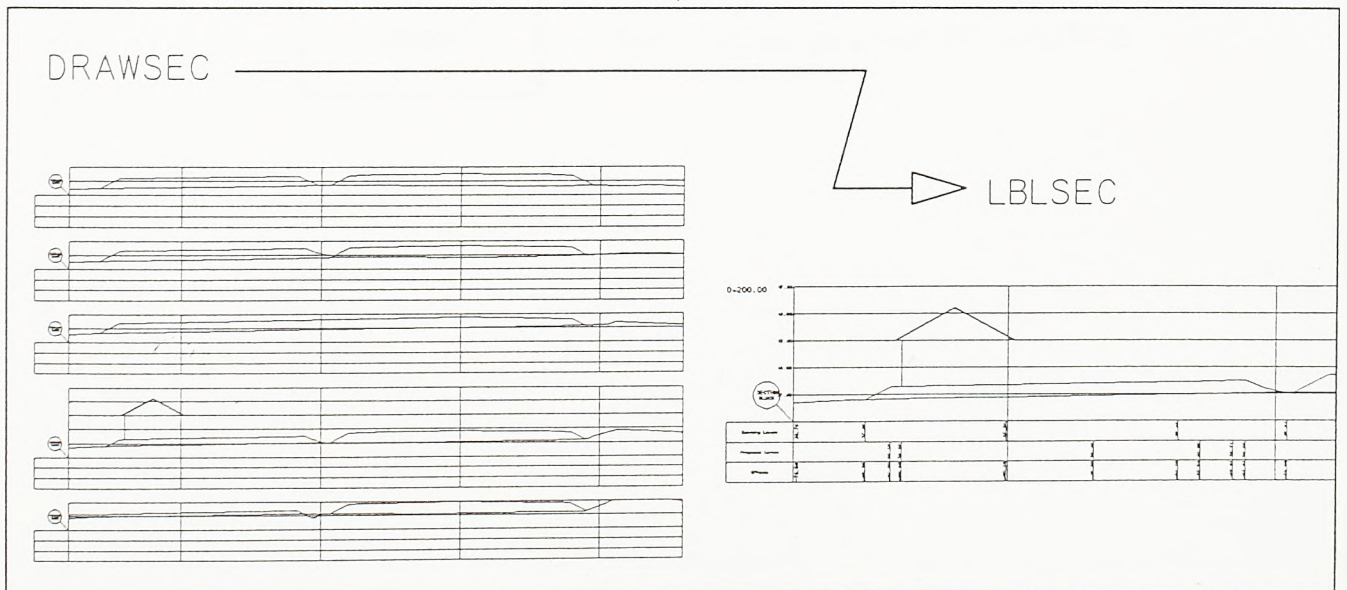
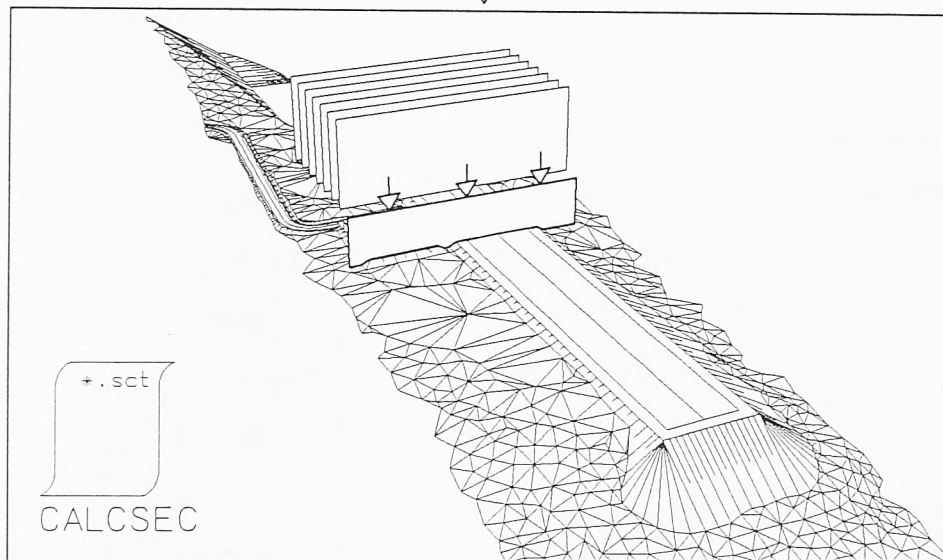
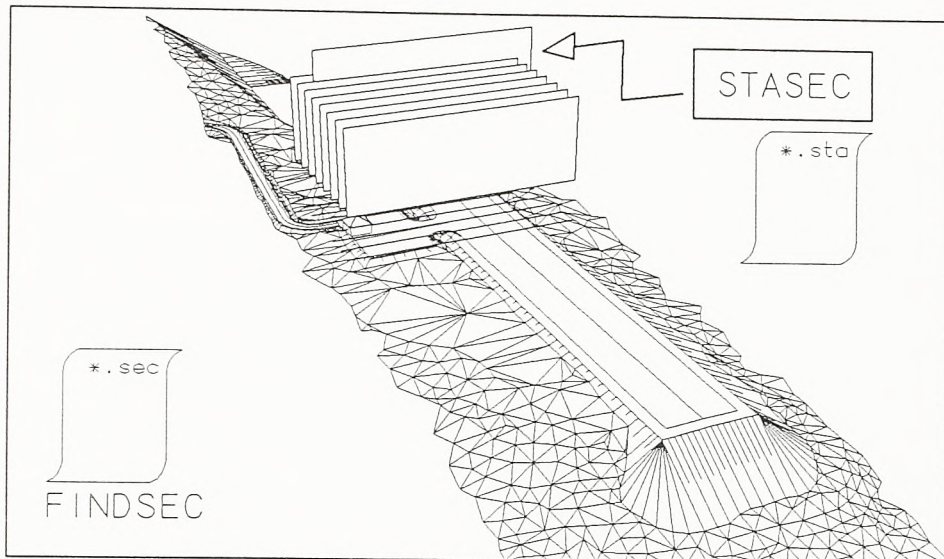
Na kraju prve faze proračuna sva ostrva biće povezana sa obalnom linijom, neka direktno, a neka preko drugih ostrva. Drugom fazom proračuna, pozivom programske celine *tripo*, jedinstvena usmerena kontura popunjava se nepreklapajućim ravanskim trouglovima. Popunjavanje se izvodi na sledeći način. Program staje na prvu tačku liste (indeks 0). Ukoliko se sa ove tačke dogleda treća tačka (indeks 2), konstruiše se trougao sa temenima u prvoj, drugoj i trećoj tački liste. Prva i treća tačka liste će se dogledati ukoliko je druga tačka (indeks 1) izbačena na konveksnu stranu konture. Ispunjenost ovog uslova kontroliše se analizom azimuta pokazanom u algoritmu. Treba reći da se azimuti ovde mere u smeru suprotnom kazaljki na časovniku. Da bi se prva i treća tačka dogledale, linija koja ih spaja ne sme seći neku od linija konture. Ispunjenje ovog uslova proverava se programskom celinom *ninter*. Postoji i jedan specijalan slučaj u kome se prva i treća tačka dogledaju, a u kome se trougao između prve, druge i treće tačke ne sme sagraditi. Slučaj je grafički pokazan u okviru programske celine *in123* koja u datoj situaciji sprečava konstrukciju trougla. Kada se trougao konstruiše, iz liste se briše drugi član (indeks 1). Drugi član sada postaje bivši treći, a treći postaje bivši četvrti. Prvi član (indeks 0) ostaje isti i program prema prethodno navedenim kriterijumima pokušava da konstruiše trougao između prve tri tačke liste. Tako program stoji u prvoj tački liste sve dok lepezom trouglova sa temenom u ovoj tački ne popuni konveksnost koja sledi neposredno iza nje. Kada nije moguće konstruisati nijedan trougao iza prve tačke, prva tačka liste se premešta na začelje, a na njeno mesto dolazi dotadašnja druga tačka liste. Program tada pokušava da konstruiše lepezu trouglova iz ove tačke. Sa konstrukcijom svakog trougla briše se po jedna tačka iz liste, tačka sa indeksom 1 u listi. Kako se površina zatvorena konturom popunjava trouglovima, tako se i lista tačaka smanjuje. Ispunjenost uslova za konstrukciju trougla kontroliše se dok je dužina liste veća od 3. Kada dužina liste padne na 3 konstruiše se poslednji trougao. Prethodnim postupkom moguće je popuniti bilo kakvu konturu obalne linije sa bilo kakvim rasporedom ostrva.

4.3.7. Isecanje poprečnih profila sa modela i njihova grafička obrada - - modul CROSS SECTION / SECTION

Prethodno pokazani moduli našli su svoju primenu u građenju i korekciji prostornog modela. Prostorni model je aktivan. Drugim rečima, moguće je razviti računarske programe koji će analizirati strukturu modela i na osnovu te analize izvesti određene numeričke operacije na njemu. Na tim osnovama razvijeni su moduli SECTION i VOLUME. Modul SECTION namenjen je isecanju poprečnih profila duž zadatih osovina modela. Modul VOLUME namenjen je proračunu kubatura useka i nasipa i biće pokazan u narednom poglavlju.

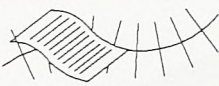
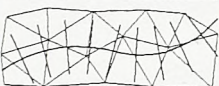

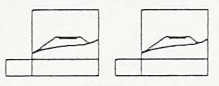
Slikom 4-69 ilustrovan je projektni zadatak za razvoj softvera namenjenog isecanju poprečnih profila i njihovoj grafičkoj obradi. Ovde je predviđeno samo pet programskih celina, a pregled komandi koje razvijene programe pokreću dat je na 4-70. Iako se u modulu SECTION nalazi samo pet komandi, njima je u potpunosti pokrivena analitička i grafička obrada poprečnih profila. Na slici 4-69 može se uočiti i uobičajeni redosled primene komandi modula SECTION. Komandom FINDSEC se, sa zadatim konstantnim korakom, po izabranoj osovini postavljaju duži upravne na nju. Ideja je da se u narednim fazama rada kroz ove duži spuste vertikalne ravni koje poput noževa isecaju profile sa modela diskretizovanog prostornim trouglovima. Duži mogu biti proizvoljne dužine i mogu se postaviti tako da većim delom prelaze na levu ili desnu stranu osovine, odnosno, isečeni poprečni profil može zahvatiti različitu širinu sa leve i desne strane osovine. Koordinatne položaje ovih duži program upisuje u datoteku ekstenzije *.sec*. Program pokrenut komandom FINDSEC može pozvati i datoteku sa pripremljenim stacionažama elementarnih tačaka, stacionažama preseka sa drugim osovina, kao i ostalim stacionažama koje se ne nalaze na konstantnim stacionažnim koracima. Ove se datoteke pripremaju uz pomoć editora koji se poziva komandom STASEC. Editor preuzima zadate stacionaže, postrojava ih po rastućem redosledu i upisuje u datoteku ekstenzije *.sta*. Pošto se primenom komandi FINDSEC i STASEC lociraju budući poprečni profili, pristupa se postupku njihovog isecanja koje otpočinje pozivom komande CALCSEC. Program prihvata datoteku **.sec* i na mestima duži definisanih njenim sadržajem spušta vertikalne ravni koje prodiru prostorne trouglove modela. Prodori vertikalnih ravni i prostornih trouglova su duži. Posebno sortirane duži prodora na jednoj stacionaži čine poprečni profil. Grupe ovako opisanih poprečnih profila storiraju se u datoteke ekstenzije *.sct*. Niz poprečnih profila storiranih u datoteci **.sct* iscrta se pozivom komande DRAWSEC i na kraju kotira komandom LBLSEC.

Za razliku od postupka isecanja poprečnih profila, postojeći softverski paketi poprečne profile uglavnom računaju. Uzimajući u obzir prostornu definiciju osovine, sadržaj profila, vitoperenje i teren, računaju se kote po strukturnim linijama profila i kosine. Ovakav postupak, međutim, ne uzima u obzir susedne saobraćajnice i objekte u tlu ispod saobraćajnice. U slučaju puta ne uzimaju se u obzir objekti koji nadvožnjakom prelaze iznad njega. Stoga je ovde primenjen postupak isecanja poprečnih profila sa realnog prostornog modela. Vertikalne ravni seku sve prostorne trouglove modela na koje naiđu. Detaljnost isečenog poprečnog profila ovde neposredno zavisi od detaljnosti modela. U isečenom profilu mogu se naći slojevi kolovozne konstrukcije, detalji oivičenja, drenažne cevi itd., što se može videti na slici 4-71. Na slici 4-71 pokazan je i primer isecanja



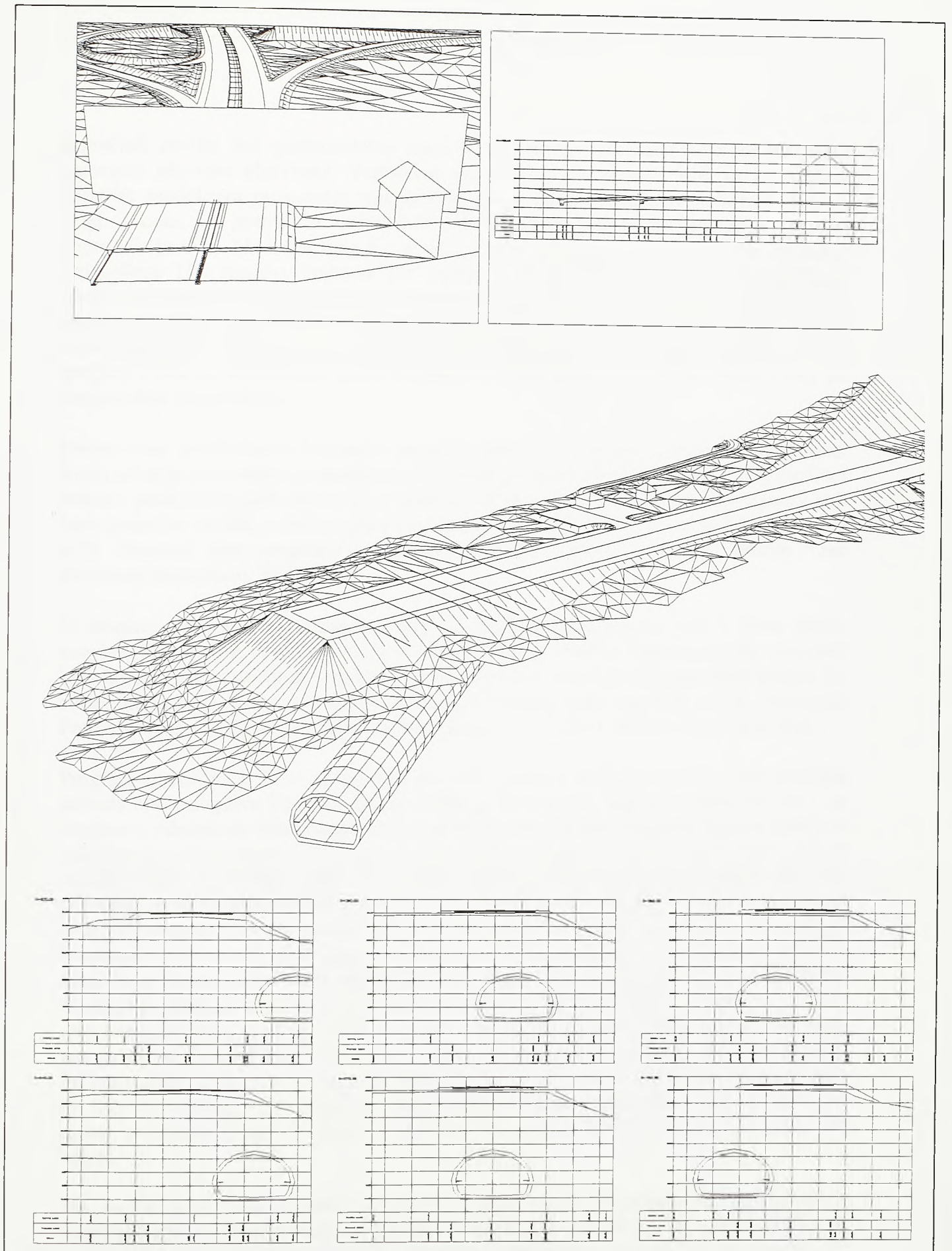
SI.4-69.

Redosled primene komandi modula SECTION

CROSS SECTION	
	SECTION
	Formiranje datoteke sa stacionažama dopunskih profila
	Lociranje poprečnih profila duž trase
	Isecanje poprečnih profila sa modela
	Iscrtavanje poprečnih profila
	Kotiranje poprečnih profila

Sl.4-70.

Pregled komandi modula SECTION



Sl.4-71.

Isecanje poprečnih profila po širini i dubini prostornog modela

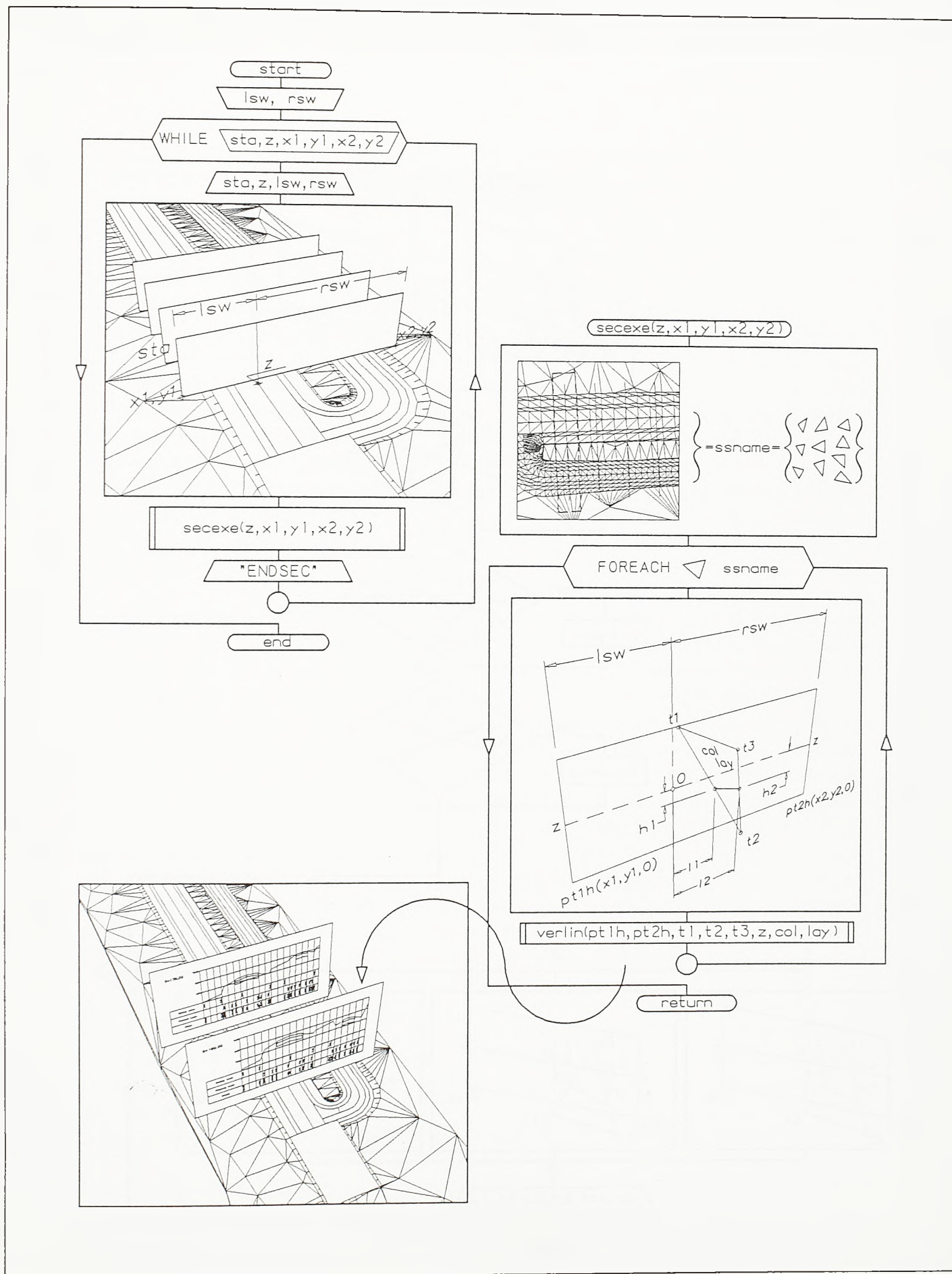
poprečnih profila duž poletno-sletne staze STOL aerodroma ispod koje prolazi tunel namenjen plovnim objektima. Vertikalne ravni seku sve objekte koji su u zadatom koridoru modelirani prostornim trouglovima pa se tako u isečenim profilima našao i tunel. I neka od postojećih softverskih rešenja zasnovana su na postupku isecanja poprečnih profila. Međutim, kao i u slučaju podužnih profila, ova su rešenja potpuno prilagođena TIN modelu. Pošto se TIN modelom mogu predstaviti samo triangulisane površi kod kojih su Z komponente normala na trouglove pozitivne, to se klasičnim TIN modelom ne može predstaviti tunelska obloga ili neka druga zatvorena površ. Prema ovom konceptu obloga tunela morala bi se predstaviti sa četiri TIN modela, dva po spoljnoj i dva po unutrašnjoj strani tunelske obloge, odnosno, dva po svodu i dva po donjem delu konstrukcije.

Prema ovde predloženom konceptu prostorni trouglovi modela tretiraju se nezavisno. Svaki od njih samostalno se prodire sa vertikalnom ravni na poziciji poprečnog profila i svojom prodornom duži učestvuje u gradnji isečenog profila. Algoritam programa koji iseca poprečne profile, a koji se pokreće komandom CALCSEC, dat je na slikama 4-72 i 4-73. Osnovni ulaz programa predstavlja datoteka lokacija poprečnih profila *.sec formirana komandom FINDSEC.

U datoteci *.sec prvo su navedeni rasponi poprečnog profila sa leve i desne strane osovine. Ove dužine obeležene su sa lsw i rsw na slici. Potom sledi numerički opis duži kroz koje će biti postavljene vertikalne ravni, odnosno same lokacije poprečnih profila. Za svaku duž prvo je data stacionaža sta na kojoj se nalazi i kota osovine z na toj stacionaži. Potom su data dva para horizontalnih koordinata $x1, y1$ i $x2, y2$, za levi i desni kraj duži.

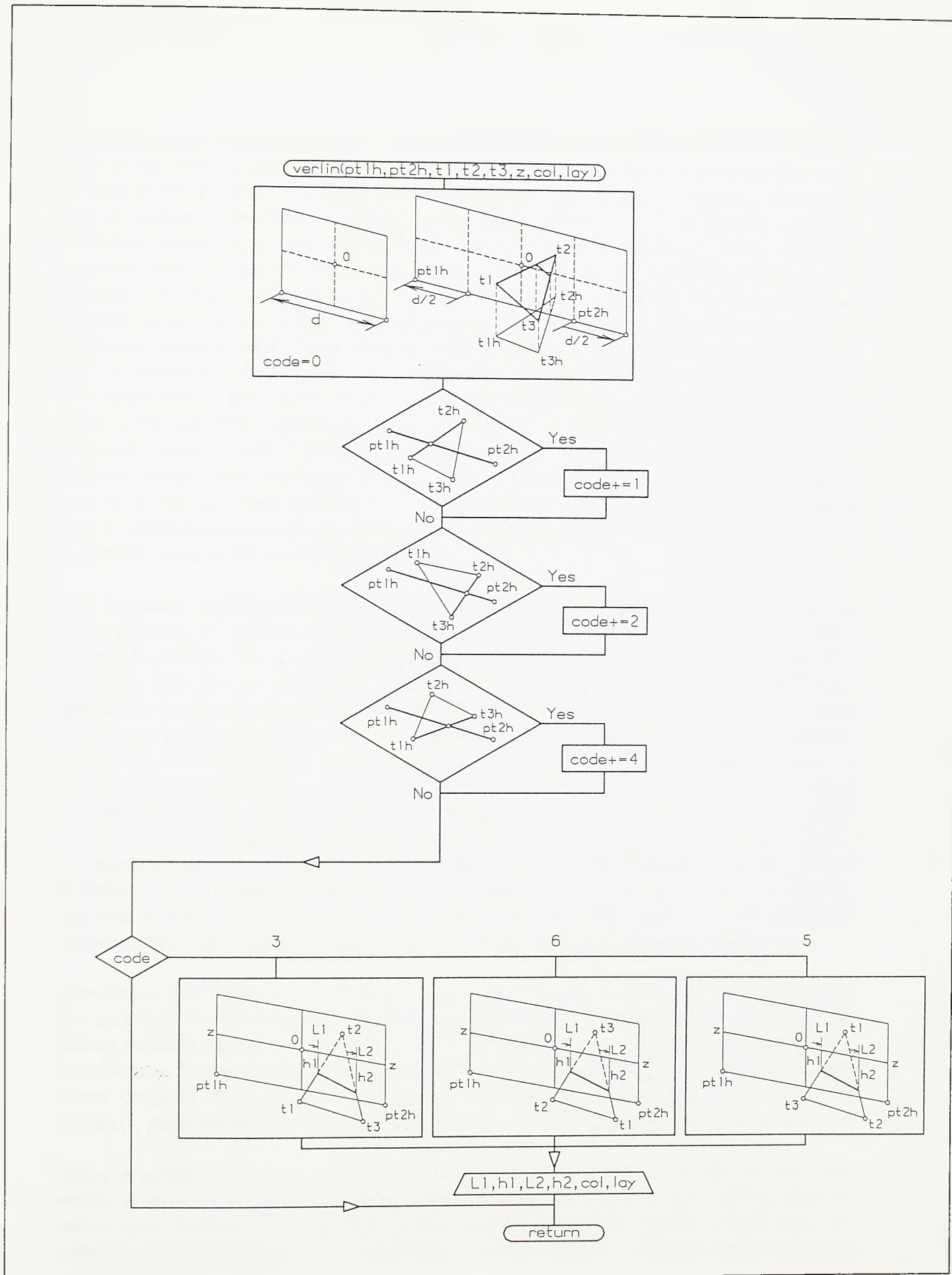
Program iz datoteke *.sec uzima duž po duž i poziva funkciju *secexe*. Ova funkcija zahvata sve trouglove koji bar delom zadiru u četvorougao čije su stranice za Δx i Δy uvećane u odnosu na četvorougao definisan horizontalnim projekcijama krajeva duži i od njih formira skup *ssname*. Pri tome će biti odabrani samo trouglovi onih lejera čiji je sadržaj vidljiv na crtežu. Tako se isključivanjem pojedinih lejera, iz sadržaja budućih poprečnih profila mogu isključiti pojedini objekti ili njihovi elementi. Program potom za svaki od trouglova skupa *ssname* poziva funkciju *verlin* i njoj prosleđuje horizontalne projekcije krajeva duži kroz koju će biti postavljena vertikalna ravan, temena trougla, boju i lejer trougla, kao i kotu osovine. Na osnovu ovih podataka funkcija računa bočne i visinske pomake, u odnosu na osovinu, početka i kraja duži koja se nalazi u prodoru izabranog prostornog trougla kroz vertikalnu ravan poprečnog profila. Bočni i visinski pomaci $l1$, $h1$, $l2$ i $h2$, kao i boja i lejer trougla, upisuju se u jednu liniju izlazne datoteke. Program koji se pokreće komandom DRAWSEC i koji iscrta serije poprečnih profila, na osnovu ovakvog opisa, svaku strukturnu liniju profila postaviće u lejer u kome se nalazi prostorni trougao u čijem je prodoru ova linija nastala i iscrtaće je njegovom bojom.

Pre no što se iz glavnog dela programa za neku od duži (vertikalnih ravni) pozove funkcija *secexe*, program u izlaznu datoteku *.sct upisuje stacionažu duži, kotu osovine na tom mestu i raspon poprečnog profila sa leve i desne strane osovine. Nakon poziva ove funkcije u izlaznu datoteku upisuje se niz karaktera "ENDSEC". Između ove dve linije, uzastopnim pozivima funkcije *verlin*, za svaki od presečenih trouglova upisuju se sračunati bočni i visinski pomaci linije prodora, njegova boja i lejer.



Sl.4-72.

Algoritam isecanja poprečnih profila sa triangulisanog modela
(prvi deo)



Sl.4-73.

Algoritam isecanja poprečnih profila sa triangulisanim modela (drugi deo)

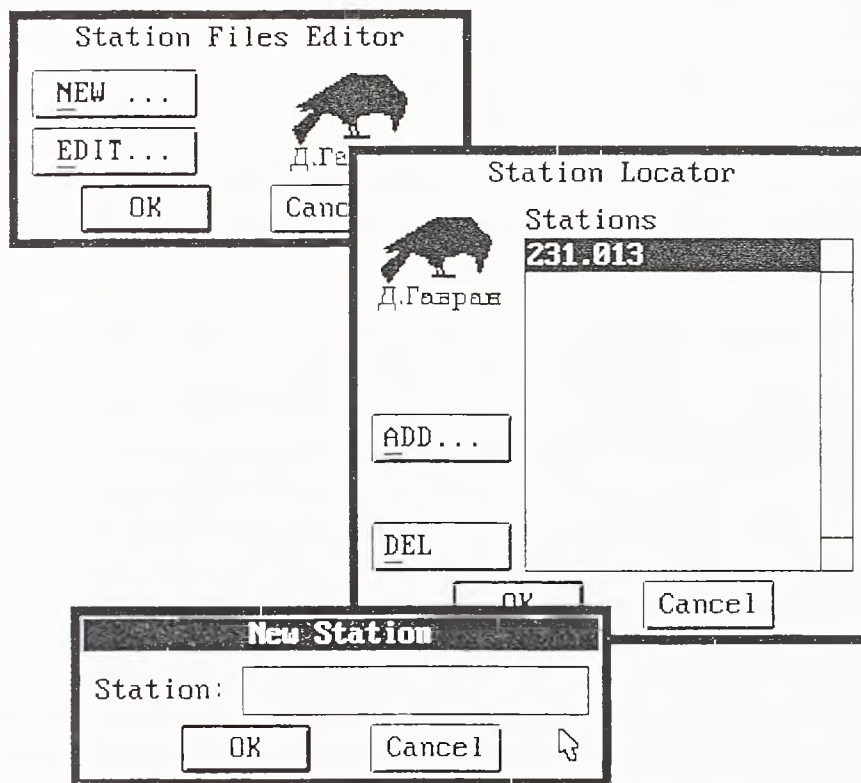
Funkcija *verlin* sračunava liniju prodora prostornog trougla modela i vertikalne ravni koja iseca profil. Prvo se duž kroz koju prolazi ravan bočno produžava za po polovinu svoje početne dužine na jednu i na drugu stranu. Time se stvaraju uslovi u kojima će i trouglovi koji se nalaze u perifernim delovima poprečnog profila dvema stranicama prodirati vertikalnu ravan. Koje dve od tri stranice trougla prodiru vertikalnu ravan određuje varijabla *code*. Pri svakom prodoru neke od stranica trougla kroz vertikalnu ravan ova se varijabla uvećava za jedan od stepeni broja dva. Ukoliko vertikalnu ravan prodire prva stranica trougla (stranica koja spaja prvo i drugo teme) *code* se uvećava za 1, ukoliko vertikalnu ravan prodire druga stranica trougla (stranica koja spaja drugo i treće teme) *code* se uvećava za 2, a ukoliko vertikalnu ravan prodire treća stranica trougla (stranica koja spaja treće i prvo teme) *code* se uvećava za 4. Brza kontrola postojanja prodora stranica trougla kroz vertikalnu ravan sprovodi se u planu. Na osnovu kumulativne vrednosti varijable *code*, u prostoru se računaju bočni i visinski pomaci prodornih tačaka stranica trougla kroz vertikalnu ravan u odnosu na osovinu. Ako je vrednost varijable *code* 3, vertikalnu ravan prodiru prva i druga stranica trougla, ako je vrednost varijable *code* 6, vertikalnu ravan prodiru druga i treća stranica, a ako je vrednost varijable *code* 5, vertikalnu ravan prodiru treća i prva stranica.

Prva komanda modula SECTION je komanda STASEC. Komanda poziva jednostavan editor (dijalog 18.) kojim se popunjava datoteka sa dodatnim stacionažama za isecanje poprečnih profila. To su stacionaže koje se ne nalaze na konstantnim stacionažnim koracima, kao što su stacionaže elementarnih tačaka, stacionaže preseka analizirane osovine sa drugim osovinama, stacionaže pojedinih tačaka okolnih objekata koji treba da se pojave u profilu itd. Do stacionaža elementarnih tačaka dolazi se upotrebom komande STATION modula PLAN, a do stacionaža preseka osovine i stacionaža tačaka po okolnim objektima dolazi se primenom komande STAOFS modula PLAN. Po pozivu komande STASEC pojavljuje se dijalog kojim se nudi kreiranje nove ili editovanje postojeće datoteke stacionaža. Ekstenzija datoteke stacionaža je *.sta*. Po izboru odgovarajuće opcije, kroz dijalog datoteke zadaje se ime datoteke koja se otvara. Potom se otvara dijalog u kome se, ako se pristupa postojećoj datoteci, pojavljuje njen sadržaj. Opcijom ADD ovde se dodaju nove stacionaže, a opcijom DEL brišu postojeće. Redosled unošenja stacionaža je proizvoljan, a program ih sam sortira po rastućem redosledu.

Komadnom FINDSEC se po prostornoj krivoj liniji osovine postavljaju duži upravne na nju kroz koje će vertikalnim ravnima kasnije biti isečeni poprečni profili. Prvo se kroz dijalog datoteke zadaje ime datoteke **.hcl* sa opisom osovine u planu, a potom se zadaje ime datoteke **.vcl* sa njenim podužnim profilom. Kroz dijalog datoteke opciono se zadaje i ime datoteke **.sta* dodatnih stacionaža. Ukoliko se ovaj dijalog zatvori opcijom "Cancel", poprečni profili biće predviđeni samo na konstantnim stacionažnim koracima.

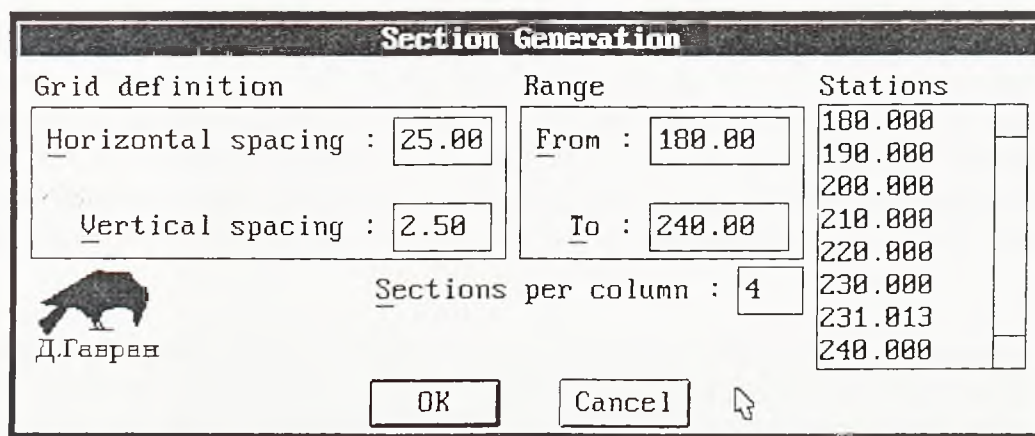
Zatim se zadaje stacionažni raspon i stacionažni korak sa kojima će biti isečeni poprečni profili, a zatim se zadaju levi i desni raspon profila. Na kraju se kroz dijalog datoteke zadaje ime datoteke **.sec* sa lokacijama budućih poprečnih profila. Pored toga što popunjava odgovarajuću datoteku, program u tekućem lejeru i tekućom bojom iscrtava duži po kojima će model biti sečen.

Konačno, komanda CALCSEC, kroz duži sadržane u zadatoj **.sec* datoteci, iseca profile sa prostornog modela. Prvo se kroz dijalog datoteke zadaje ime datoteke duži **.sec*, a zatim se zadaje ime datoteke **.sct* u kojoj će biti opisani isečeni profili.



Dijalog 18.

Sadržajem jedne datoteke *.sct jednoznačno je definisana serija poprečnih profila. Komandom DRAWSEC pokreće se program koji ovakvu datoteku čita i iscrta poprečne profile. Po pozivu komande prvo se kroz dijalog datoteke zadaje ime *.sct datoteke. Program prolazi kroz datoteku, čita stacionaže isečenih poprečnih profila i otvara dijalog 19.



Dijalog 19.

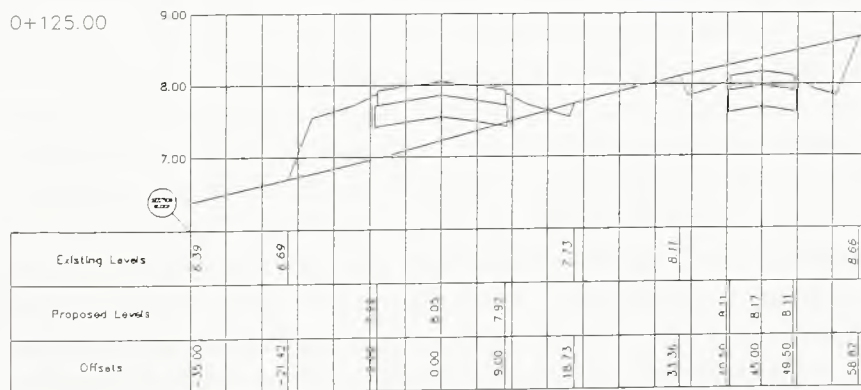
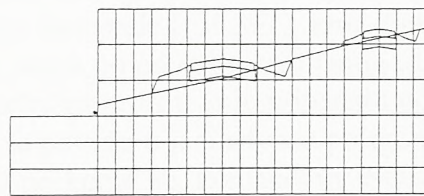
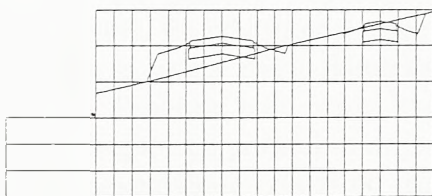
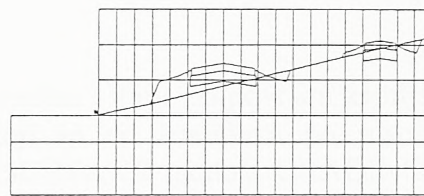
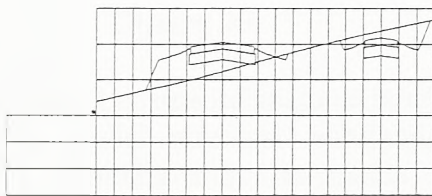
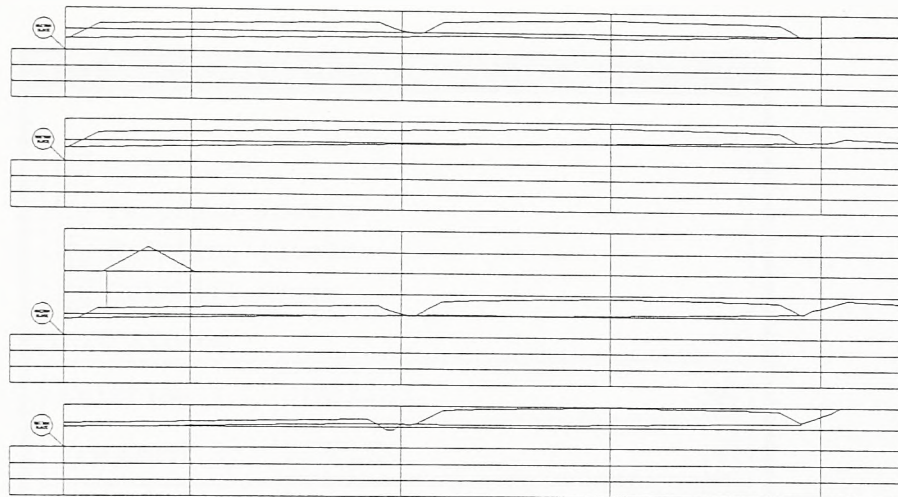
Sa desne strane dijaloga mogu se izlistati stacionaže svih poprečnih profila čija se numerička definicija u datoteci čuva. Opcijama sa leve strane dijaloga zadaju se horizontalni i vertikalni korak grida poprečnog profila, a opcijama srednjeg dela dijaloga

zadaju se početna i krajnja stacionaža profila koji će biti iscrtani. Takođe se zadaje i broj profila koji će biti iscrtani u jednom vertikalnom nizu. U konkretnom slučaju zadat je broj 4, što znači da će profili biti iscrtani u vertikalnim nizovima od po 4 profila. Profili se iscrtavaju uz odgovarajuće uvećanje vertikalne razmere koje se zadaje komandom VEGZAG modula PROFILE. Na slici 4-74 pokazane su dve grupe poprečnih profila. Prva je iscrtana bez uvećanja vertikalne razmere, a druga sa uvećanjem od 10 puta. Upravo se pri iscrtavanju poprečnih profila poletno-sletnih staza, rulnih staza i platformi aerodroma, zbog malih poprečnih nagiba, veoma često koristi karikiranje visina u poprečnom profilu.

Komanda DRAWSEC iscrtava geometriju poprečnih profila, a komandom LBLSEC ovi se profili detaljno kotiraju. Pri iscrtavanju svakog poprečnog profila program u njegov donji levi ugao umeće blok SECTION. Ovaj blok nosi attribute stacionaže, nadmorske visine baze profila, levog i desnog raspona, maksimalnog i minimalnog visinskog pomaka krajeva isečenih linija prema osovini, vertikalnog koraka grida i uvećanja vertikalne razmere sa kojim je profil nacrtan. Pozivom komande LBLSEC (slika 4-74) profil se kotira. Po izboru bilo koje od opcija ponuđenih dijalogom 20 prvo se pokazuje neki od entiteta profila koji se kotira. Svaki od ovih entiteta u svom Extended Entity Data području nosi jedinstveni identifikator (handle) odgovarajućeg bloka SECTION i ukazuje na njega, odnosno, na njegove attribute. Time se pri radu u poprečnom profilu praktično prelazi u njegove relativne koordinate. Izborom opcije "Proposed levels" i izborom niza tačaka po strukturnim linijama objekta program popunjava rubriku kota po izvedenom objektu. Izborom opcije "Existing levels" i izborom niza tačaka po strukturnim linijama terena popunjava se rubrika kota po terenu. U oba slučaja program popunjava i rubriku bočnih pomaka u odnosu na osovину. Pri tome se za ispis kota po terenu i izvedenom objektu mogu upotrebiti različiti tipovi slova. Opcijom "Grid base" unosi se generalni opis poprečnog profila: stacionaža, kote po levoj ivici grida profila i naslovi rubrika.

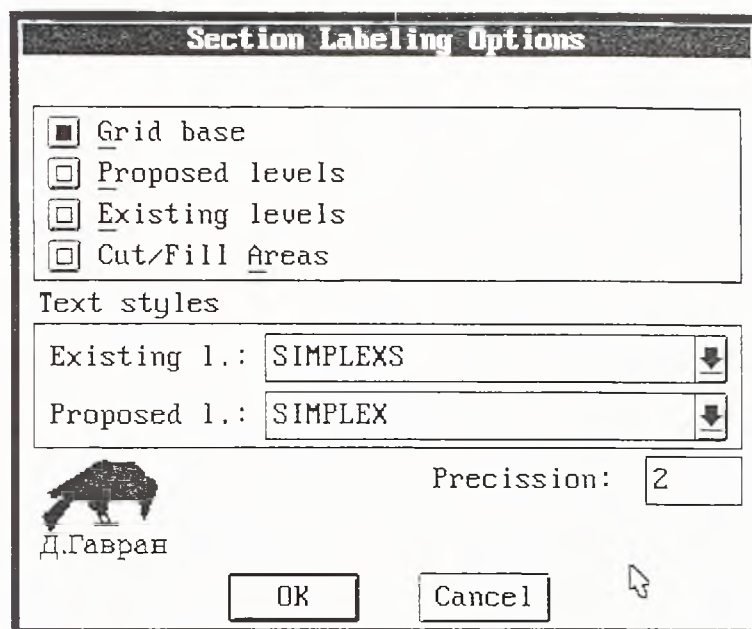
Ovde predstavljena metodologija i softverska rešenja svoju primenu nalaze, u prvom redu, u oblasti projektovanja aerodroma. Elementi airside-a najčešće formiraju jedinstveni površinski objekat. S druge strane, u tipičnom landside-u aerodroma takođe se može uočiti veliki broj površinskih objekata; parkinga, površinskih i denivelisanih putnih raskrsnica itd. Proračun kubatura useka i nasipa po poprečnim profilima ovde je prevaziđen. Prema savremenim softverskim rešenjima, na površinskim objektima primenjuje se ćelijski proračun kubatura koji će biti detaljno predstavljen u narednom poglavlju. Čak i kada je poletno-sletna staza, kao tipičan linijski objekat, izolovana od ostalih objekata airside-a i kada nema paralelne rulne staze, potrebno je primeniti ćelijski proračun kako bi se ispitale ne samo mogućnosti podužnog, već i poprečnog transporta masa.

U slučaju izolovanih linijskih objekata čiji je poprečni profil takvih dimenzija da ne zahteva istraživanje mogućnosti poprečnog transporta, proračun po profilima ne samo da je opravdan, već je i neophodan. Stoga je u okviru ovde predstavljene tehnologije ponuđen i postupak proračuna kubatura zemljanih masa na osnovu poprečnih profila. Postupak proračuna kubatura zemljanih masa na osnovu isečenih poprečnih profila ilustrovan je slikom 4-75. Osnovnu operaciju ovde predstavlja proračun površina useka i nasipa po pojedinačnim poprečnim profilima. Proračun se pokreće poslednjom od opcija dijaloga komande LBLSEC.



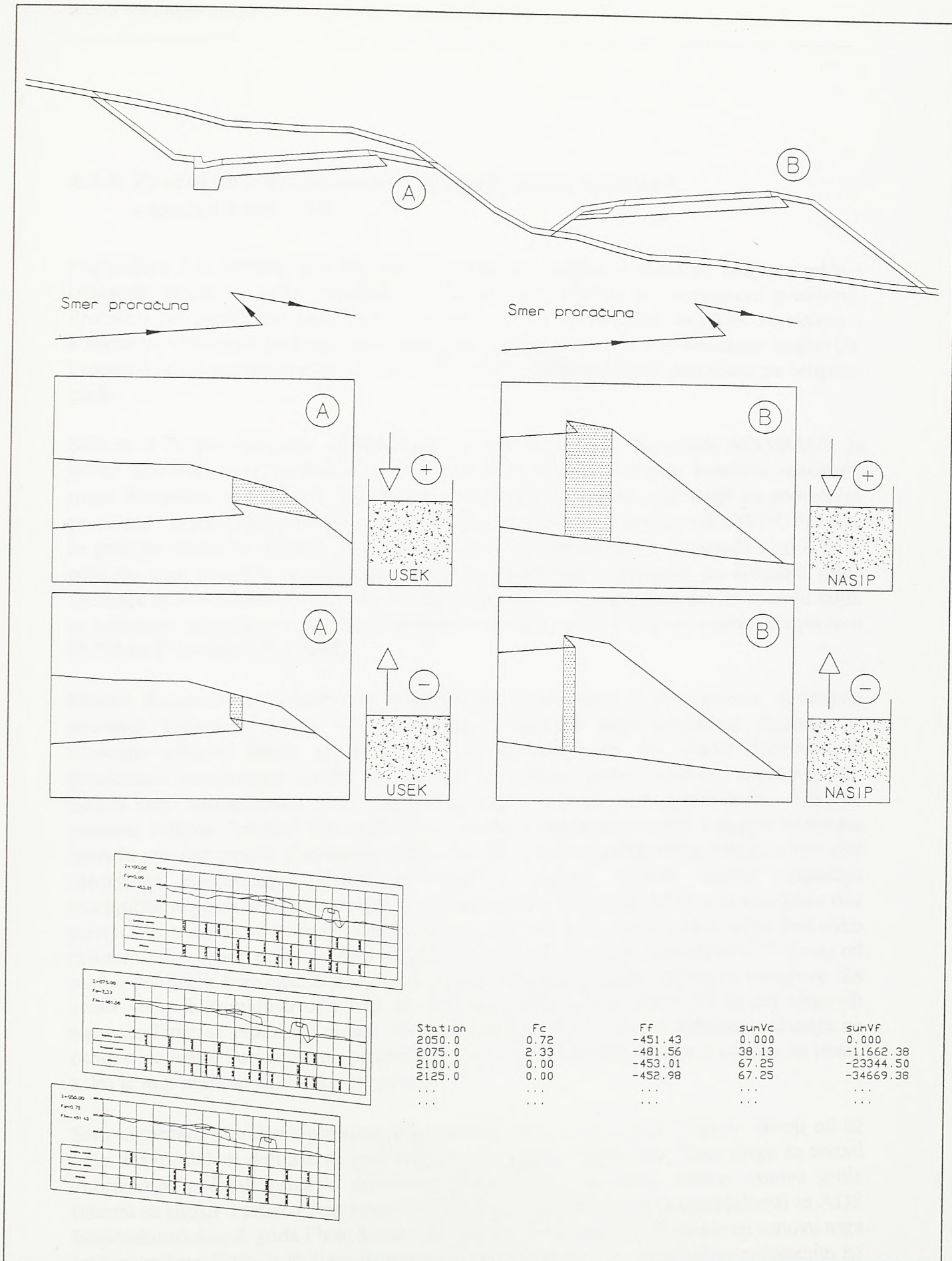
Sl.4-74.

Iscrtavanje isečenih poprečnih profila i njihovo kotiranje



Dijalog 20.

Površine useka i nasipa računaju se između linija po terenu i linija po površini zemljanog trupa. Sam model površine zemljanog trupa sastoji se od trouglova po planumu, bankinama (shoulder-ima) i kosinama. Komandom SURFACE modula GRADING ovi trouglovi, koji po pravilu pripadaju različitim lejerima, grupišu se u jedinstvenu triangulisanu površ. Po izboru poslednje opcije dijaloga komande LBLSEC, kroz dijaloge datoteka, zadaju se imena dveju datoteka površi *.srf, jedne po površini zemljanog trupa i jedne po terenu. Program tada uzima sve duži u poprečnom profilu koje pripadaju površi po zemljanom trupu i po potrebi ih orijentiše tako da se povežu u jedinstvene poligonalne linije. Ovo se povezivanje izvodi po istom algoritmu po kome se, komandom ISOLINE modula DTM, obavlja nadovezivanje nezavisnih duži u povezane izohipse. Program linije po površi zemljanog trupa povezuje tako da formiraju jednu ili više poligonalnih linija usmerenih sa leva na desno. U primeru na slici 4-75 program formira dve takve linije, po jednu za svaki nezavisni zemljani trup u poprečnom profilu isečenom sa modela autoputa. Proračun zatim polazi sa leve strane profila i uzima jednu po jednu duž usmerenih poligonalnih linija. Ako se duž nalazi ispod linije terena, površina zahvaćena između duži i linije terena biće pridodata površini useka, a ako je duž iznad, površina će biti pridodata površini nasipa. Ukoliko je predmetna duž usmerena ulevo, sračunata površina biće pridodata sa negativnim predznakom, to jest, postojeća površina useka ili nasipa biće umanjena. Površina u zahvatu duži koja seče teren, elementarnim geometrijskim proračunom, biće podeljena na zasebne površine useka i nasipa. Tako će, prolazeći svim dužima, program sračunati površine useka i nasipa uzimajući u obzir geometriju preloma donjih slojeva kolovozne konstrukcije i druge detalje. Po završetku proračuna ukupne površine useka i nasipa biće ispisane ispod stacionaže poprečnog profila. Ispisi površina useka i nasipa sadržajem svog Extended Entity Data područja povezani su sa stacionažom profila. Tako se, po pozivu komande MASHAUL modula VOLUME, može izabrati grupa poprečnih profila, odnosno grupa njihovih ispisa površina, a jednostavni program uzeće površine useka i nasipa, povezaće ih sa stacionažama i sračunaće kumulativne mase useka i nasipa duž osovine. Rezultat proračuna je tabela pokazana u donjem delu slike 4-75 i njen se sadržaj upisuje u datoteku ekstenzije .mht i proizvoljno zadatog imena.



Sl.4-75.

Princip proračuna kubatura useka i nasipa po poprečnim profilima

4.3.8. Proračun zapremine na triangulisanom modelu - - modul VOLUME

Poglavljem 3.5. predstavljene su osnove proračuna zemljanih masa po ćelijama grida i istaknute prednosti ovog postupka u odnosu na proračun po poprečnim profilima. Proračun po poprečnim profilima primenjuje se na izolovanim linijskim objektima i konkretna softverska podrška ovom postupku predstavljena je u prethodnom poglavlju. Preostalo je da se programima modula VOLUME podrži postupak proračuna po ćelijama grida.

Slikom 4-76 predstavljene su komande modula VOLUME. Komanda MASHAUL je jedina komanda ovog modula koja nije vezana za ćelijski proračun kubatura zemljanih masa. Komanda MASHAUL namenjena je sumiranju kubatura sračunatih po poprečnim profilima i njena je primena pokazana u poglavlju 4.3.7. Komandom GRIDVOL definiše se grid po kome će ćelijski proračun kubatura biti sproveden, a komanda CALCVOL pokreće sam program za računanje kubatura. Zapremine sračunate po ćelijama grida sumiraju se komandom SUMVOL. Treba dodati da se triangulisane površi između kojih se kubature računaju po pravilu pripremaju editorom površi koji se poziva komandom SURFACE modula GRADING.

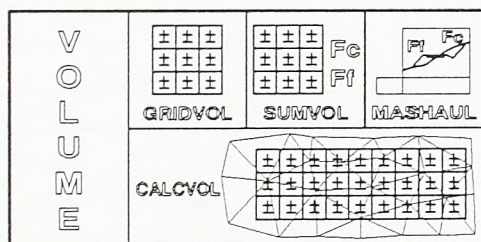
Modeli diskretizovani prostornim trouglovima predstavljaju idealnu osnovu za ćelijski proračun kubatura. Slikom 4-77 pokazana je osnovna ideja proračuna. Proračun je analogan primeni modle pri isecanju i oblikovanju mase. Na model diskretizovan prostornim trouglovima spušta se "modla" čija sečiva prate izvodnice zadatog grida. Sečiva seku triangulisanu površ zemljanog trupa i triangulisanu površ terena. Tako će svakom ćelijom "modle" biti zahvaćena određena zapremina useka i nasipa sračunata između ove dve površi. Zapremina useka i nasipa u okviru jedne ćelije dobija se kao zbir zapremine elementarnih prizmi. Postupak je sledeći. Sečiva "modle" napadaju triangulisanu površ zemljanog trupa. Kvadratno sečivo po obodu ćelije seče trouglove ove površi. Pri tome se od svakog trougla zahvata onaj deo koji ostaje unutar ćelije. Nekoliko primera zahvaćenog dela trougla pokazano je u gornjem desnom delu slike 4-77. Svaki od ovako dobijenih konveksnih poligona po površi zemljanog trupa deli se na trouglove. Za svaki od ovih trouglova određuju se kote po površi terena ispod (ili iznad) njegovih temena. Time se praktično dolazi do elementarnih prizmi čije se kubature računaju na osnovu površine horizontalnih projekcija trouglova i visinskih razlika u odnosu na teren, kako je to u desnom delu slike pokazano.

Sam algoritam proračuna pokazan je na slikama od 4-78 do 4-84. Ulaz se sastoji od tri dela. Prvim delom definiše se grid ćelijskog proračuna zapremine. Kroz njega su zadati koordinatni početak grida u državnom koordinatnom sistemu, azimut osnove grida (meren sa istoka u pravcu suprotnom kazaljki na časovniku zbog kompatibilnosti sa ADS bibliotekom), korak grida i broj koraka po jednoj i po drugoj osi. Program na osnovu toga sračunava koordinate svih čvornih tačaka grida (sa kotom 0) i, redosledom pokazanim na slici 4-78, vezuje ih u listu koja se sidri na adresi *hdgrd*. Drugim delom ulaza definiše se površ po zemljanom trupu. Njen opis program stavlja u dinamički alociranu vezanu listu trouglova. Svaki trougao ovde je predstavljen strukturom koja se sastoji od tri tačke sa po tri koordinate. Trećim delom ulaza definiše se površ po terenu. Definicija površi po terenu

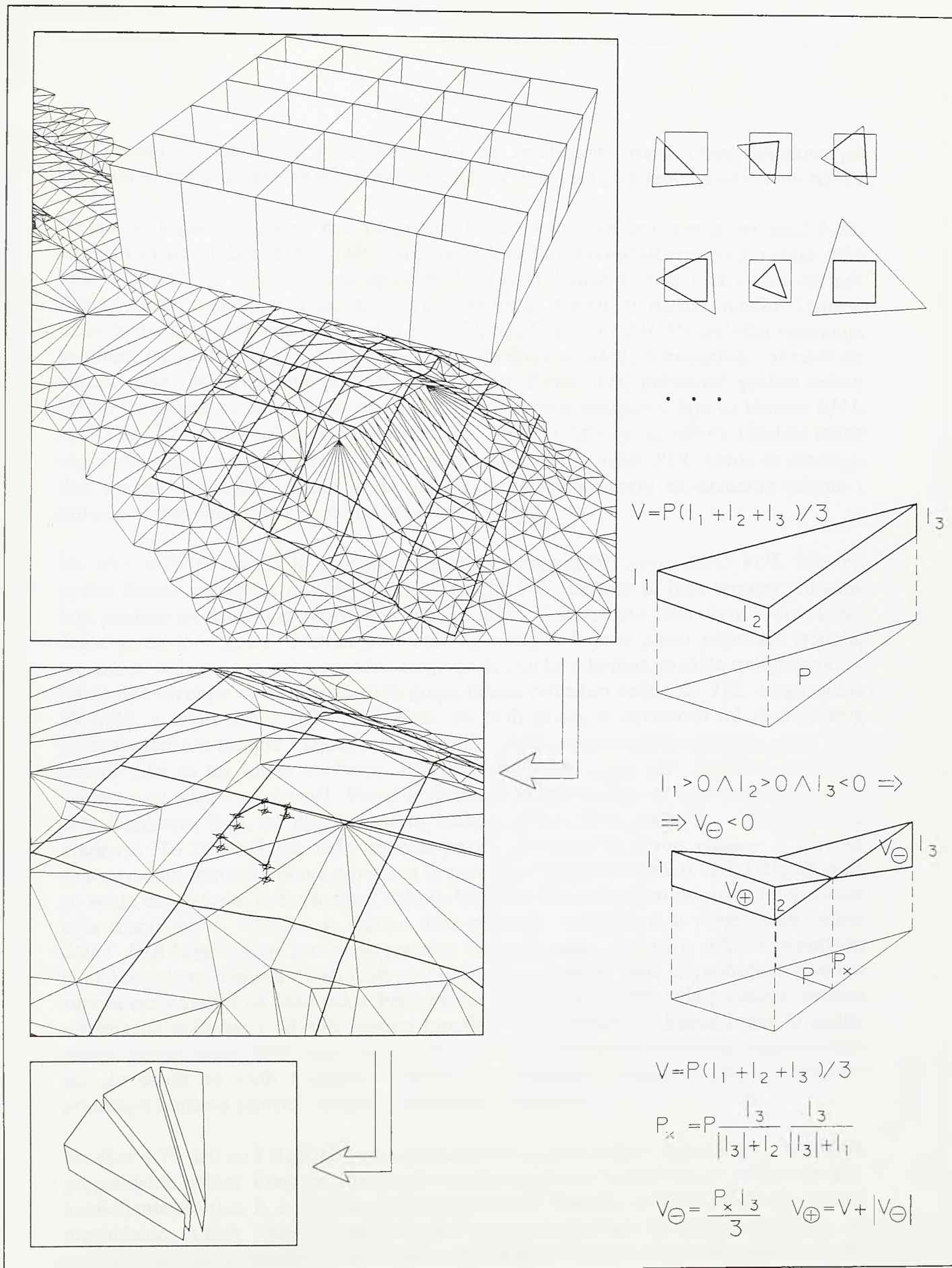
Postavljanje grida za čelijski
proračun kubatura

Sumiranje kubatura po ćelijama

Sumiranje kubatura po profilima



Čelijski proračun kubatura



Sl.4-77.

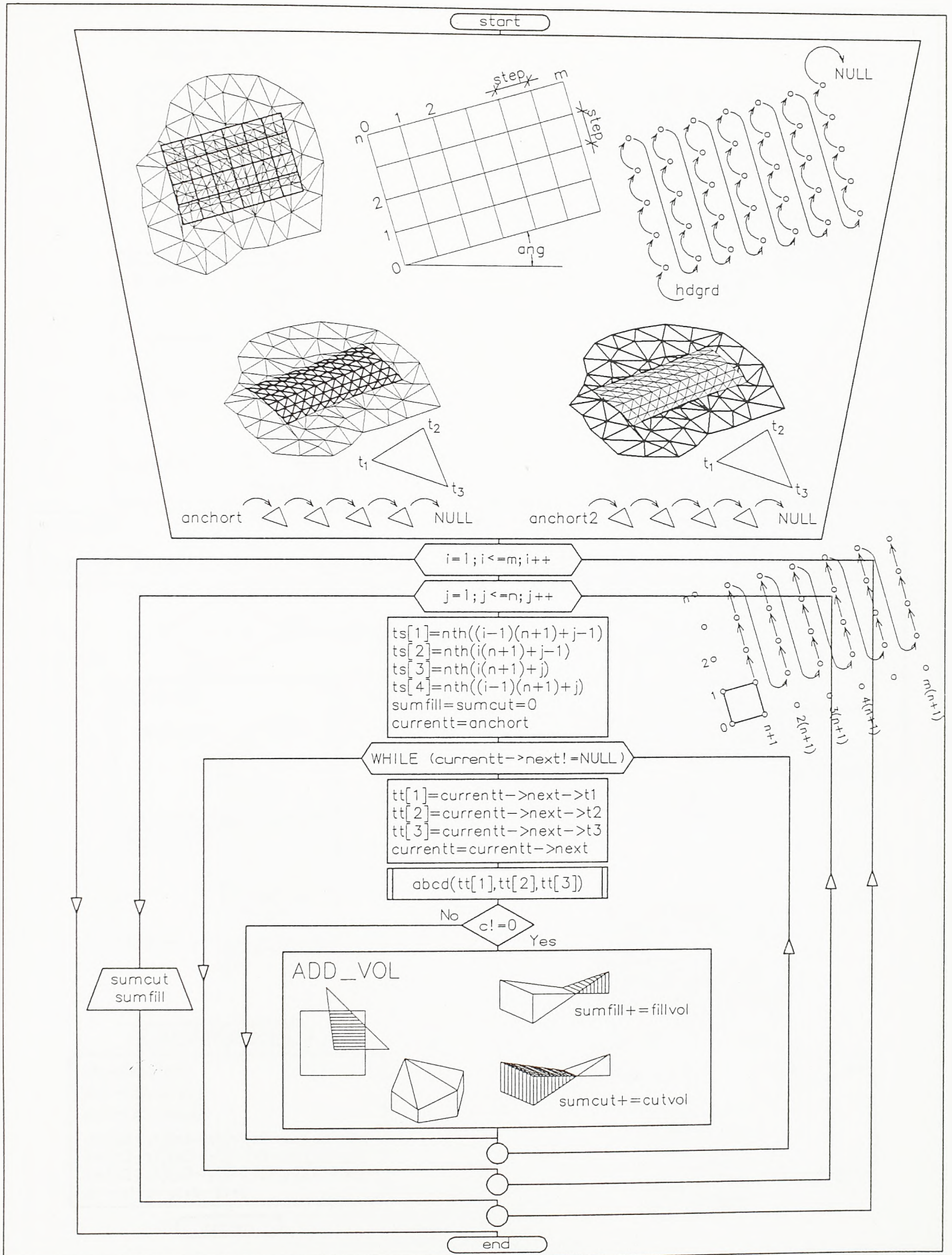
Ćelijski proračun kubatura na prostornom modelu

po formatu je ista kao i definicija površi po zemljanom trupu. Lista trouglova po zemljanom trupu sidri se na adresi *anchort*, a lista trouglova po terenu na adresi *anchort2*.

Potom se prelazi u glavni deo programa. Ovde se, redom pokazanim na slici 4-78, uzimaju čvorne tačke grida i ćelije koje se u lokalnim koordinatama grida nalaze dole levo u odnosu na njih. Tako program prolazi svim ćelijama grida i za svaku od njih računa sumarnu zapreminu useka, *sumcut*, i sumarnu zapreminu nasipa, *sumfill*. Temene tačke trenutno obrađivane ćelije grida su *ts[1]*, *ts[2]*, *ts[3]* i *ts[4]*. Na početku sumiranja kubatura po jednoj ćeliji *sumcut* i *sumfill* postavljaju se na 0., a pokazivač *currentt* na adresu sidra liste trouglova po zemljanom trupu. Potom ovaj pokazivač prolazi celom listom trouglova po zemljanom trupu. Za svaki od ovih trouglova, čija su temena *tt[1]*, *tt[2]* i *tt[3]*, program računa koeficijente ravni *a*, *b*, *c* i *d* ($ax+by+cz+d=0$). Ukoliko ravan nije vertikalna ($c \neq 0$) program prelazi u programsku celinu *ADD_VOL*. Ovde se određuje deo trougla zahvaćen ćelijom grida, na osnovu toga formiraju elementarne prizme i njihove zapremine pridodaju sumama *sumcut* i *sumfill*.

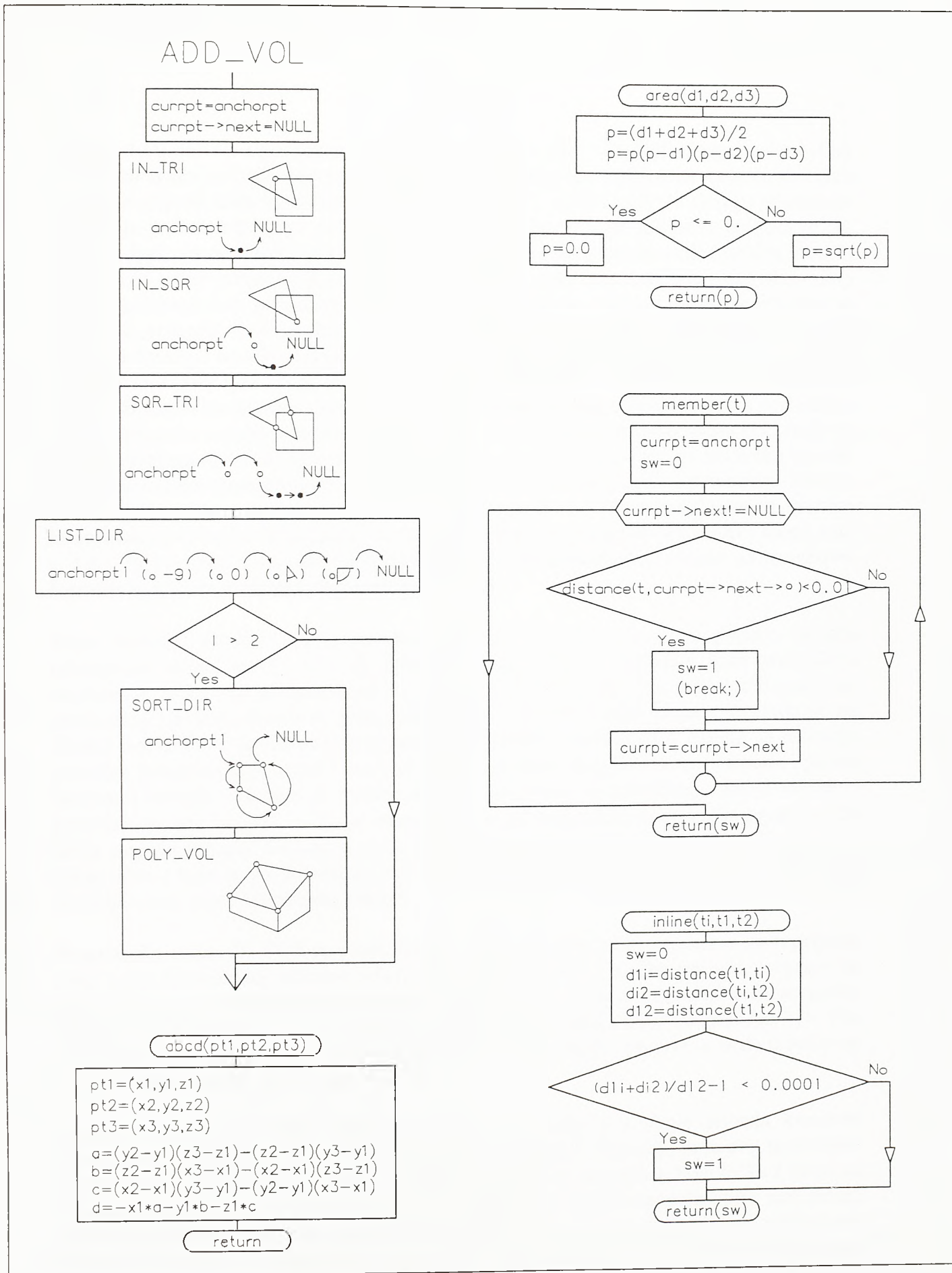
Na slici 4-79 pokazana je generalna struktura programske celine *ADD_VOL*. Njenim prvim delom, celinama *IN_TRI*, *IN_SQR* i *SQR_TRI*, formira se lista temena poligona koji predstavlja deo trougla zahvaćen ćelijom grida. U sastav ove liste ulaze čvorne tačke ćelije grida (podignute u ravan posmatranog trougla) koje u planu pripadaju trouglu, temena trougla koja se nalaze unutar ćelije grida i tačke u kojima stranice trougla prodiru vertikalne ravni po obodu ćelije. Prvu grupu tačaka pronalazi celina *IN_TRI*, drugu celina *IN_SQR*, a treću celina *SQR_TRI*. Neke od ovih grupa, u zavisnosti od međusobnog položaja temena trougla i čvornih tačaka ćelije grida, mogu potpuno izostatati. Lista ovih tačaka sidri se na adresi *anchorpt*. Potom se na osnovu ove liste formira nova lista, usidrena na adresi *anchorpt1*. Pored koordinata temena poligona, koja ostaju u prvom delu člana ove liste, na drugom mestu svakog njenog člana javlja se i jedna uglovna vrednost. To je vrednost ugla između prave povučene iz prvog temena u listi ka posmatranom temenu i prave povučene iz prvog ka drugom temenu u listi. Očigledno da će se uz drugo teme naći vrednost ugla 0. Uz prvo teme formalno se postavlja vrednost ugla manja od 0. Ukoliko je dužina liste veća od 2 prelazi se u programsku celinu *SORT_DIR* koja temena sortira po rastućoj vrednosti ugla. Imajući u vidu da je poligon uvek konveksan, temena u listi usidrenoj na adresi *anchorpt1* sada su postrojena u smeru suprotnom kazaljki na časovniku. Programska celina *POLY_VOL* tada preuzima uređeni niz temena poligona i od njih formira trouglove po površini zemljanog trupa. U sastav prvog trougla ulaze prvo, drugo i treće teme, u sastav drugog trougla prvo, treće i četvrto itd. Za svaki od ovih trouglova formira se elementarna prizma i njene zapremine pridodaju sumama *sumcut* i *sumfill* za određenu ćeliju grida.

Na slici 4-79 dati su i algoritmi nekih jednostavnih funkcija koje se pozivaju iz različitih programskih celina. Funkcija *abcd(pt1,pt2,pt3)* na osnovu koordinata tri tačke određuje koeficijente ravni *a*, *b*, *c* i *d* u kojoj te tri tačke leže. Funkcija *area(d1,d2,d3)* na osnovu prosleđenih dužina stranica trougla vraća njegovu površinu. Funkcija *member(t)* na osnovu koordinata prosleđene tačke proverava da li se tačka sa takvim koordinatama već nalazi u listi temena poligona usidrenoj na adresi *achorpt*. U slučaju da se tačka sa takvim koordinatama već nalazi u listi funkcija vraća 1, a u suprotnom vraća 0. Funkcija *inline(ti,t1,t2)* proverava da li se tačka *ti* nalazi na duži koja spaja tačke *t1* i *t2* u prostoru. Ukoliko se tačka nalazi na toj duži funkcija vraća 1, a u suprotnom vraća 0.



Sl.4-78.

Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (prvi deo)



Sl.4-79.

Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (drugi deo)

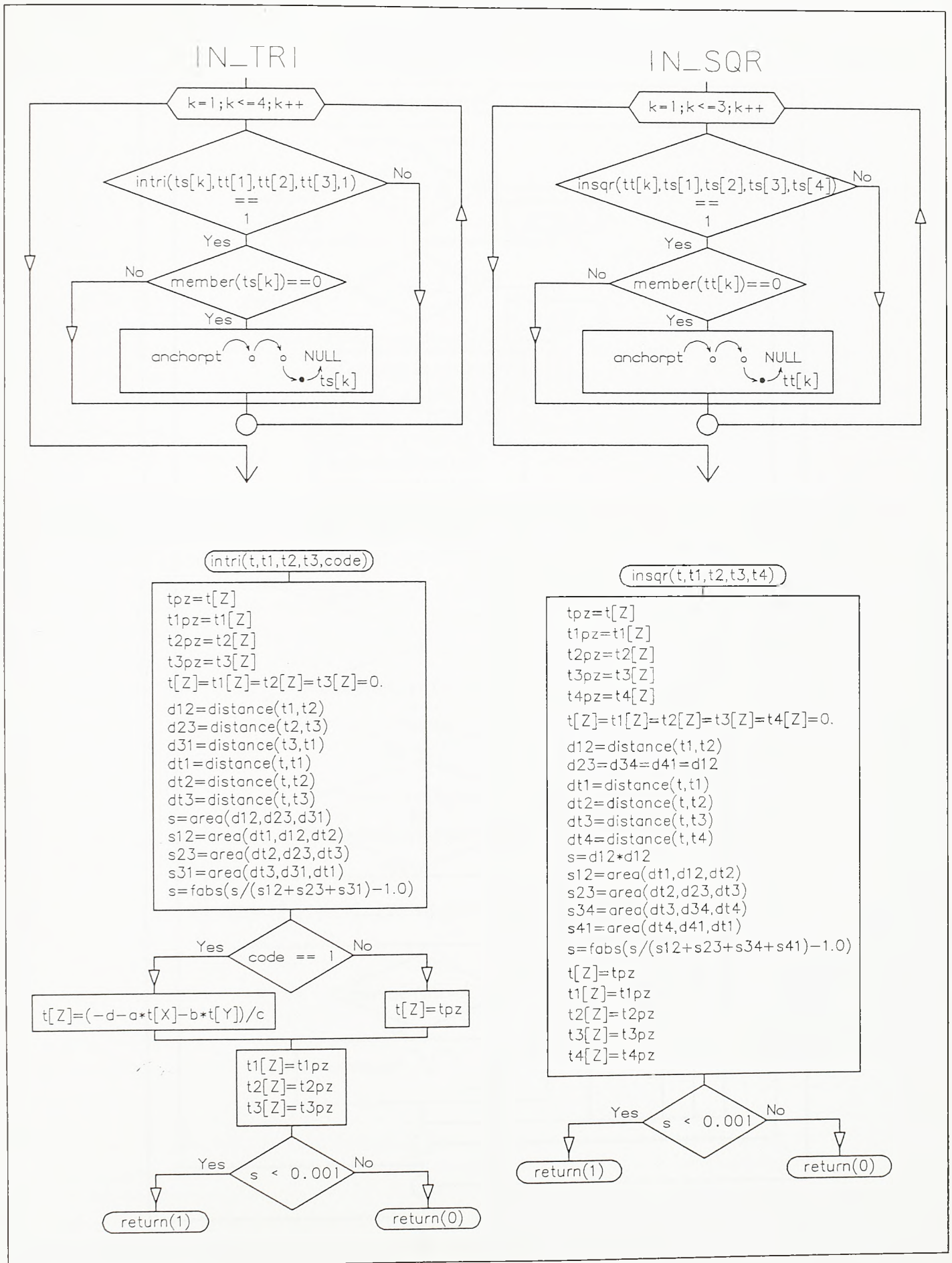
Na slici 4-80 dati su algoritmi programskih celina IN_TRI i IN_SQR . Programska celina IN_TRI za svaku od četiri čvorne tačke po obodu ćelije grida, $ts[k]$, proverava da li u plan projekciji pripada izabranom trouglu sa temenima $tt[1]$, $tt[2]$ i $tt[3]$ i u slučaju pripadanja pridružuje je listi tačaka po poligonu koji definiše deo trougla zahvaćen ćelijom grida. Ukoliko funkcija $intri(ts[k], tt[1], tt[2], tt[3], 1)$ koju ova programska celina poziva vrati 1, znači da je uslov pripadnosti ispunjen. Da bi tačka $ts[k]$ konačno bila priključena listi temena poligona koji predstavlja deo trougla zahvaćenom ćelijom grida, neophodno je prethodno proveriti da li se tačka sa tim koordinatama već nalazi u listi. Provera se vrši pozivom funkcije $member(ts[k])$ i neophodna je zbog slučaja u kome se nekoliko tačaka sa istim koordinatama mogu naći u listi. Ako se grid za ćelijski proračun zapremine postavi duž osovine poletno-sletne staze, za očekivati je da se u velikom broju periodično ponove situacije u kojima se temena trouglova po zemljanom trupu u planu poklapaju sa čvornim tačkama grida ili leže tačno na njegovim izvodnicama. Tako se ista tačka po više kriterijuma (kriterijum prodora ivice trougla i vertikalne ravni grida i pripadnost temena trougla ćeliji grida, na primer) može naći u listi temena. Isto tako se i dve tačke sa istim koordinatama (čvorna tačka grida i teme trougla koji se situaciono poklapaju) mogu naći u listi. Pojava tačaka sa istim koordinatama, pri dekompoziciji poligona na trouglove, izazvala bi pojavu trouglova degenerisanih u duži.

Sama funkcija $intri(t, t1, t2, t3, code)$ proverava da li tačka t u planu pripada trouglu određenom temenima $t1$, $t2$ i $t3$. Ukoliko je za vrednost varijable $code$ prosleđena vrednost 1, tačka t se po koordinati z postavlja u ravan trougla, a u suprotnom ostaje na prethodnoj elevaciji. Kontrola pripadnosti tačke t trouglu u plan projekciji odvija se na sledeći način. Prvo se elevacija svih tačaka privremeno dovede na 0. Potom se računaju površine trouglova koje tačka t gradi sa prvim i drugim, drugim i trećim i trećim i prvim temenom trougla. Ukoliko je razlika između zbira ove tri površine, s jedne strane, i površine trougla $\Delta t1t2t3$, s druge strane, manja od prihvaćene tolerancije usvaja se da tačka pripada trouglu. Potom se svim tačkama vraćaju prethodne elevacije. Izuzetak je sama tačka t koja se po potrebi dovodi u ravan trougla. Ukoliko tačka t pripada trouglu funkcija vraća 1, a u suprotnom vraća 0.

Programska celina IN_SQR za svako od tri temena trougla, $tt[k]$, proverava da li pripada ćeliji grida ograničenoj tačkama $ts[1]$, $ts[2]$, $ts[3]$ i $ts[4]$. Ukoliko pripada, program ga priključuje listi temena poligona koji predstavlja deo trougla zahvaćen ćelijom grida. Kontrola pripadnosti vrši se pozivom funkcije $insqr(tt[k], ts[1], ts[2], ts[3], ts[4])$. Pre defintivnog priključenja listi, pozivom funkcije $member(tt[k])$, proverava se da li tačka na koordinatama tačke $tt[k]$ već postoji u listi.

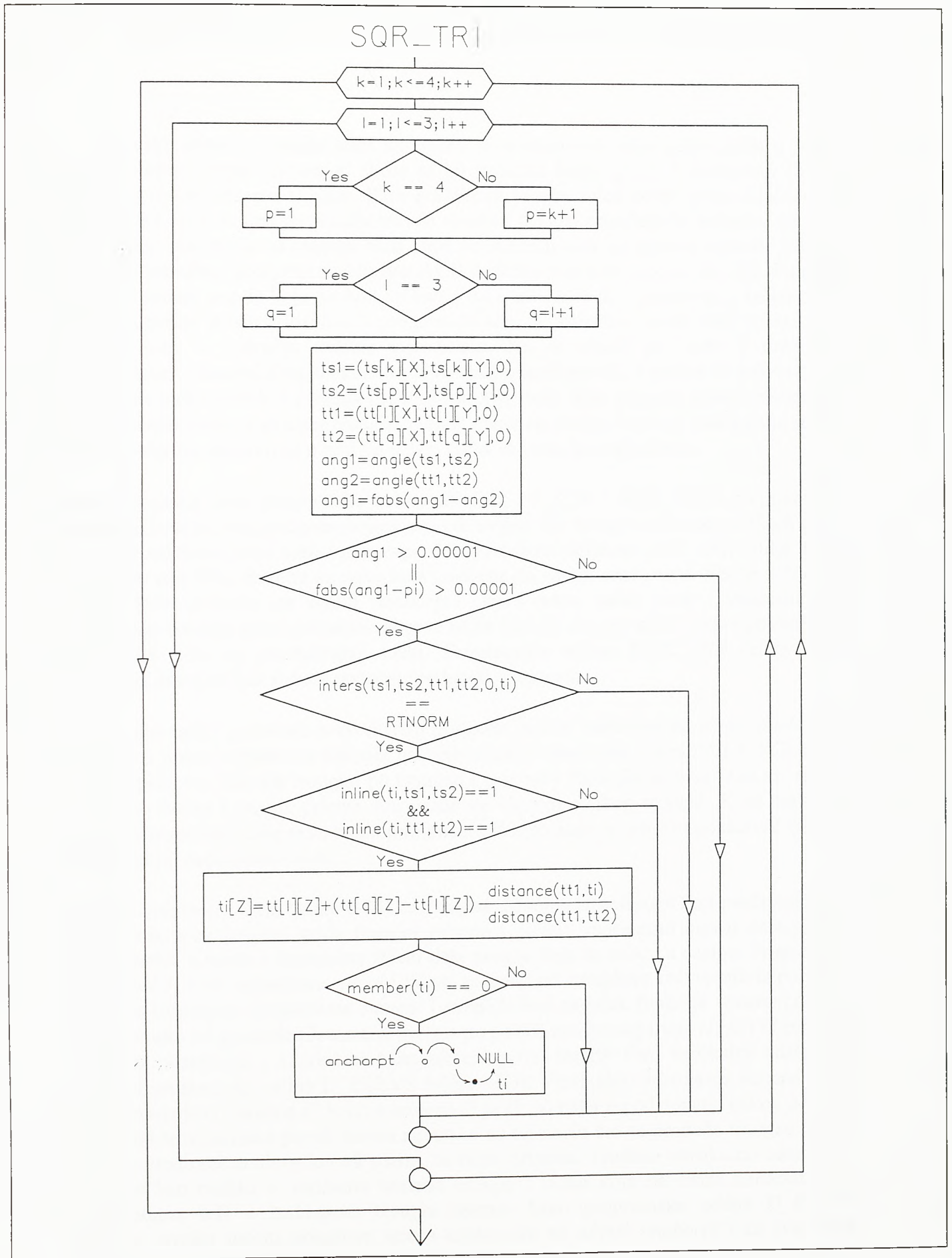
Funkcija $insqr(t, t1, t2, t3, t4)$ vraća vrednost 1 ako tačka t u planu pripada kvadratu određenom temenima $t1$, $t2$, $t3$ i $t4$, a u suprotnom vraća 0. Funkcija prvo sve analizirane tačke dovodi na elevaciju 0. Potom se računaju površine trouglova koje tačka t gradi sa tačkama $t1$ i $t2$, $t2$ i $t3$, $t3$ i $t4$ i $t4$ i $t1$. Ukoliko je razlika između zbira ove četiri površine, s jedne strane, i površine kvadrata $\square t1t2t3t4$, s druge strane, ispod prihvaćene tolerancije usvaja se da tačka pripada kvadratu. Potom se svim tačkama vraćaju prethodne elevacije, a funkcija vraća odgovarajuću celobrojnu vrednost.

Programska celina SQR_TRI pronalazi tačke u prodoru stranica trougla kroz vertikalne ravni po obodnim stranicama ćelije grida. Pronađene tačke biće priključene listi temena poligona ako ispune određene uslove. Algoritam ove programske celine dat je na slici 4-



SI.4-80.

Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (treći deo)



Sl.4-81.

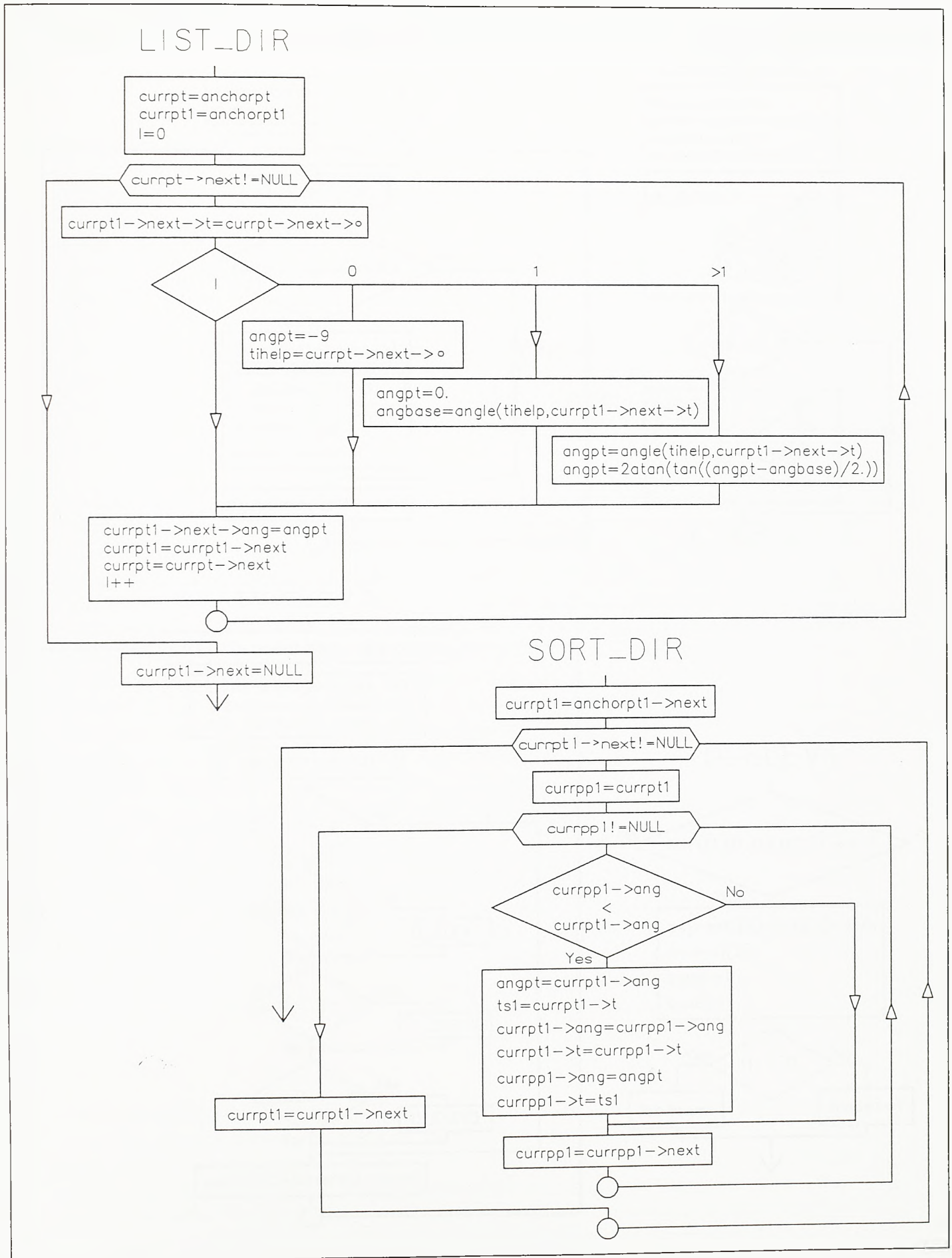
Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (ćetvrti deo)

81. Za svaku stranicu trougla traži se presek sa svakom od ivica ćelije grida u planu. Spoljni ciklus (brojač ciklusa k) kreće se po ivicama ćelije grida, a unutrašnji (brojač ciklusa l) po stranicama trougla. Plan projekcija tekuće ivice ćelije grida određena je tačkama $ts1$ i $ts2$, a plan projekcija tekuće stranice trougla određena je tačkama $tt1$ i $tt2$. Presek plan projekcija navedenih duži neće se računati ako su njihovi azimuti jednaki. Presek se pronalazi pozivom standardne ADS funkcije $inters(ts1,ts2,tt1,tt2,0,ti)$. Funkcija pronalazi presek pravih koje prolaze tačkama $ts1$ i $ts2$ i $tt1$ i $tt2$ i storira ga u tačku ti . Da je kod na petom mestu u listi bio 1, program bi odmah pronašao presek duži $ts1-ts2$ i $tt1-tt2$. Pri radu u području velikih koordinata, što je slučaj pri radu u državnom koordinatnom sistemu, zbog tačnosti se prvo traži presek pravih, a potom se proverava da li presečna tačka pravih ti pripada i jednoj i drugoj duži. Ako pripada, interpolacijom se, prema kotama krajeva stranice trougla, računa njena elevacija. Tačka ti priključuje se listi temena poligona ukoliko se u njoj ne nalazi tačka sa istim koordinatama.

Nakon prolaska kroz programske celine IN_TRI , IN_SQR i SQR_TRI u potpunosti je formirana lista temena poligona kojim je predstavljen deo trougla zahvaćen ćelijom grida. Ova lista usidrena je na adresi $anchorpt$. Programskom celinom $LIST_DIR$ (slika 4-82), na osnovu ove liste, formira se nova lista usidrena na adresi $anchorpt1$. Već je rečeno da članovi liste usidrene na adresi $anchorpt1$ pored same tačke nose i vrednost ugla zahvaćenog između prave povučene iz prve tačke liste ka drugoj tački i prave povučene iz prve tačke liste ka posmatranoj tački. Programska celina $SORT_DIR$ (slika 4-82) postrojava članove liste prema rastućoj vrednosti ovog ugla.

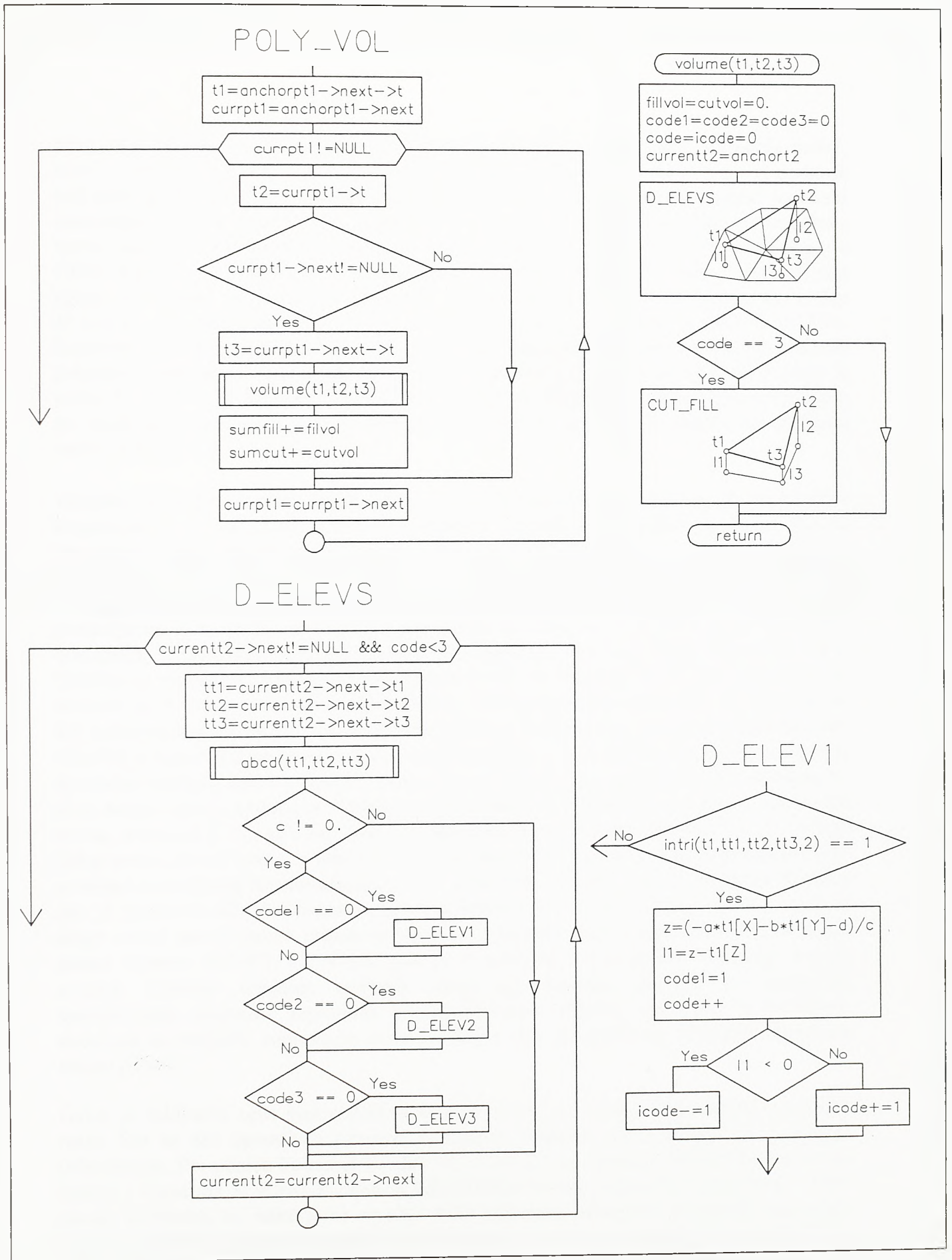
Sada su sve tačke po obodu konveksnog poligona, u listi usidrenoj na adresi $anchorpt1$, nanizane u smeru suprotnom kazaljki na časovniku. Programska celina $POLY_VOL$ (slika 4-83) iz poligona izdvaja trougao po trougao i pozivom funkcije $volume(t1,t2,t3)$ računa zapremine useka i nasipa prizme formirane na osnovu svakog trougla. Kroz ciklus se izdvaja trougao koji čine prva tačka poligona, tačka do koje je adresni pokazivač došao i tačka koja joj neposredno sledi.

Funkcija $volume(t1,t2,t3)$ (slika 4-83) za trougao izdvojen iz poligona koji predstavlja deo trougla zahvaćen ćelijom grida formira prizmu i računa zapreminu $cutvol$ dela prizme koja se nalazi u useku i zapreminu $fillvol$ dela prizme koja se nalazi u nasipu. Programska celina $POLY_VOL$ zapremine $cutvol$ i $fillvol$ za svaki od trouglova izdvojenih iz poligona pridodaje sumarnim kubaturama $sumcut$ i $sumfill$. Prvi zadatak funkcije $volume(t1,t2,t3)$ je da za svako od prosleđenih temena trougla po površi zemljanog trupa $t1$, $t2$ i $t3$ pronađe vertikalna odstojanja u odnosu na triangulisanu površ terena. Ova vertikalna odstojanja pronalazi programska celina D_ELEVS (slika 4-83). Vertikalno odstojanje temena $t1$ od površi terena je $l1$, temena $t2$ je $l2$, a temena $t3$ je $l3$. Vertikalno odstojanje nekog od ovih temena od triangulisane površi terena nalazi se na taj način što se pronađe trougao terena kome, posmatrano u situacionom planu, to teme pripada. Traženo vertikalno odstojanje nalazi se kao razlika u visinama temena trougla i tačke koja na istim horizontalnim koordinatama leži u izabranom trouglu terena. Tako programska celina D_ELEVS ciklusom prolazi listom trouglova terena usidrenom na adresi $anchort2$ i za svako od temena $t1$, $t2$ i $t3$ proverava da li se nadnosi nad trougao terena do koga je ciklus došao. Ciklus teče sve dok adresni pokazivač ne dođe do kraja liste ili dok vrednost varijable $code$ ne dostigne 3. Ova varijabla po ulasku u funkciju $volume(t1,t2,t3)$ dobija vrednost 0 i uvećava se za jedan svaki put kad se neko od temena $t1$, $t2$ ili $t3$ nadnese nad neki od trouglova terena. Kada $code$ dostigne 3 za svako od temena sračunata su vertikalna



SI.4-82.

Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (peti deo)



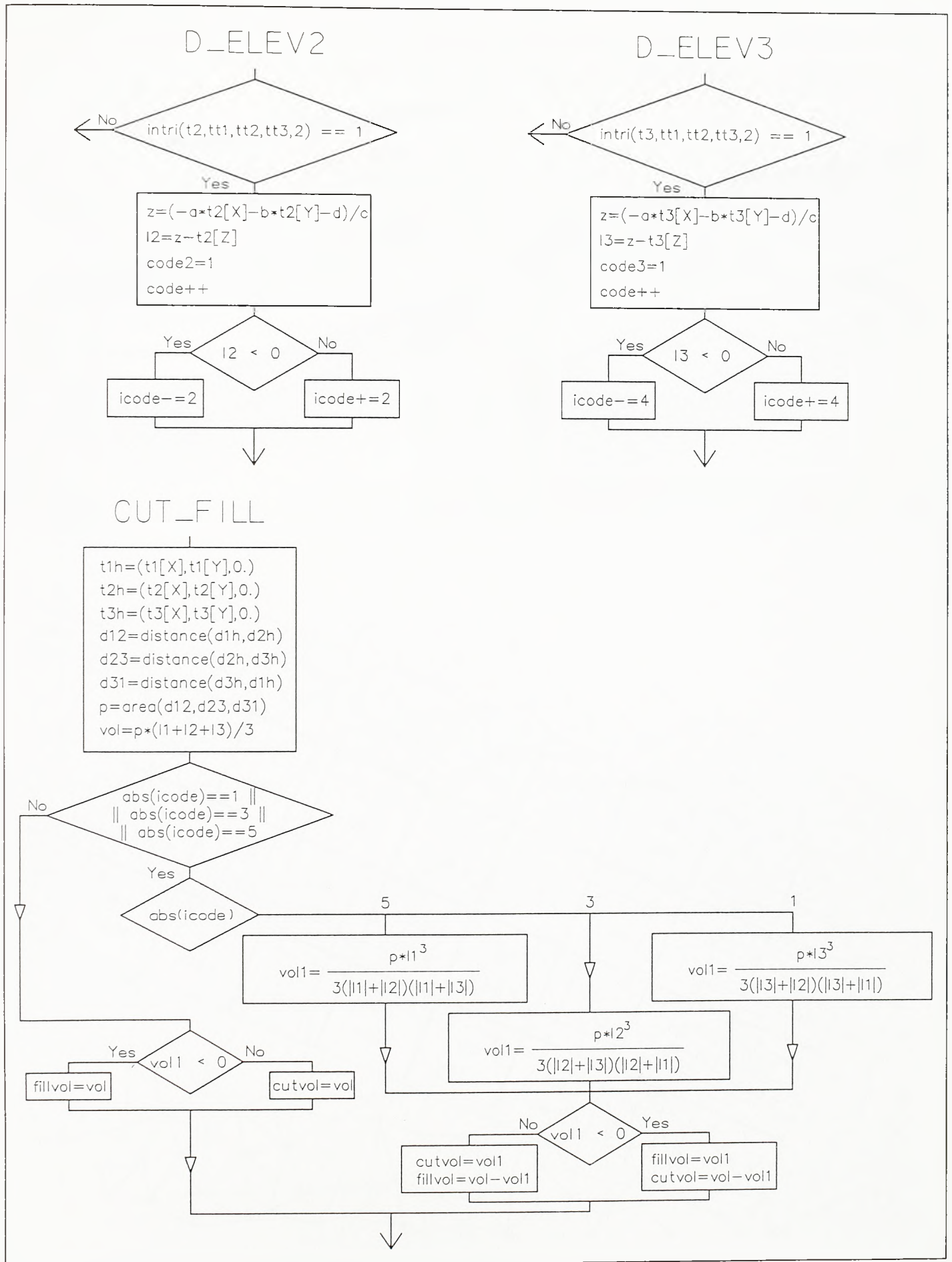
S1.4-83.

Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (šesti deo)

odstojanja od površi terena i više nema potrebe da ciklus i dalje teče. Varijable *code1*, *code2* i *code3* po ulasku u funkciju takođe dobijaju vrednost 0. Kada se teme *t1* nadnese nad neki od trouglova terena *code1* dobija vrednost 1, kada se teme *t2* nadnese nad neki od trouglova terena *code2* dobija vrednost 1, a ako se *t3* nadnese nad neki od trouglova terena *code3* dobija vrednost 1. Ako je *code1* još uvek 0, za trougao terena do koga je ciklus stigao programskom celinom *D_ELEV1* proverava se da li se teme *t1* nadnosi nad njega. Na sličan način stanje varijable *code2* uslovljava poziv programske celine *D_ELEV2*, a stanje varijable *code3* uslovljava poziv programske celine *D_ELEV3*. Kontrola nadnošenja temena *t1*, *t2* ili *t3* nad neki od trouglova terena, odnosno kontrola pripadnosti temena trouglu u planu, sprovodi se pozivom funkcije *intri(t,t1,t2,t3,code)* iz celina *D_ELEV1*, *D_ELEV2* i *D_ELEV3*. Pri tome se za vrednost varijable *code* zadaje 2, što znači da posmatrano teme ostaje na fiksiranoj elevaciji (vidi objašnjenje funkcije *intri(t,t1,t2,t3,code)*).

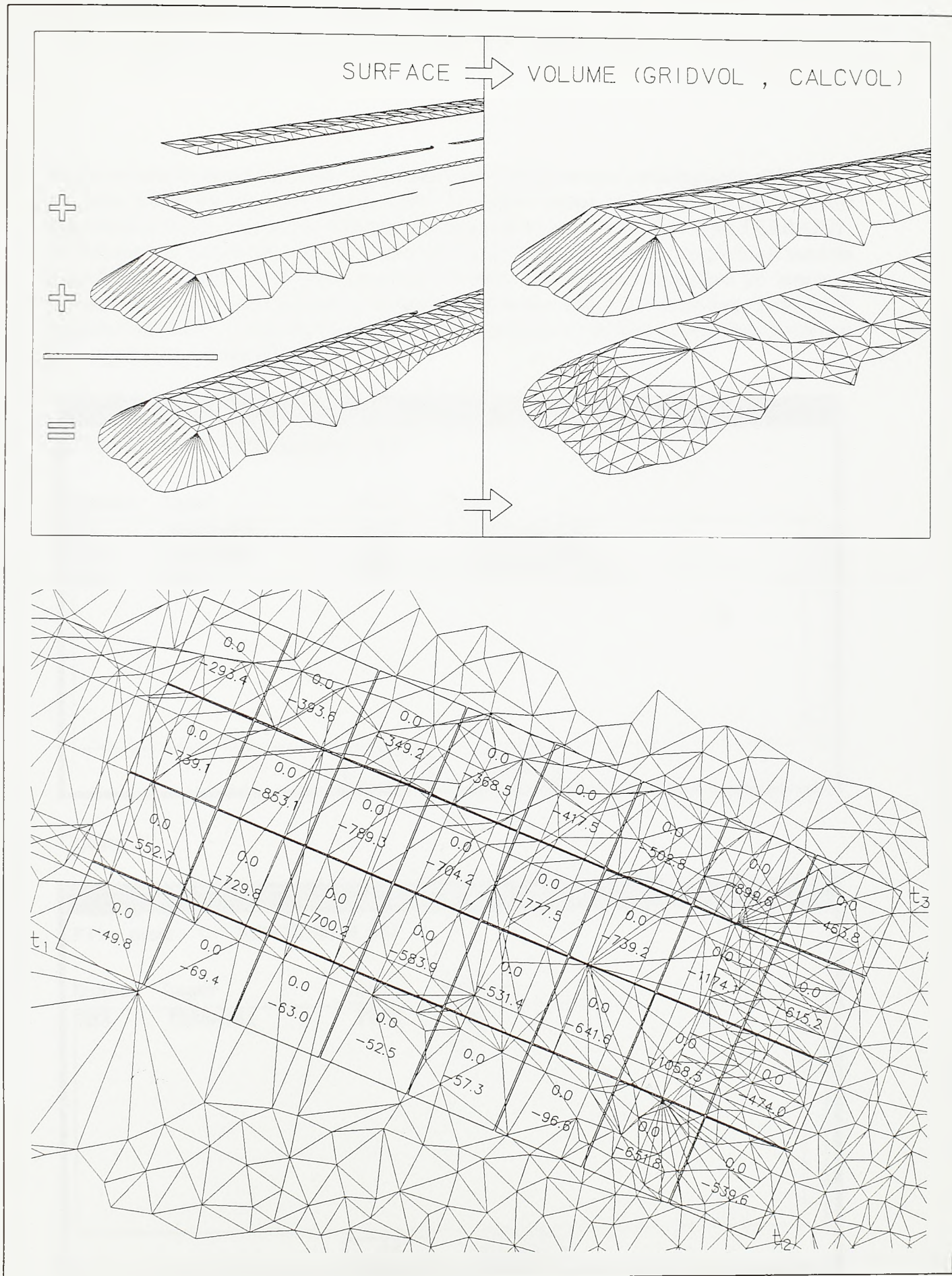
Ukoliko se teme *t1* nalazi iznad terena njegovo vertikalno odstojanje od terena biće negativno, a u suprotnom pozitivno. Ovakva konvencija usvojena je stoga što su zapremine useka pozitivne, a nasipa negativne. Ista konvencija važi za vertikalna odstojanja *l2* i *l3* temena *t2* i *t3* u odnosu na površ terena. Ukoliko je vertikalno odstojanje *l1* negativno vrednost varijable *icode*, koja se po ulasku u funkciju *volume(t1,t2,t3)* postavlja na 0, umanjuje se za 1, a u suprotnom se uvećava za 1. Ukoliko je vertikalno odstojanje *l2* negativno vrednost *icode* se umanjuje za 2, a u suprotnom se uvećava za 2. Ukoliko je vertikalno odstojanje *l3* negativno *icode* se umanjuje za 4, a u suprotnom se uvećava za 4. Na osnovu vrednosti varijable *icode* programska celina *CUT_FILL* (sl. 4-84) jednoznačno rekonstruiše osnovni oblik prizme formirane na osnovu trougla $\Delta t_1 t_2 t_3$. Ukoliko je apsolutna vrednost varijable *icode* jednaka 1, 3 ili 5 prizma je u zaseku. Ako je apsolutna vrednost *icode* jednaka 5, teme *t1* je sa jedne strane površi terena, a temena *t2* i *t3* sa druge. Ako je apsolutna vrednost *icode* jednaka 3, teme *t2* je sa jedne strane površi terena, a temena *t1* i *t3* sa druge. Ako je apsolutna vrednost *icode* jednaka 1, teme *t3* je sa jedne strane površi terena, a temena *t1* i *t2* sa druge. Ukoliko je vrednost zapremine *voll* sa strane usamljenog temena negativna biće dodeljena varijabli zapremine nasipa *fillvol*, a ako je pozitivna biće dodeljena varijabli zapremine useka *cutvol*. Zapremina prizme sa druge strane površi terena računa se pomoću zapremine *voll* i zapremine *vol*, dobijene prema obrascu $vol = P(l_1 + l_2 + l_3)/3$, gde je *P* površina horizontalne projekcije trougla $\Delta t_1 t_2 t_3$. Ukoliko vrednost varijable *icode* nije jednaka nijednoj od prethodno specificiranih vrednosti, zapremina prizme zadržava vrednost *vol* i, ako je pozitivna, dodeljuje se varijabli zapremine useka *cutvol*, a ako je negativna, varijabli zapremine nasipa *fillvol*.

Ovim je zaključen opis matematičkog modela ćelijskog proračuna kubatura zemljanih masa. Što se tiče operativne primene razvijenog softvera, može se reći da je krajnje jednostavna. Pre poziva komandi GRIDVOL i CALCVOL modula VOLUME obično se poziva i komanda SURFACE modula GRADING. Ovom komandom pokreće se editor površi. Editorom se, kako je to na slici 4-85 pokazano, trouglovi po zemljanom trupu objekta grupišu u jedinstvenu površ. Ovi trouglovi, u slučaju poletno-sletne staze STOL aerodroma datog na slici, podeljeni su u tri lejera. U lejeru SUBGRADE nalaze se trouglovi po planumu, u lejeru SHOULDER nalaze se trouglovi po bankini, a u lejeru SLOPE trouglovi po kosini zemljanog trupa. Opcijom JOIN komande SURFACE svi ovi trouglovi grupišu se u jednu površ. Opis površi po zemljanom trupu, dobijen pozivom opcije LIST komande SURFACE, pokazan je kroz dijalog 21.



Sl.4-84.

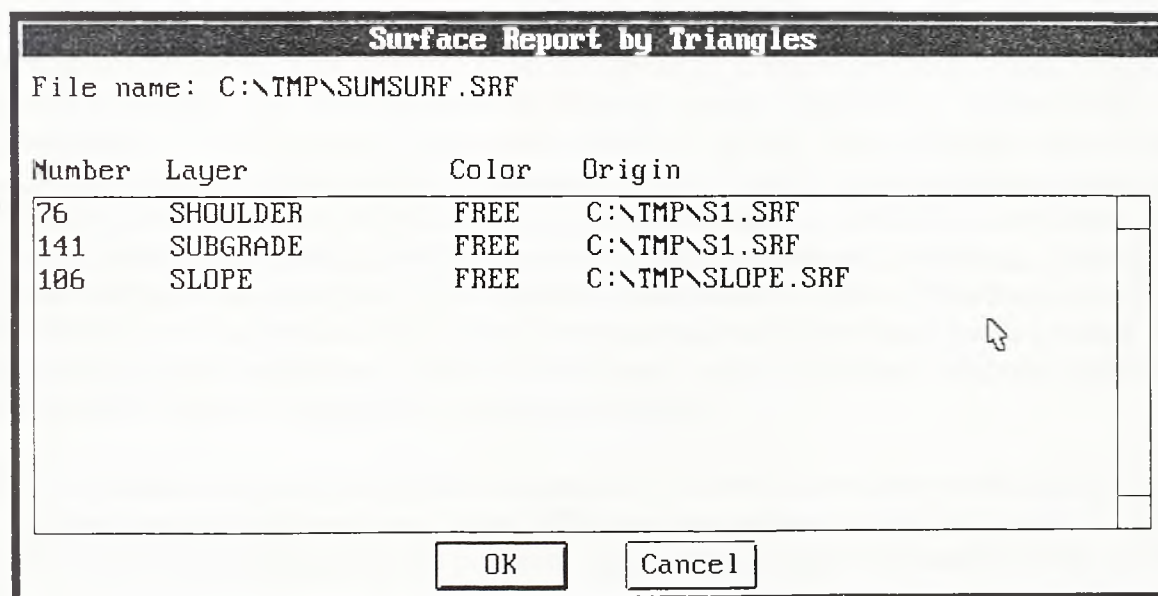
Algoritam ćelijskog proračuna kubatura (sedmi deo)



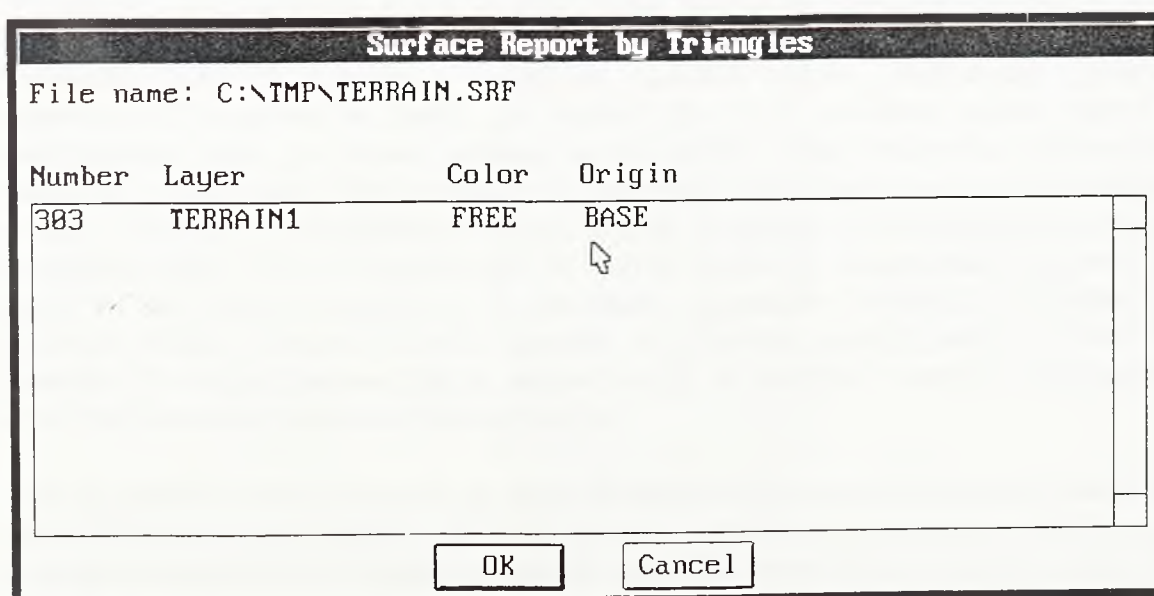
Sl.4-85.

Ćelijski proračun kubatura zemljanih masa na prostornom modelu

Već je rečeno da se pri finalnom digitalnom modeliranju terena u triangulaciju uključuju i prodorne tačke kosina objekta kroz teren. Trouglovi terena koji ostaju unutar obodnih linija kosina objekta obično se stavljaju u poseban lejer, u ovom slučaju lejer TERRAIN1. Isključivanjem vidljivosti sadržaja lejera TERRAIN1 postiže se bolja preglednost modela u grafičkom editoru. A što se proračuna kubatura tiče, od svih trouglova po terenu u proračun kubatura mogu ući samo trouglovi ovog lejera. Stoga se komandom SURFACE modula GRADING trouglovi lejera TERRAIN1 grupišu u posebnu površ. Opis površi po terenu pokazan je kroz dijalog 22.



Dijalog 21.



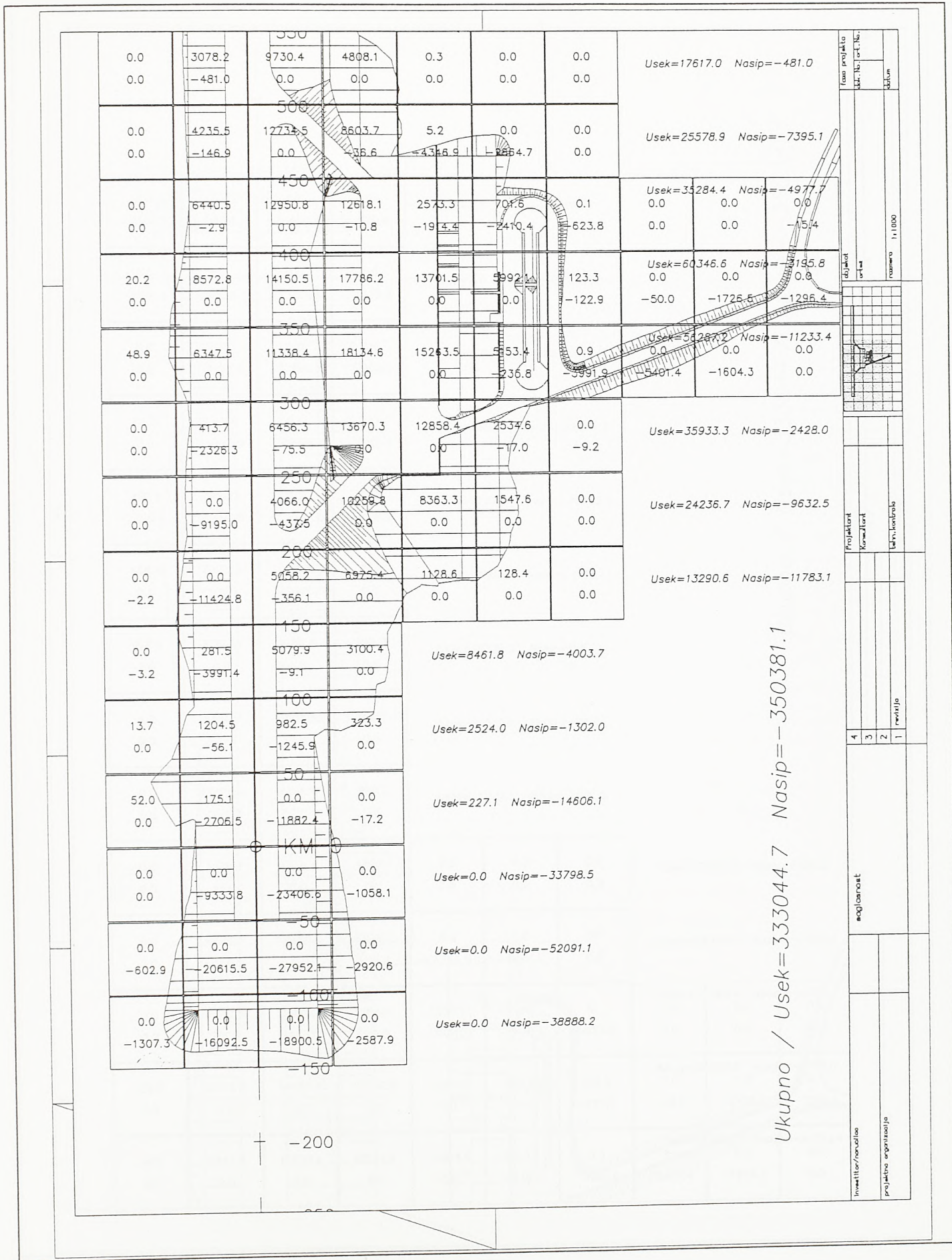
Dijalog 22.

Tako su pozivom editora površi definisane površi po zemljanom trupu i terenu između kojih će biti računane kubature. Sada je potrebno definisati grid po kome će biti obavljen ćelijski proračun kubatura zemljanih masa. Grid se definiše komandom GRIDVOL. Prvo se u tački t_1 bira koordinatni početak grida, a potom se tačkom t_2 određuje direkcioni ugao baze grida. Zatim se zadaje dimenzija ćelije grida. Nakon toga kursor počinje skokovito da se pomera po mogućim čvorovima grida i tako se bira krajnja tačka grida, t_3 . Na kraju se kroz dijalog datoteke zadaje ime datoteke u kojoj će biti sačuvana definicija grida. Ekstenzija datoteke grida za ćelijski proračun kubatura je *.grv*.

Sam ćelijski proračun kubatura zemljanih masa pokreće se pozivom komande CALCVOL. Kroz dijaloge datoteka zadaje se ime površi po zemljanom trupu objekta, ime površi po terenu i ime datoteke sa opisom grida po kome se proračun izvodi. Program izvodi proračun i po ćelijama postavlja blokove imena GRIDCELL. Atribut bloka sa predznakom "-" predstavlja zapreminu nasipa, a atribut bez predznaka predstavlja zapreminu useka u okviru ćelije. Na slikama 4-86 i 4-87 dat je primer ćelijskog proračuna kubatura zemljanih masa na jedinstvenom modelu airdside-a i landside-a aerodroma. Na osnovu rezultata ćelijskog proračuna mogu se ispitati mogućnosti podužnog i poprečnog transporta masa na aerodromu kao celovitom površinskom objektu. Primenom komande SUMVOL ovde je izvršeno i parcijalno i ukupno sumiranje zapremine useka i nasipa. Po pokretanju ove jednostavne komande program sumira vrednosti atributa izabranih GRIDCELL blokova i ispisuje ih na izabranoj poziciji.

Prema pokazanom postupku proračuna zemljanih radova zapremine se računaju između trouglova po površini zemljanog trupa i fiktivne triangulisane mreže po terenu. Čvorne tačke fiktivne triangulisane mreže po terenu predstavljaju projekcije čvornih tačaka mreže po zemljanom trupu, čvornih tačaka grida, kao i presečnih tačaka mreže po zemljanom trupu i izvodnica grida, na teren. Svakako da odstupanja fiktivne mreže u odnosu na originalni TIN model terena postoje ali su ona neznatna. Pri tom treba imati u vidu da i TIN sam po sebi predstavlja aproksimaciju terena. Varijacijom položaja i koraka grida na jednom istom prostornom modelu objekta, što menja uslove podele trouglova po zemljanom trupu na poligone i dovodi do različitih vidova preslikavanja njihovih elementarnih trouglova na teren, pa samim tim i do različitih oblika fiktivnih triangulisanih mreža po terenu, pokazalo se da razlike u tako sračunatim kubaturama zemljanih masa iznose daleko manje od tolerancija propisanih za nivo izvođačkog projekta. Podela na elementarne prizme u osnovi se izvodi iz diskretizovane površine zemljanog trupa. Ova je diskretizacija po pravilu gušća od diskretizacije po terenu i praktično ne postoji mogućnost da proračunu promakne značajniji diskontinuitet terenskih oblika. Teorijski bi bilo moguće da proračun previdi postojanje duboke provalije ili visokog grebena čija je osnova manja od površine trougla po zemljanom trupu i koji se nalaze baš unutar takvog trougla.

Ovaj se postupak može primeniti ne samo za određivanje zapremine useka i nasipa ili slojeva kolovozne konstrukcije, već i za proračun zapremine akumulacije, određivanje kubatura rudnog tela itd. U slučaju proračuna zapremine akumulacionog jezera postupa se suprotno. Za fiktivno projektovano stanje usvaja se površ dna jezera, a za fiktivnu površ terena površina jezera. Mreža trouglova po dnu tada se preslikava na horizontalnu ravan i pri tome ne postoji ni najmanja greška. I u svim drugim slučajevima gde je jedna od površi horizontalna treba je formalno usvojiti za površ po terenu vodeći, naravno, računa o tome da će se predznak zapremine useka i nasipa obrnuti.



Sl.4-86.

Čelijski proračun kubatura zemljanih masa na jedinstvenom modelu airside-a i landside-a (prvi deo)

4.3.9. Prostorna analiza prepreka i zaštićenih zona aerodroma - - modul CLRZONE

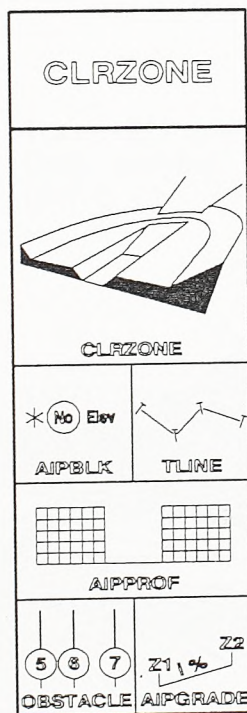
Kroz analizu procesa projektovanja aerodroma, pokazano je da se prvo na lokaciji postojećeg aerodroma utvrđuje konfiguracija sistema poletno-sletnih staza, platformi i objekata terminala koja treba da odgovori zahtevima prognoziranog obima vazdušnog saobraćaja. Ukoliko se na postojećoj lokaciji ne može razviti odgovarajuće konceptijsko rešenje pristupa se izboru nove lokacije aerodroma.

Bilo da se radi o varijanti aerodromskog kompleksa na postojećoj lokaciji ili o nekoj od varijanata na alternativnim lokacijama, prvi nivo istraživanja obuhvata analize zaštićenih zona, buke i vetra. Ove analize imaju eliminatoran karakter. Neke varijante bivaju eliminisane zbog problema buke ili nepovoljnih topografskih uslova i drugih prepreka operacijama vazduhoplova, a ostale varijante se dalje razvijaju i međusobno porede. Komande modula CLRZONE namenjene su prostornoj analizi zaštićenih zona aerodroma, a softverska podrška analize vetra nalazi se u okviru modula UTILITY.

Modul CLRZONE sastoji se od 6 komandi, kako je to pokazano na slici 4-88. Komandom CLRZONE konstruiše se model figure zaštićenih zona, određen površima za ograničavanje prepreka, diskretizovan prostornim trouglovima. Komandom AIPBLK unose se i kodiraju prepreke u zoni aerodroma, a komandom TLIN u plan se unose trase dalekovoda, markantnih i čestih linijskih objekata. Komande AIPPROF, OBSTACLE i AIPGRADE namenjene su formiranju profila prepreka duž prilazne površine i površine za poletanje. Komandom AIPPROF postavlja se osnova, ili grid, profila. Prepreke se unose i kodiraju komandom AIPBLK, a primenom opcije OBSTACLE prenose se u profil. U profilu se, komandom AIPGRADE, mogu konstruisati i kotirati podužni nagibi.

Komandom CLRZONE konstruišu se modeli površi za ograničavanje prepreka. Ovi su modeli diskretizovani prostornim trouglovima. Time se problem proračuna prodora terena kroz površi za ograničavanje prepreka svodi na rešavanje međusobnog prodora grupa prostornih trouglova. Jednu grupu predstavljaju trouglovi po digitalnom modelu terena, a drugu trouglovi modela zaštićenih zona. Po bilo kojoj triangulisanoj prostornoj figuri, već pokazanim postupcima, lako se konstruišu izohipse. Izohipse konstruisane po triangulisanom modelu površi za ograničavanje prepreka definišu visinske limite koje budući objekti u okolini aerodroma ne bi smeli preći. Kroz triangulisani model terena i triangulisani model površi za ograničavanje prepreka mogu se isecati i profili, kako je to pokazano na primerima građevinskih objekata. Kao što se vidi, diskretizacija figure zaštićenih zona, ili površi za ograničavanje prepreka, prostornim trouglovima osnovni je preduslov za računarski podržanu prostornu analizu.

Po pokretanju komande CLRZONE pojavljuje se dijalog 23. Ovde se bira kodni broj poletno-sletne staze, kategorija instrumentalnog prilaza i sama vrsta merodavne operacije, sletanje ili poletanje. Jednim pozivom komande konstruiše se polovina figure zaštićenih zona, kako je pokazano slikom 4-89. Tako se za svaki prag poletno-sletne staze može izabrati zasebna merodavna operacija ili kategorija instrumentalnog prilaza.



Kodiranje prepreka
u planu

Unošenje prepreka
u profil

Modeliranje površi za
ograničavanje prepreka

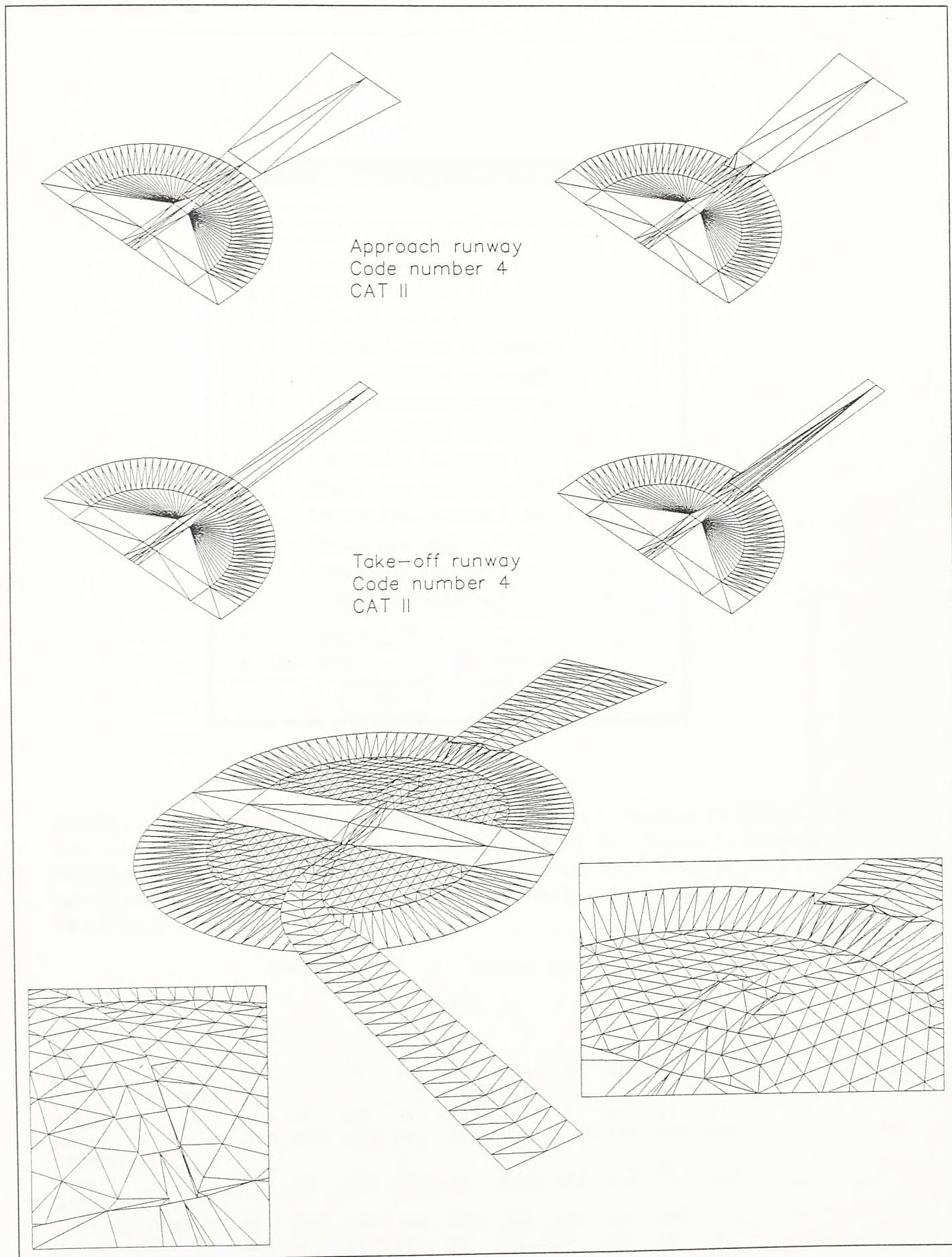
Unos trasa dalekovoda

Postavljanje profila prepreka

Konstrukcija nagiba u profilu

Sl.4-88.

Pregled komandi modula CLRZONE



Sl.4-89.

Prostorni modeli površi za ograničavanje prepreka

Runway Classification

Code number

1 Non-instrument

2 Non-instrument

3 Non-instrument

4 Non-instrument

1 Non-precision approach

2 Non-precision approach

3 Non-precision approach

4 Non-precision approach

1 Precision approach CAT I

2 Precision approach CAT I

3 Precision approach CAT I

4 Precision approach CAT I

3 Precision approach CAT II or III

4 Precision approach CAT II or III

Type of operations

Approach Take-off

OK Cancel

Dijalog 23.

Dimezije potrebne za konstrukciju modela program uzima iz datoteke *CLRZONE.TAB*. Ova datoteka sadrži tabele date Aneksom 14. ICAO [L.52]. Format je slobodan, a deliminatori su prazna mesta ili zapete. Na početku svake linije nalazi se jedna reč sa opisom sadržaja linije. Sadržaj datoteke dat je u nastavku, a u slučaju promene propisa lako se može izmeniti.

code_number	Non-instrument				/ Non-prec. app			/ Precision app.		
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
CONICAL										
Slope	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Height	35	55	75	100	60	75	100	60	100	100
INNER_HORIZONTAL										
Height	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Radius	2000	2500	4000	4000	3500	4000	4000	3500	4000	4000
TRANSITIONAL										
Slope	20	20	14.3	14.3	20	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3
APPROACH										
Inner_edge_length 60	80	150	150	150	300	300	150	300	300	
From_threshold	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Divergence	10	10	10	10	15	15	15	15	15	15
First_section										
Length	1600	2500	3000	3000	2500	3000	3000	3000	3000	3000
Slope	5	4	3.33	2.5	3.33	2	2	2.5	2	2
Second_section										
Length	0	0	0	0	0	3600	3600	12000	3600	3600

Slope	0	0	0	0	0	2.5	2.5	3	2.5	2.5
Horizontal_section										
Length	0	0	0	0	0	8400	8400	0	8400	8400

code number	1	2	3,4							
TAKE-OFF CLIMB										
Inner_edge_length	60	80	180							
From_threshold	30	60	60							
Divergence	10	10	12.5							
Final_width	380	580	1200							
Length	1600	2500	15000							
Slope	5	4	2							

U slučaju konstrukcije prilazne površi otvara se dijalog 24., a u slučaju konstrukcije površine za poletanje dijalog 25. U oba slučaja konstruiše se takozvani Race Track Pattern sastavljen od prelazne, unutrašnje horizontalne i konusne površi. U polja dijaloga automatski se unose vrednosti date propisima ali se one mogu i izmeniti. U donjem desnom delu dijaloga zadaje se dužina poletno-sletne staze i broj pravih segmenata po kružnom luku u osnovi konusne površi.

Obstacle Limitation Surfaces

'RACE TRACK' PATTERN

CONICAL SURFACE	Slope (%):	<input type="text" value="5"/>	Height:	<input type="text" value="100"/>
INNER HORIZONTAL	Height:	<input type="text" value="45"/>	Radius:	<input type="text" value="4000"/>
TRANSITIONAL	Slope (%):	<input type="text" value="14.3"/>		

APPROACH SURFACE	TAKE-OFF CLIMB
Inner edge length: <input type="text" value="300"/>	Inner edge length: <input type="text" value="180"/>
From threshold: <input type="text" value="60"/>	From threshold: <input type="text" value="60"/>
Divergence: <input type="text" value="15"/>	Divergence: <input type="text" value="12.5"/>
First length: <input type="text" value="3000"/>	Final width: <input type="text" value="1200"/>
First slope (%): <input type="text" value="2"/>	Length: <input type="text" value="15000"/>
Second length: <input type="text" value="3600"/>	Slope (%): <input type="text" value="2"/>
Second slope (%): <input type="text" value="2.5"/>	Runway length: <input type="text"/>
Horizontal Length: <input type="text" value="8400"/>	Segments per arc: <input type="text" value="50"/>

Dijalog 24.

Ukoliko se konstruiše prilazna površ dezaktiviran je deo dijaloga kojim se definiše površina za poletanje, a ako se konstruiše površina za poletanja dezaktiviran je deo dijaloga kojim se definiše prilazna površ. Pri konstrukciji površine za poletanje aktivira se i polje kojim se zadaje dimenzija početne širine prilazne površi, što je u stvari širina

osnovne staze. Konstrukcija prelazne površi duž poletno-sletne staze zahteva i ovu dimenziju.

Obstacle Limitation Surfaces			
'RACE TRACK' PATTERN			
CONICAL SURFACE	Slope (%):	<input type="text" value="5"/>	Height: <input type="text" value="100"/>
INNER HORIZONTAL	Height:	<input type="text" value="45"/>	Radius: <input type="text" value="4000"/>
TRANSITIONAL	Slope (%):	<input type="text" value="14.3"/>	
APPROACH SURFACE		TAKE-OFF CLIMB	
Inner edge length:	<input type="text" value="300"/>	Inner edge length:	<input type="text" value="180"/>
From threshold:	<input type="text" value="60"/>	From threshold:	<input type="text" value="60"/>
Divergence:	<input type="text" value="15"/>	Divergence:	<input type="text" value="12.5"/>
First length:	<input type="text" value="3000"/>	Final width:	<input type="text" value="1200"/>
First slope (%):	<input type="text" value="2"/>	Length:	<input type="text" value="15000"/>
Second length:	<input type="text" value="3500"/>	Slope (%):	<input type="text" value="2"/>
Second slope (%):	<input type="text" value="2.5"/>	Runway length:	<input type="text"/>
Horizontal Length:	<input type="text" value="8400"/>	Segments per arc:	<input type="text" value="50"/>
<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Cancel"/>	

Dijalog 25.

Po zatvaranju drugog dijaloga zadaje se tačka na sredini poletno-sletne staze i jedna tačka na osovini poletno-sletne staze sa one strane na kojoj se konstruiše model zaštićenih zona. Potom program konstruiše polovinu figure zaštićenih zona (gornji deo slike 4-89). Ukoliko je figura simetrična, druga polovina dobija se osno simetričnim kopiranjem prve polovine. Ako je figura nesimetrična, komanda CLRZONE poziva se ponovo i druga polovina figure konstruiše se sa suprotne strane, uzimajući istu središnju tačku poletno-sletne staze i tačku na osovini sa suprotne strane. Ukoliko dođe do prodora trouglova po prilaznoj površi (ili po površini za poletanje) kroz konusnu površ, ovaj se prodor rešava primenom komande TRINT modula EDITRI. U gornjem delu slike 4-89 sa leve strane pokazani su neobrađeni modeli zaštićenih zona, a sa desne strane modeli obrađeni komandom TRINT.

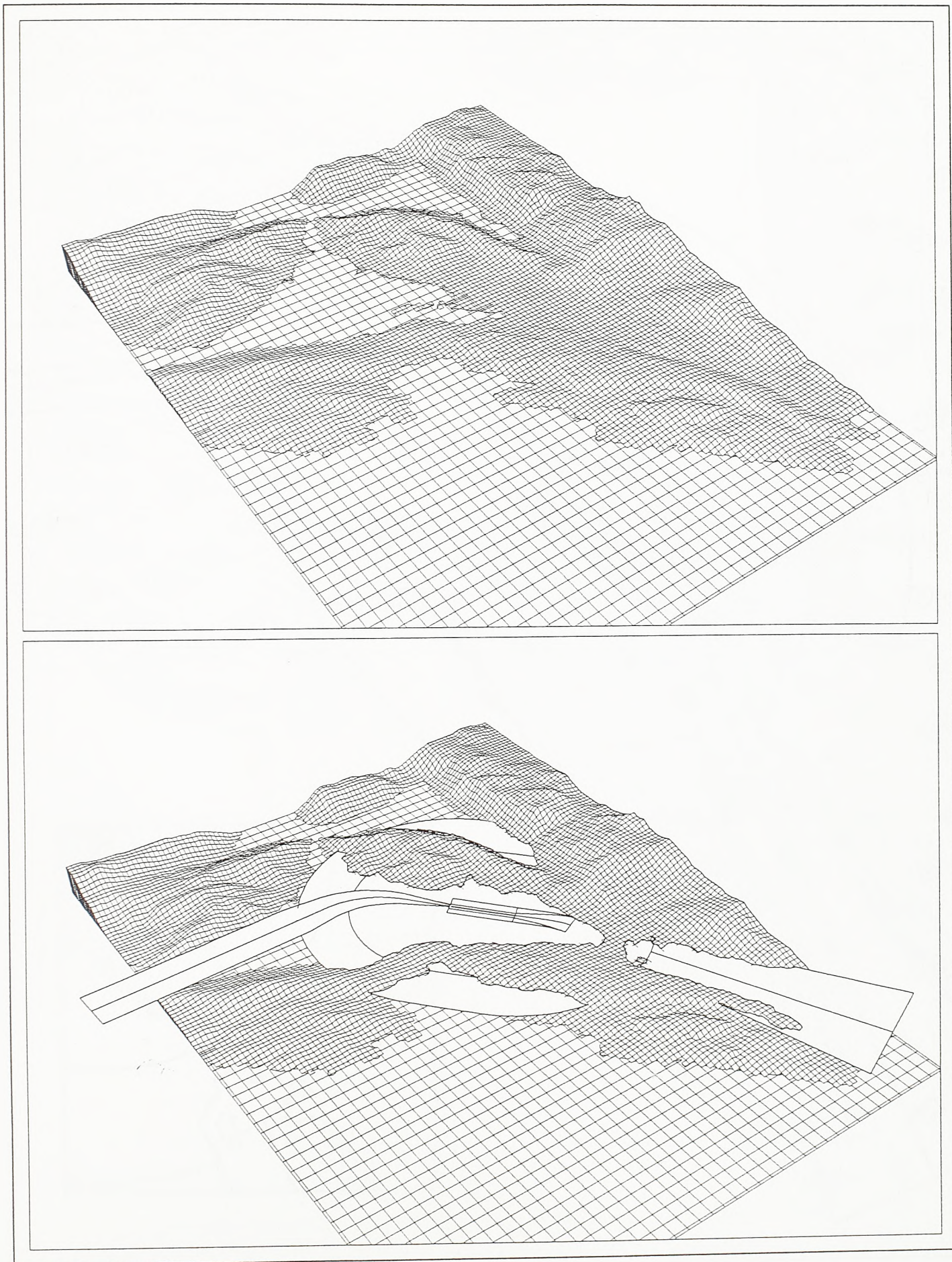
Česti su, međutim, slučajevi u kojima se kote pragova poletno-sletne staze bitno razlikuju ili slučajevi u kojima su putanje prilaza i poletanja zakrivljene. U tim slučajevima pribegava se finijoj obradi modela površi za ograničavanje prepreka. U donjem delu slike 4-89 dat je primer jednog složenijeg modela gde su putanje prilaza i poletanja zakrivljene. Prvo je definisana standardna figura zaštićenih zona, a potom su uklonjeni trouglovi po pravim putanjama prilaza i poletanja. Potom su, duž osovina putanja definisanih u planu,

po podužnom profilu propisanom Aneksom 14. i uz definiciju jednostavnih template-a, komandom 3DMODEL modula TEMPLATE, razvijeni modeli zakrivljenih površi prilaza i poletanja. Prodor prilazne površi kroz konusnu površ obrađen je komandom TRINT. Prelazna površ duž oboda prilazne površi, komandom SLOPE modula GRADING, konstruisana je kao usek. Gornja ivica useka leži na unutrašnjoj horizontalnoj površi. Potom su konstruisane vertikalne površi duž ivica površine za poletanje na delu od osnovne staze do prodora kroz unutrašnju horizontalnu površ. Prvo su duž ivica površine za poletanje postavljene tačke koje su potom komandom PTS2TIN modula SETPOINT podignute u ravan unutrašnje horizontalne površi. Između podignutih tačaka i ivica površine za poletanje, komandom ROW modula TRIUTILS, konstruisane su vertikalne površi. Na kraju su obrisani trouglovi unutrašnje horizontalne površi, a njihovo mesto popunjeno je TIN-om. TIN je generisan između tačaka u osnovi konusne površi, tačaka po obodu prelaznih površi, odnosno tačaka po obodu vertikalnih površi duž ivica površine za poletanje, i proizvoljnog broja tačaka zadatih po regularnom gridu i postavljenih na kotu unutrašnje horizontalne površi.

Na slikama od 4-90 do 4-92 dat je primer kompleksne prostorne analize zaštićenih zona aerodroma. Na slici 4-90 pokazan je grid model terena u okolini aerodroma, kao i međusobni prodor modela terena i modela zaštićenih zona. Topografski uslovi lokacije ispituju se na kartama relativno sitne razmere. To su obično razmere od 1:25000 do 1:50000 (mada međunarodni propisi [L.51] predviđaju razmeru 1:20000). I model na slici 4-90 relativno je grub. Razvijen je na osnovu digitalizovane podloge razmere 1:50000 sa ćelijom grida od 200m. Grid model, zbog svoje plastičnosti, treba koristiti pri generalnom sagledavanju odnosa površi za ograničavanje prepreka i okolnog terena. Kako su ćelije grida sastavljene od uparenih trouglova sa nevidljivom zajedničkom stranicom (dijagonalom), to se međusobni prodor modela terena i modela površi za ograničavanje prepreka dobija primenom komande TRINT. Pri tome se koristi opcija koja generiše LINE entitete po liniji međusobnog prodora.

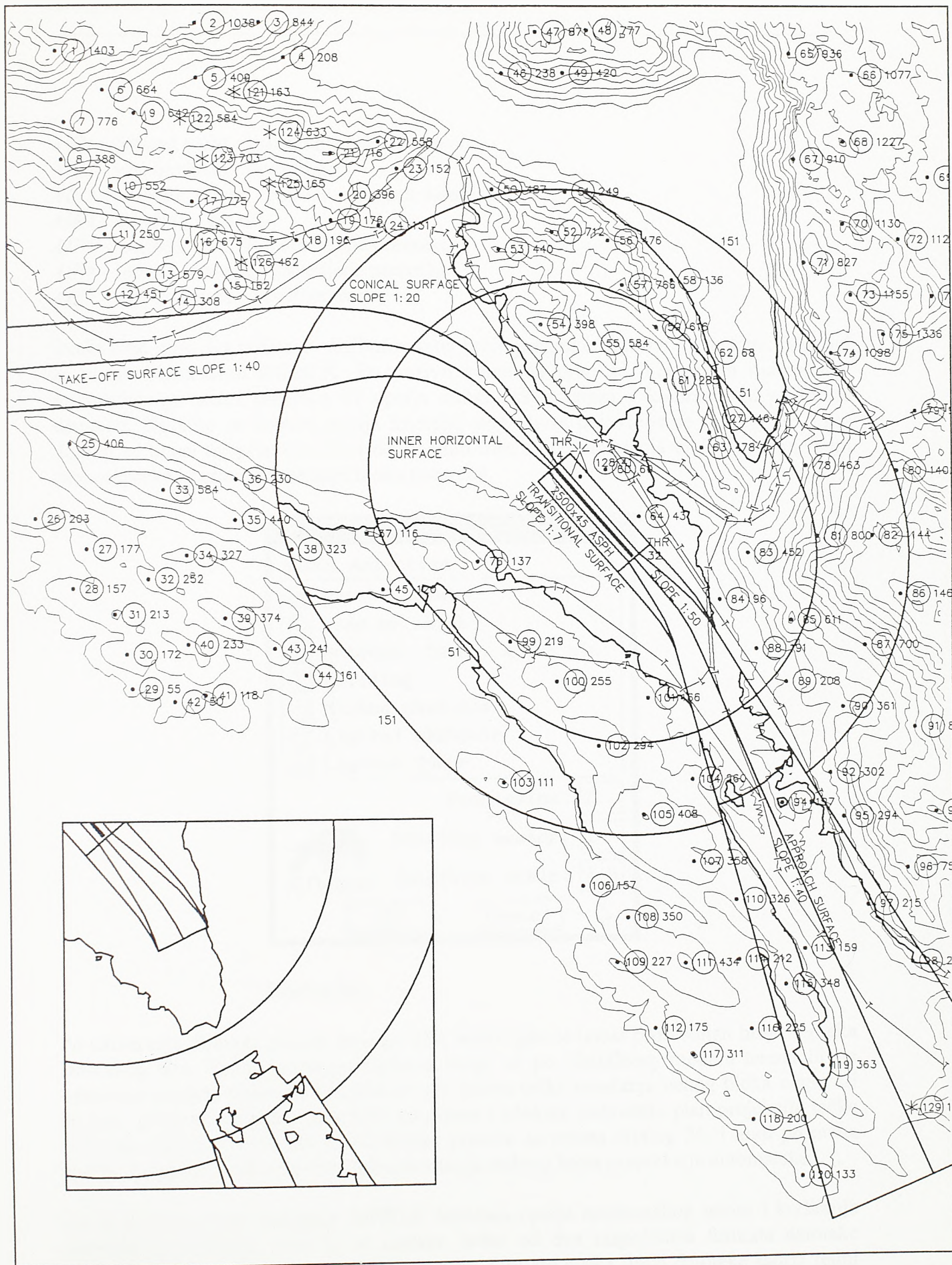
Analizu zaštićenih zona aerodroma na potencijalnim lokacijama treba izvoditi na grid modelu terena, dok se finalna podloga sa prodorima terena kroz zaštićene zone na izabranoj lokaciji radi na osnovu TIN modela terena. Već je rečeno da TIN model, iako manje pregledan, u numeričkom pogledu daje verniju predstavu terena. Na slici 4-91 pokazana je topografska podloga sa modelom zaštićenih zona i prodorima dobijenim na osnovu TIN modela terena. TIN model terena formiran je na osnovu digitalizovane podloge razmere 1:50000 sa ekvidistancom 20m. Zbog preglednosti, na crtežu je uključen samo lejer sa izohipsama na svakih 100m. Pokazane su dve varijante prodora modela terena kroz model zaštićenih zona. Razlike su na delu prilazne površi između prodora kroz konusnu površ i unutrašnju horizontalnu površ. Prema osnovnoj varijanti, zbog složenih topografskih uslova, za merodavan je uzet prodor terena kroz prilaznu površ. Prema skici pokazanoj u donjem levom uglu, za merodavan se mogao uzeti prodor terena kroz unutrašnju horizontalnu i konusnu površ. Na pomenutoj deonici ove površi su na kotama nižim od prilazne.

Na slici 4-91 kodirane su i markantne tačke po terenu i značajnije prepreke u zoni aerodroma. Tako je podloga na slici 4-91 opremljena kao karta prepreka aerodroma tipa B. Blokovi kojima su prepreke kodirane dati su u donjem levom delu slike. Imena blokova su:



Sl.4-90.

Konstrukcija prodora modela terena kroz model površi za ograničavanje prepreka

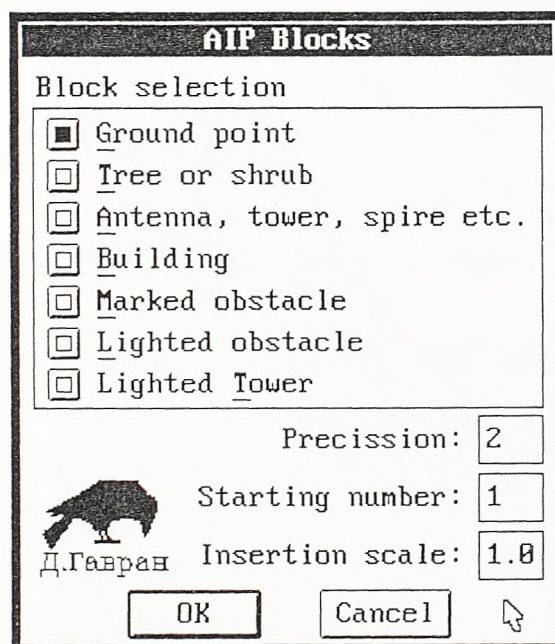


Sl.4-91.

Izrada karte prepreka aerodroma tipa B

- AIP1* - ground point - markantna tačka na terenu
AIP2 - tree or shrub - drvo ili grm
AIP3 - antenna, tower, spire etc. - antena, toranj, stub itd.
AIP4 - building - zgrada
AIP5 - marked obstacle - obeležena prepreka
AIP6 - lighted obstacle - osvetljena prepreka
AIP7 - lighted tower - osvetljen toranj

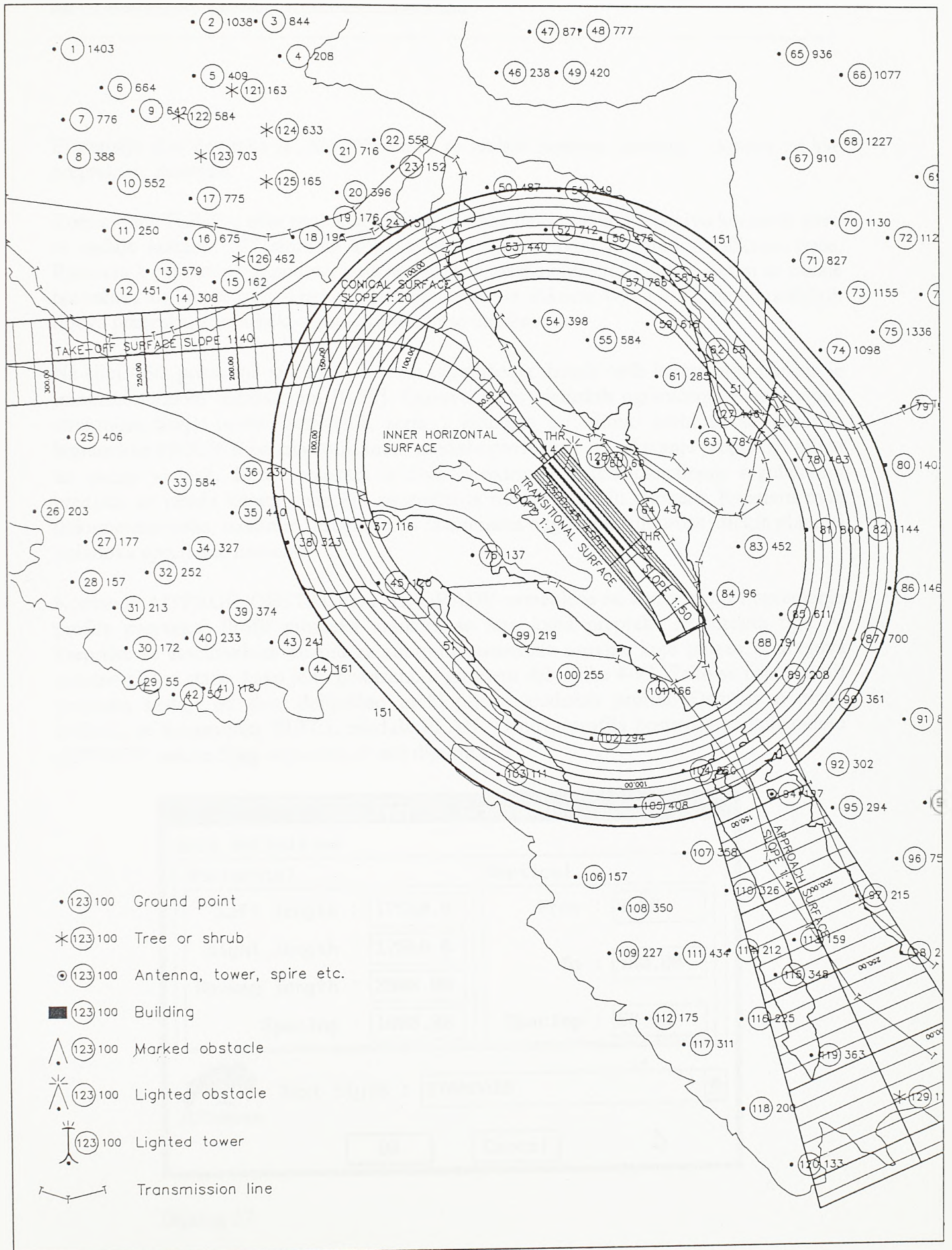
Svaki blok nosi dva atributa - atribut rednog broja prepreke i atribut njene kote. Blokovi se unose komandom AIPBLK. Po pozivu komande prvo se bira opcija manuelnog, interaktivnog, unosa prepreka ili opcija automatskog unosa i kodiranja iz postojeće datoteke. Ukoliko se izabere opcija interaktivnog unosa pojavljuje se dijalog 26. Kroz dijalog se unosi tip prepreke, broj decimalnih mesta kote umetanja bloka, početni redni broj prepreke i razmera umetanja bloka prepreke.



Dijalog 26.

Po zatvaranju dijaloga prelazi se u grafički editor gde se unosi proizvoljan broj prepreka izabranog tipa. Tačke umetanja blokova biraju se po digitalnom modelu terena ili po vrhovima modela objekata. Ukoliko se pre izbora tačke umetanja nekog bloka odgovori brojem, program ga uzima kao kotu umetanja i očekuje zadavanje plan projekcije tačke umetanja bloka. Po prekidu unosa tačaka ponovo se otvara dijalog 26. i nudi promena opcije, na primer, tipa prepreke. Inkrementacija rednog broja prepreke je automatska.

Da je po pokretanju komande AIPBLK izabrana opcija automatskog unosa i kodiranja prepreka iz datoteke, prvo bi se izabrao jedan od dva raspoloživa formata datoteke prepreka; #,E,n,z,# ili #,N,e,z,#. Prema prvom formatu svaka linija datoteke sadrži redni broj prepreke, Y koordinatu (Easting), X koordinatu (northing), kotu i broj bloka prepreke (1 - markantna tačka terena, ... , 7 - osvetljen toranj). Pri tome se kao delimitatori mogu koristiti zapete ili prazna mesta. Prema drugom formatu Y i X koordinata menjaju mesta. Po izboru formata datoteke, kroz dijalog datoteke, zadaje se ime datoteke prepreka.



Sl.4-92.

Izrada karte visinskih ograničenja

Ekstenzija ove datoteke je *.obs*. Na kraju se zadaje razmera umetanja blokova za sve prepreke iz datoteke.

Komandom TLINE u plan projekciju unose se trase dalekovoda. Po pozivu komande prvo se zadaje razmera "T" simbola koji se iscrtavaju na svim prelomnim tačkama trase. Razmera 1 primerena je podlozi koja se aranžira prema razmeri 1:50000. Zatim se zadaje niz tačaka kojima je trasa dalekovoda definisana. Na slikama 4-91 i 4-92, pored različitih tipova prepreka, simbolički su pokazane i trase dalekovoda.

Na slici 4-92 pokazana je karta visinskih ograničenja. Izrada ovih karata preporučena je internacionalnom regulativom [L.59]. Osnovu karte visinskih ograničenja predstavljaju strukturne linije površi zaštićenih zona i izohipse po njima. Izohipse se generišu komandom ISOLINE po triangulisanom modelu površi za ograničavanje prepreka i njima su zadati visinski limiti objekata u zoni aerodroma. Internacionalnom regulativom predlaže se izrada karata visinskih ograničenja relativno sitnih razmera. Razmeru ovih dokumenata treba, međutim, usaglasiti sa razmerama odgovarajućih urbanističkih planova i planova specijalne namene.

Komande AIPPROF, OBSTACLE i AIPGRADE namenjene su konstrukciji i opremanju profila prepreka. Profil prepreka aranžira se kao karta prepreka aerodroma tipa A. Prepreke se stacionažom vezuju za suprotno usmerene osovine koje polaze iz pragova poletno-sletne staze, kako je to pokazano u gornjem delu slike 4-93. Tako se i sam profil prepreka sastoji od dva, delimično preklapljen, podužna profila. Osovine u planu definišu se komandom DEFCL modula PLAN. Osnova profila postavlja se komandom AIPPROF, nakon čijeg se poziva otvara dijalog 27.

AIP Profile Generation

Grid definition

Horizontal	Vertical
Left length : 17560.0	From : 0.00
Right length : 17560.0	To : 400.00
Runway length : 2500.00	Spacing : 50.00
Spacing : 1000.00	

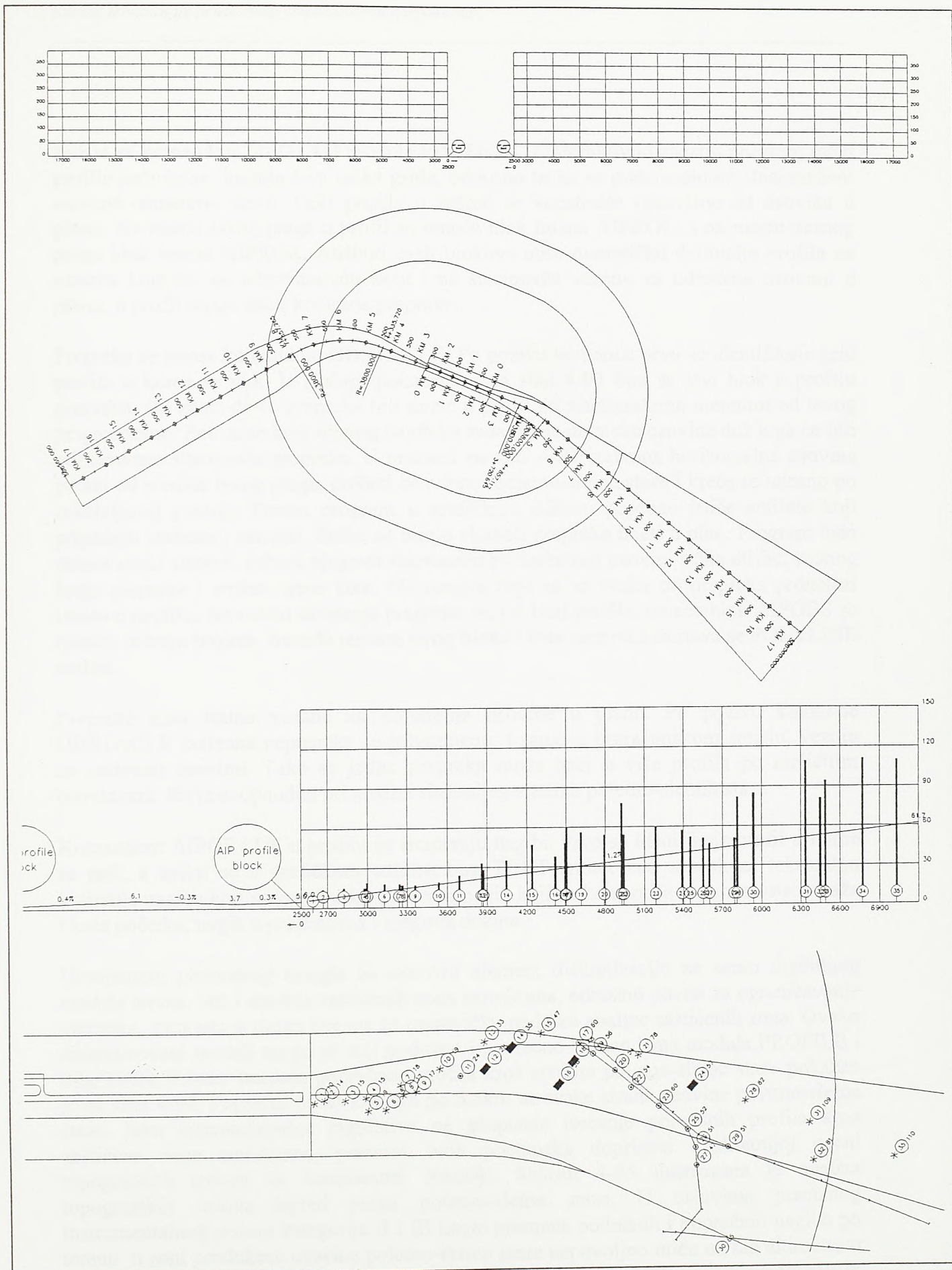
Text style : STANDARD

Д.Гаэраэ

OK Cancel

Dijalog 27.

Kroz dijalog se zadaju dužine preklapljenih profila, dužina poletno-sletne staze (dužina preklapanja), horizontalni i vertikalni korak grida i kote osnove i vrha profila. Za horizontalni i vertikalni korak grida po pravilu se usvajaju 300m i 30m (1000ft i 100ft). Grid profila iscrtava se uz odgovarajuće uvećanje vertikalne razmere. Ovo uvećanje



Sl.4-93.

Postavljanje profila prepreka i unošenje prepreka u profil –
 – izrada karte prepreka aerodroma tipa A

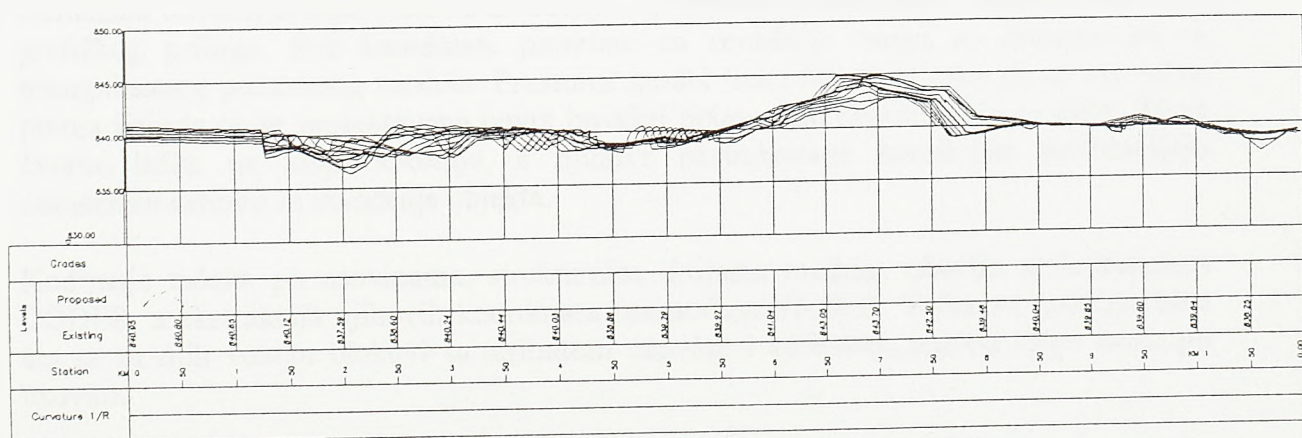
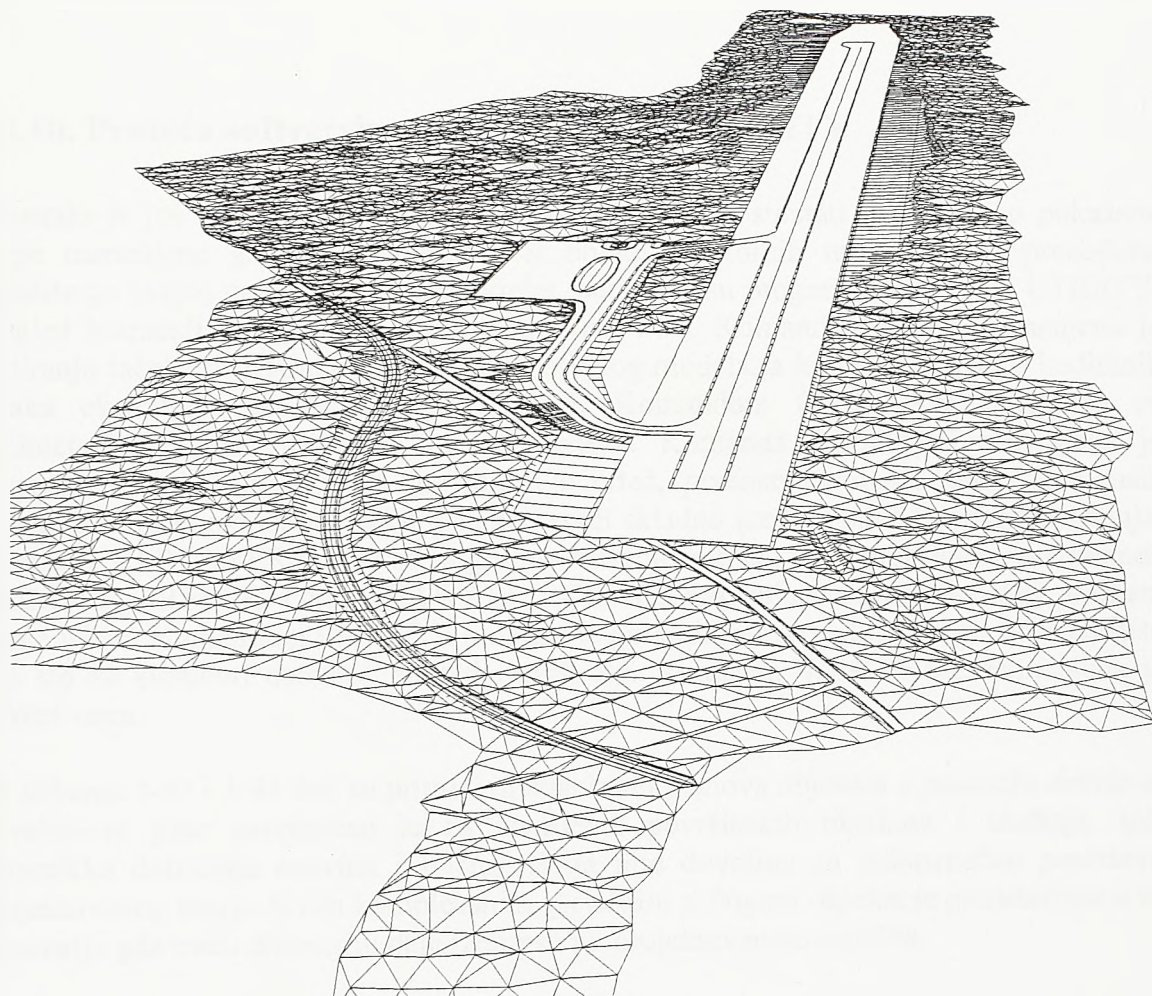
zadaje se komandom VEGZAG modula PROFILE. U interaktivno zadatoj početnoj tački profila naći će se krajnja leva tačka grida, odnosno tačka sa maksimalnom stacionažom osovine usmerene ulevo. Grid profila u suštini se konstruiše nezavisno od osovina u planu. Na mestu levog praga u profil se umeće blok imena AIPROL, a na mestu desnog praga blok imena AIPROR. Atributi ovih blokova nose numeričku definiciju profila na osnovu koje se, na odgovarajuću kotu i na stacionažu vezanu za određenu osovinu u planu, u profil mogu uneti kodirane prepreke.

Prepreke se unose komandom OBSTACLE. Po pozivu komande prvo se identifikuje grid profila u kome se radi. U slučaju pokazanom na slici 4-93 bira se levi blok u profilu prepreka, što znači da će prepreke biti unete u profil po stacionažama merenim od levog praga udesno. Potom se kroz dijalog datoteke zadaje ime datoteke osovine duž koje će biti odmeravane stacionaže prepreka. U primeru na slici 4-93 izabrana horizontalna osovina polazi od sredine levog praga, prolazi osovinom poletno-sletne staze i kreće se udesno po zakrivljenoj putanji. Potom program u grafičkom editoru posebno ističe entitete koji pripadaju izabranoj osovini. Zatim se biraju simboli prepreka uneti u plan. Program tada uzima svaki simbol, računa njegovu stacionažu po izabranoj osovini i čita atribut rednog broja prepreke i atribut njene kote. Na osnovu toga se za svaku od prepreka pronalazi mesto u profilu. Na mestu umetanja prepreke se, pri bazi profila, umeće blok AIPOBS sa njenim rednim brojem. Između temena ovog bloka i kote prepreke iscrtava se POLYLINE entitet.

Prepreke nisu stalno vezane za konkretne osovine u planu. Po pozivu komande OBSTACLE izabrane prepreke se privremeno, i samo u proračunskom smislu, vezuju za izabranu osovinu. Tako se jedna prepreka može naći u više profila po različitim osovinama, što je neophodno pri analizi složenijeg sistema poletno-sletnih staza.

Komandom AIPGRADE u profilu se iscrtavaju nagibi. Prvo se identifikuje profil u kome se radi, a zatim se u grafičkom editoru bira TEXT entitet kao uzorak za tekstualno kotiranje nagiba koji se konstruiše. Za svaki nagib koji se konstruiše zadaju se stacionaža i kota početka, nagib u procentima i njegova dužina.

Usvajanjem prostornog trougla za osnovni element diskretizacije ne samo digitalnog modela terena, već i modela zaštićenih zona aerodroma, odnosno površi za ograničavanje prepreka, stvorena je dobra osnova za numeričku podršku analize zaštićenih zona. Ovako diskretizovani modeli mogu se seći podužno i poprečno komandama modula PROFILE i SECTION. Primer isecanja poprečnog profila kroz sredinu poletno-sletne staze pokazan je na slici 4-94. Poprečni profil zahvata po 6.5km sa svake strane osovine poletno-sletne staze. Iako internacionalna regulativa ne propisuje isecanje poprečnih profila kroz zaštićene zone aerodroma, primena ovih postupaka doprinosi kvalitetnijoj oceni topografskih uslova na analiziranoj lokaciji. Slikom 4-95 ilustrovana je analiza topografskih uslova ispred praga poletno-sletne staze. U uslovima preciznog instrumentalnog prilaza kategorija II i III nagle promene podužnih i poprečnih nagiba po terenu u zoni produžene osovine poletno-sletne staze nepovoljno utiču na rad altimetra u avionu. Stoga su u primeru na slici, u širini od ukupno 120m i na međusobnim rastojanjima od po 10m, ispred praga sečeni paralelni podužni profili. Međunarodnom regulativom [L.51, L.55] date su granične vrednosti promene podužnih nagiba terena i maksimalno dozvoljene visinske razlike po poprečnim profilima u ovoj zoni.



Sl.4-95.

Analiza topografskih uslova ispred praga poletno-sletne staze

4.3.10. Prateća softverska podrška - modul UTILITY

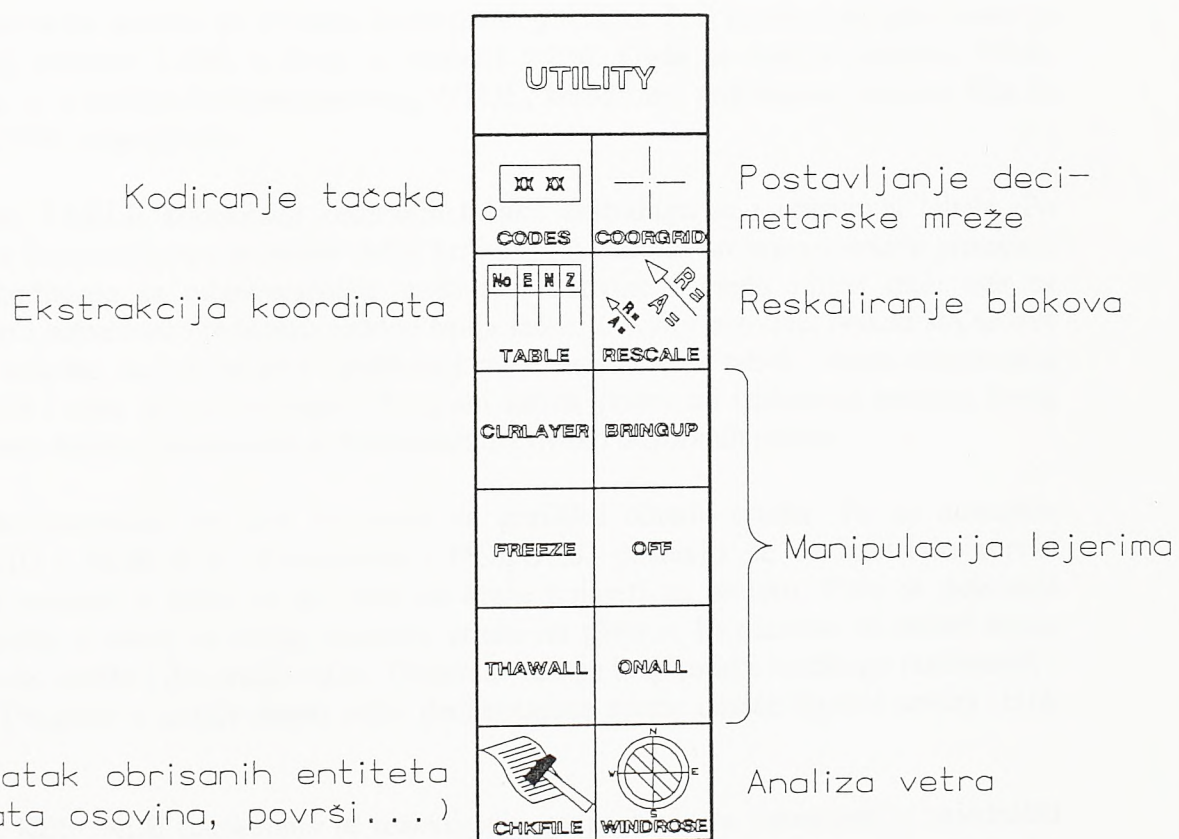
Preostalo je još nekoliko procedura koje se nisu mogle svrstati u prethodno pokazane grupe namenjene građenju i numeričkoj obradi prostornih modela. Ove procedure, različite po svojoj nameni i mestu upotrebe, podržane su programima modula UTILITY. Pregled komandi ovog modula dat je na slici 4-96. Komanda CODES namenjena je kodiranju tačaka duž strukturnih linija prostornog modela, a koordinate ovako kodiranih tačaka ekstrahuju se komandom TABLE. Komandom COORGRID postavlja se decimetarska mreža primerena razmeri crteža. Komanda RESCALE namenjena je grupnom reskaliranju blokova umetnutih u crtež, prvenstveno reskaliranju elemenata kotiranja. Ova komanda je neophodna pri izradi skladno uređene grafičke dokumentacije. Komanda CLRLAYER koristi se za grupno brisanje entiteta izabranog lejera, a komande BRINGUP, FREEZE, OFF, THAWALL i ONALL namenjene su automatskoj promeni stanja lejera. Komandom CHKFILE moguće je povratiti obrisane ključne grafičke entitete kao što su elementi osovina, entiteti površi itd. Komanda WINDROSE namenjena je analizi vetra.

Na slikama 4-97 i 4-98 dati su primeri nivelacionih planova objekata u području airside-a. Nivelacioni plan neophodan je za izvođenje površinskih objekata i ukrštaja, gde numerička definicija osovina i ivičnih linija nije dovoljna za jednoznačnu predstavu projektovanog stanja. Ovim kompleksnim grafičkim prilogom objekat je predstavljen u tri dimenzije gde treću dimenziju daju izohipse po projektovanom objektu.

Ukoliko se primenom prethodno navedenih postupaka formira prostorni model objekta namena nivelacionog plana se menja. Privremeni nivelacioni planovi po površi triangulisanog modela generišu se više puta tokom rada u cilju kontrole primenjenih rešenja. Finalni nivelacioni plan koristi se za analizu uslova oticanja i pozicioniranje elemenata odvodnjavanja. Kote za izvođenje se, međutim, pripremaju nezavisno od ovog grafičkog priloga. Sve koordinate potrebne za izvođenje mogu se ekstrahovati sa triangulisanog prostornog modela. Prostorni model treba formirati tako da se sve tačke prema kojima će se projektovana površ izvoditi pojave kao čvorne tačke modela. Te se čvorne tačke na kraju kodiraju, a njihove ekstrahovane koordinate predstavljaju numeričku osnovu za izvođenje objekta.

Kodiranje tačaka po osovinama, strukturnim linijama modela, obavlja se komandom CODES, a ekstrakcija njihovih koordinata komandom TABLE. Tačke se kodiraju tako što se za njih vezuju blokovi sa atributom osovine i atributom rednog broja tačke po osovini.

Po pozivu komande CODES prvo se zadaje razmera umetanja blokova kodiranja, zatim se daju broj osovine i početni redni broj tačke u okviru osovine, a potom se bira niz tačaka. Prvo se bira tačka, a zatim se pomakom kursora bira položaj samog koda u odnosu na izabranu tačku. Pomakom kursora se, u stvari, bira jedan od četiri raspoloživa tipa bloka kotiranja (CODE1, CODE2, CODE3 ili CODE4) kako bi se izbeglo njegovo preklapanje sa ostalim grafičkim entitetima. Atributi osovine svih kodova unetih jednim pozivom komande CODES biće isti, a inkrementacija rednog broja tačke je automatska.



Sl.4-96.

Pregled komandi modula UTILITY

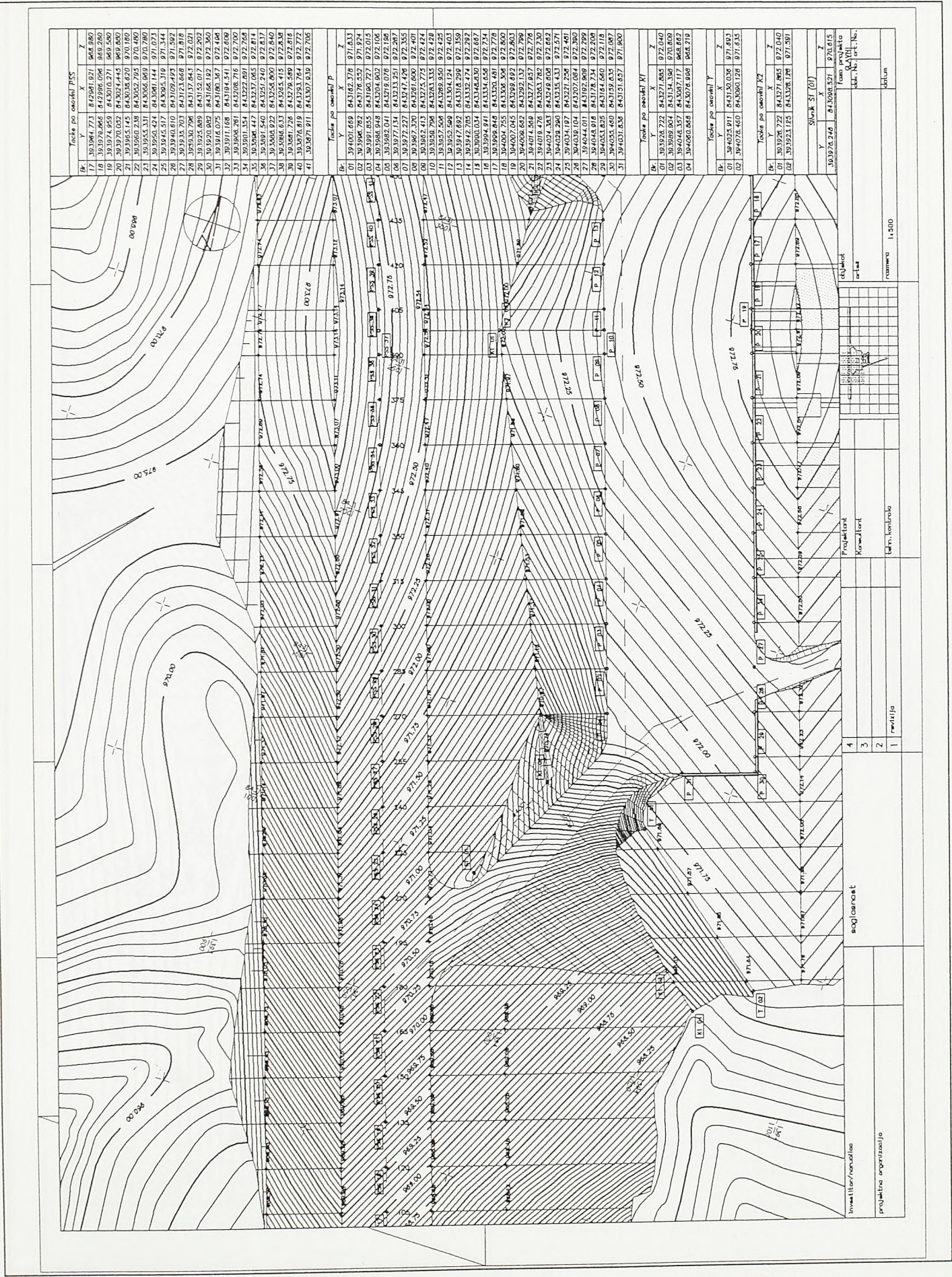
Kodove osovina koji se koriste pri kodiranju tačaka i ekstrakciji koordinata ne treba mešati sa imenima osovina u planu koje postoje kao fizički nizovi nadovezanih entiteta.

U primeru na slici 4-97 dat je nivelacioni plan airside-a na osnovu koga se izvodi poletno sletna staza, osnovna staza i prostor zahvaćen poletno-sletnom stazom i platformom. Ovde su kodirane tačke po osovini poletno-sletne staze, tačke po obodu platforme, kao i sve ključne tačke do čijih se koordinata ne može doći upravnim odmeravanjem odstojanja u odnosu na ove strukturne linije. Horizontalne koordinate svih ostalih tačaka modela potrebnih za izvođenje mogu se dobiti na osnovu horizontalnih koordinata prethodnih tačaka i stoga su označene samo visinskom kotom. Na pozicije ovih tačaka komandom PTSSET modula SETPOINT uneti su POINT blokovi. Nivelacioni plan na slici 4-98 namenjen je izvođenju površine kolovoza ukrštaja poletno-sletne staze i rulne staze. Ovde su kodirane tačke modela po ivicama kolovoznih površina. Prvi nivelacioni plan rađen je u osnovnoj razmeri 1:500, a drugi u razmeri 1:250. Ovde se radi o projektu STOL aerodroma, a u slučaju konvencionalnog, CTOL, aerodroma uobičajene razmere bile bi 1:1000 i 1:500, respektivno.

Komandom TABLE koordinate kodiranih tačaka ekstrahuju se i upisuju u tabele. Po pozivu ove komande prvo se zadaje redni broj osovine. Zatim program u crtežu pronalazi blokove kodiranja sa odgovarajućim atributom osovine i među njima traži one sa najmanjom i najvećom vrednošću rednog broja tačke u okviru osovine. Nakon što se ove vrednosti saopšte, zadaju se prvi i poslednji redni broj tačke u tabeli, visina tekstualnog ispisa tabele i njen gornji levi ugao. Program zatim, počev od izabranog gornjeg levog ugla, iscrtava tabelu i popunjava je koordinatama ovako odabranih tačaka.

Ovde treba pomenuti još dve komande za grafičku obradu crteža. To su komande COORGRID i RESCALE. Komandom COORGRID postavlja se decimetarska mreža primerena razmeri u kojoj će se crtež na kraju pojaviti na ploteru. Prvo se pokazuje početak grida, a zatim se zadaje razmera crteža na ploteru. Razmerom su zadati korak decimetarske mreže i dimenzije opisa. Potom se zadaje broj koraka mreže po horizontali i vertikali. Program u gornje desno polje decimetarske mreže umeće simbol severa (blok imena N).

Komanda RESCALE namenjena je reskaliranju grupa blokova umetnutih u zajednički lejer. Što je razmera crteža na ploteru (ili razmera sagledavanja na monitoru) manja to će, radi čitljivosti, razmera blokova kotiranja i stacioniranja biti veća. Čest je slučaj da se po osovini linijskog objekta, kakav je poletno-sletna staza, postave blokovi stacionaža u većoj razmeri koja odgovara sitnijoj razmeri crteža i u kojoj će moći da se sagleda čitav objekat ili njegov veći deo. Ukrštaj rulne staze i poletno-sletne staze, na primer, sagledava se, projektuje i na ploteru iscrtava u krupnijoj razmeri. Elementi ukrštaja zato se kotiraju i stacioniraju blokovima sitnije razmere. Stoga je pri radu, a svakako pre izlaska na ploter, neophodno urazmeriti dve prethodno pomenute grupe blokova. To se postiže primenom komande RESCALE. Zadatak ove komande je da svim blokovima jednog lejera ili svim blokovima interaktivno izabranog skupa koji pripadaju jednom lejeru zada novu jedinstvenu razmeru umetanja. Po pozivu komande RESCALE prvo se zadaje nova razmera blokova, a potom bira opcija izbora entiteta: svi entiteti jednog lejera ili svi entiteti izabranog skupa koji tom lejeru pripadaju. Zatim se bira entitet koji će poslužiti kao uzorak za lejer. Ukoliko se zada prva opcija izbora biće reskalirani svi blokovi specificiranog lejera, a u slučaju izbora druge opcije bira se proizvoljan skup entiteta u



Tačke po oznaci Y55

Br.	Y	X	Z
16	30.1984.721	84.2041.921	968.882
17	30.1970.865	84.2096.096	969.260
18	30.1974.859	84.2010.271	969.590
20	30.1970.032	84.2024.445	969.800
21	30.1965.145	84.2038.620	970.060
22	30.1955.331	84.2052.795	970.320
24	30.1950.424	84.2066.970	970.580
25	30.1945.517	84.2081.144	970.840
26	30.1940.610	84.2095.319	971.100
27	30.1935.703	84.2109.493	971.360
28	30.1930.796	84.2123.668	971.620
29	30.1925.889	84.2137.843	971.880
30	30.1920.982	84.2152.018	972.140
31	30.1916.075	84.2166.192	972.400
32	30.1911.168	84.2180.367	972.660
33	30.1906.261	84.2194.541	972.920
34	30.1901.354	84.2208.716	973.180
35	30.1896.447	84.2222.891	973.440
36	30.1891.540	84.2237.066	973.700
37	30.1886.633	84.2251.240	973.960
38	30.1881.726	84.2265.415	974.220
39	30.1876.819	84.2279.589	974.480
40	30.1871.912	84.2293.764	974.740
41	30.1867.005	84.2307.939	975.000

Tačke po oznaci P

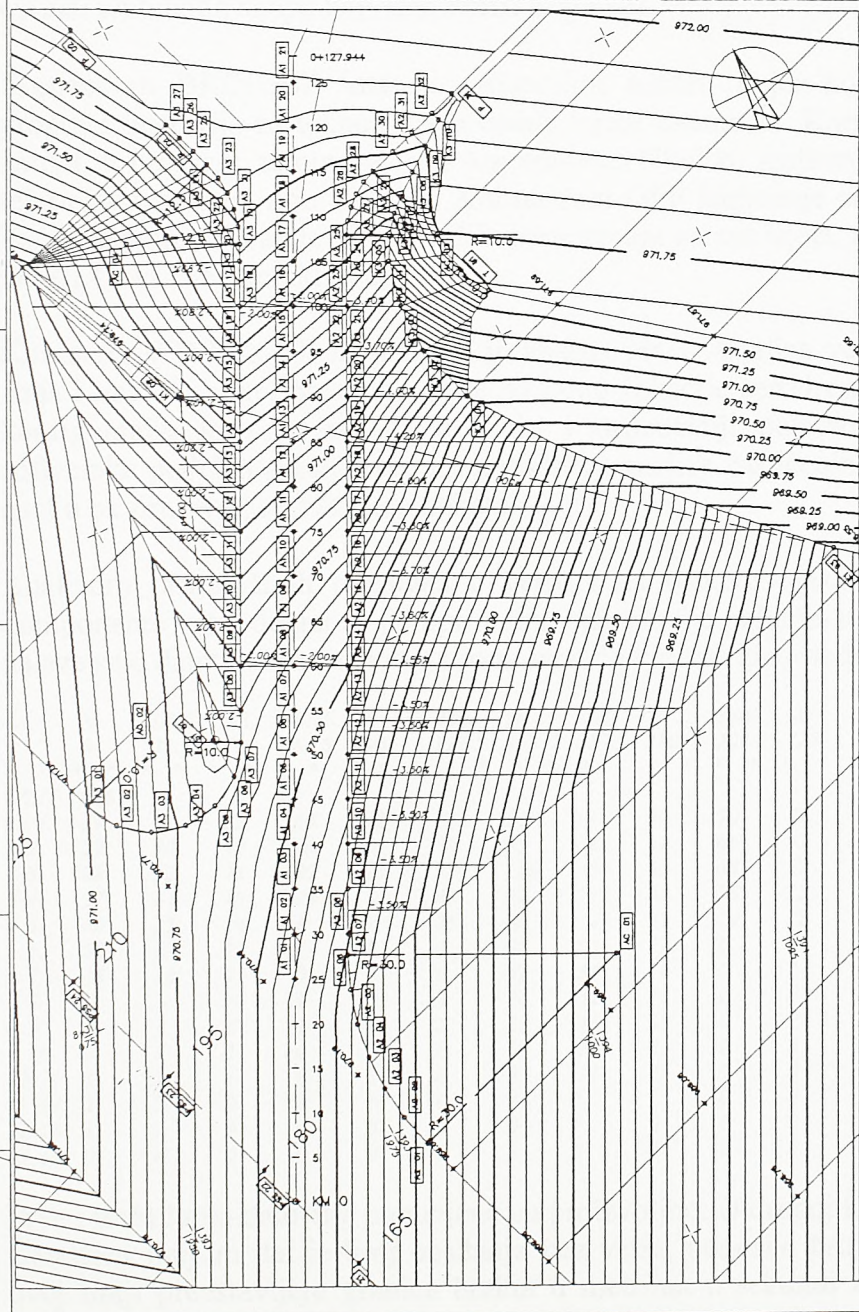
Br.	Y	X	Z
01	30.1984.669	84.176.176	971.811
02	30.1984.265	84.176.532	971.824
03	30.1981.655	84.180.727	972.015
04	30.1986.848	84.204.602	972.106
05	30.1982.041	84.218.078	972.196
06	30.1977.134	84.232.351	972.287
07	30.1972.227	84.246.624	972.377
08	30.1967.320	84.260.897	972.468
09	30.1962.413	84.275.170	972.558
10	30.1957.506	84.289.443	972.648
11	30.1952.599	84.303.716	972.739
12	30.1947.692	84.317.989	972.829
13	30.1942.785	84.332.262	972.919
14	30.1937.878	84.346.535	973.009
15	30.1932.971	84.360.808	973.099
16	30.1928.064	84.375.081	973.189
17	30.1923.157	84.389.354	973.279
18	30.1918.250	84.403.627	973.369
19	30.1913.343	84.417.900	973.459
20	30.1908.436	84.432.173	973.549
21	30.1903.529	84.446.446	973.639
22	30.1898.622	84.460.719	973.729
23	30.1893.715	84.475.000	973.819
24	30.1888.808	84.489.273	973.909
25	30.1883.901	84.503.546	973.999
26	30.1878.994	84.517.819	974.089
27	30.1874.087	84.532.092	974.179
28	30.1869.180	84.546.365	974.269
29	30.1864.273	84.560.638	974.359
30	30.1859.366	84.574.911	974.449
31	30.1854.459	84.589.184	974.539
32	30.1849.552	84.603.457	974.629
33	30.1844.645	84.617.730	974.719
34	30.1839.738	84.632.003	974.809
35	30.1834.831	84.646.276	974.899
36	30.1829.924	84.660.549	974.989
37	30.1825.017	84.674.822	975.079
38	30.1820.110	84.689.095	975.169
39	30.1815.203	84.703.368	975.259
40	30.1810.296	84.717.641	975.349
41	30.1805.389	84.731.914	975.439

Tačke po oznaci X

Br.	Y	X	Z
01	30.1982.971	84.5130.036	977.993
02	30.1978.460	84.5060.128	977.635
03	30.1974.950	84.5000.220	977.277
04	30.1971.440	84.4940.312	976.919
05	30.1967.930	84.4880.404	976.561
06	30.1964.420	84.4820.496	976.203
07	30.1960.910	84.4760.588	975.845
08	30.1957.400	84.4700.680	975.487
09	30.1953.890	84.4640.772	975.129
10	30.1950.380	84.4580.864	974.771
11	30.1946.870	84.4520.956	974.413
12	30.1943.360	84.4461.048	974.055
13	30.1939.850	84.4401.140	973.697
14	30.1936.340	84.4341.232	973.339
15	30.1932.830	84.4281.324	972.981
16	30.1929.320	84.4221.416	972.623
17	30.1925.810	84.4161.508	972.265
18	30.1922.300	84.4101.600	971.907
19	30.1918.790	84.4041.692	971.549
20	30.1915.280	84.3981.784	971.191
21	30.1911.770	84.3921.876	970.833
22	30.1908.260	84.3861.968	970.475
23	30.1904.750	84.3802.060	970.117
24	30.1901.240	84.3742.152	969.759
25	30.1897.730	84.3682.244	969.401
26	30.1894.220	84.3622.336	969.043
27	30.1890.710	84.3562.428	968.685
28	30.1887.200	84.3502.520	968.327
29	30.1883.690	84.3442.612	967.969
30	30.1880.180	84.3382.704	967.611
31	30.1876.670	84.3322.796	967.253
32	30.1873.160	84.3262.888	966.895
33	30.1869.650	84.3202.980	966.537
34	30.1866.140	84.3143.072	966.179
35	30.1862.630	84.3083.164	965.821
36	30.1859.120	84.3023.256	965.463
37	30.1855.610	84.2963.348	965.105
38	30.1852.100	84.2903.440	964.747
39	30.1848.590	84.2843.532	964.389
40	30.1845.080	84.2783.624	964.031
41	30.1841.570	84.2723.716	963.673

Projekat: _____
 Krov: _____
 Datum: _____
 Skala: 1:500

Sl.4-97. Kodiranje tačaka na modelu i ekstrakcija njihovih koordinata (prvi deo)



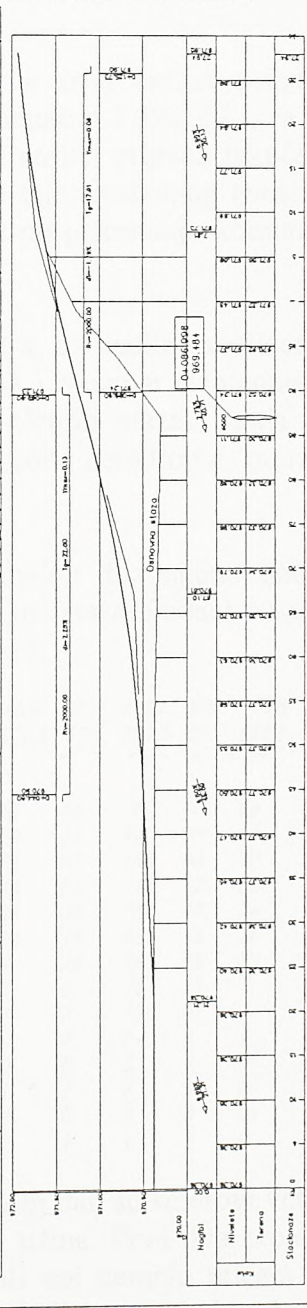
Tačke po osovini AI			
Br.	Y	X	Z
01	393972.795	845070.556	970.899
02	393974.000	845078.056	970.924
03	393977.164	845079.553	970.449
04	393981.531	845084.559	970.689
05	393983.271	845095.046	970.531
06	393985.602	845092.544	970.576
07	393988.006	845102.041	970.633
08	393990.271	845108.539	970.703
09	393992.453	845111.038	970.665
10	393994.648	845120.532	970.867
11	393996.830	845124.529	971.107
12	394001.193	845133.524	971.370
13	394003.561	845135.022	971.489
14	394005.930	845142.017	971.688
15	394012.115	845151.615	971.789
16	394014.299	845156.012	971.635
17	394018.483	845168.510	971.884

Tačke po osovini AII			
Br.	Y	X	Z
01	393977.987	845097.394	969.982
02	393978.648	845095.063	970.097
03	393976.384	845056.067	970.146
04	393976.973	845062.660	970.180
05	393977.868	845066.677	970.312
06	393979.346	845078.311	970.341
07	393982.261	845076.630	970.295
08	393984.746	845091.430	970.337
09	393986.830	845095.927	970.371
10	393989.114	845098.425	970.413
11	393991.299	845094.922	970.460
12	393993.483	845095.063	970.509
13	393995.668	845103.918	970.563
14	393997.852	845108.415	970.665
15	394000.037	845112.913	970.760
16	394002.221	845117.410	970.862
17	394004.405	845124.908	970.969
18	394006.589	845134.405	971.076
19	394008.774	845135.903	971.250
20	394010.959	845135.401	971.349
21	394013.143	845139.898	971.500
22	394014.726	845142.396	971.589
23	394016.311	845145.894	971.631
24	394017.894	845146.135	971.659
25	394018.708	845146.081	971.684
26	394020.144	845147.609	971.704
27	394021.037	845148.071	971.729
28	394022.083	845150.535	971.837

Tačke po osovini AIII			
Br.	Y	X	Z
01	393974.467	845097.884	971.001
02	393982.439	845094.617	970.915
03	393985.548	845092.861	970.875
04	393991.159	845091.658	970.681
05	393976.159	845093.777	970.658
06	393974.912	845096.887	970.677
07	393980.505	845100.185	970.702
08	393982.689	845104.463	970.753
09	393984.873	845099.161	970.653
10	393986.242	845103.155	971.000
11	393991.477	845122.653	971.107
12	393992.611	845127.151	971.227
13	393995.796	845131.648	971.359
14	393997.000	845138.146	971.480
15	394002.144	845145.141	971.689
16	394003.174	845146.840	971.716
17	394004.371	845150.381	971.774
18	394004.477	845152.539	971.796
19	394003.742	845156.300	971.841
20	394003.001	845154.506	971.638
21	394002.360	845160.382	971.638
22	394001.689	845162.378	971.633

Tačke po osovini AIV			
Br.	Y	X	Z
01	394006.371	845057.385	---
02	394003.416	845138.140	---
03	394001.930	845152.501	---

Tačke po osovini AIII			
Br.	Y	X	Z
01	394010.679	845120.334	970.501
02	394016.574	845127.139	970.931
03	394016.358	845135.778	971.185
04	394018.430	845140.276	971.428
05	394020.234	845142.367	971.518
06	394021.860	845145.730	971.578
07	394024.073	845145.019	971.664
08	394026.313	845146.838	971.625
09	394028.233	845146.838	971.625



Imetitelj/nacionalna projektna organizacija	Projektni Kontrolni Upravitelj	Projektni Kontrolni Upravitelj	Broj lista 1 od 1	Lok. No. i od. No.	Datum										
						Imetitelj/nacionalna projektna organizacija	Projektni Kontrolni Upravitelj	Broj lista 1 od 1	Lok. No. i od. No.	Datum					
											Imetitelj/nacionalna projektna organizacija	Projektni Kontrolni Upravitelj	Broj lista 1 od 1	Lok. No. i od. No.	Datum

Sl.4-98.

Kodiranje tačaka na modelu i ekstrakcija njihovih koordinata (drugi deo)

kome program pronalazi blokove koji pripadaju specificiranom lejeru i zadaje im novu razmeru umetanja.

Komande CLRLAYER, BRINGUP, FREEZE, OFF, THAWALL i ONALL namenjene su manipulaciji lejerima. Pri radu treba računati sa postojanjem jednog ili više pomoćnih lejera čiji će sadržaj na kraju biti obrisan. Sadržaj ovih lejera može se obrisati komandom CLRLAYER. Komanda CLRLAYER, isto kao i komanda RESCALE, nudi dve opcije izbora entiteta specificiranog lejera koji će biti obrisani: svi entiteti jednog lejera ili svi entiteti izabranog skupa koji tom lejeru pripadaju.

Komandom BRINGUP bira se proizvoljni entitet. Lejer kome ovaj entitet pripada program postavlja za tekući, a sve ostale lejere zamrzava. Komandom FREEZE bira se entitet, a program zamrzava lejer tog entiteta. Ukoliko izabrani entitet pripada tekućem lejeru zamrzavanje nije moguće. Komandom OFF isključuje se lejer izabranog entiteta. Po pokretanju komande THAWALL odmrzavaju se svi lejeri, a po pokretanju komande ONALL svi lejeri se uključuju.

Komanda WINDROSE namenjena je analizi vetra. Analiza vetra, uz analizu zaštićenih zona i analizu buke, presudno utiče na izbor lokacije aerodroma i njegovu elementarnu konfiguraciju koja se ogleda u broju i orijentaciji poletno-sletnih staza. Stoga se softverska podrška analize vetra, uz podršku analize zaštićenih zona aerodroma, morala naći u okviru ovog softverskog paketa.

Analizom raspoloživih podataka o vetru i na osnovu maksimalne dozvoljene bočne komponente vetra dolazi se do optimalne orijentacije poletno-sletne staze. Podaci o vetru nalaze se u datotekama sa ekstenzijom *.wnd* čija je sadržina sledeća:

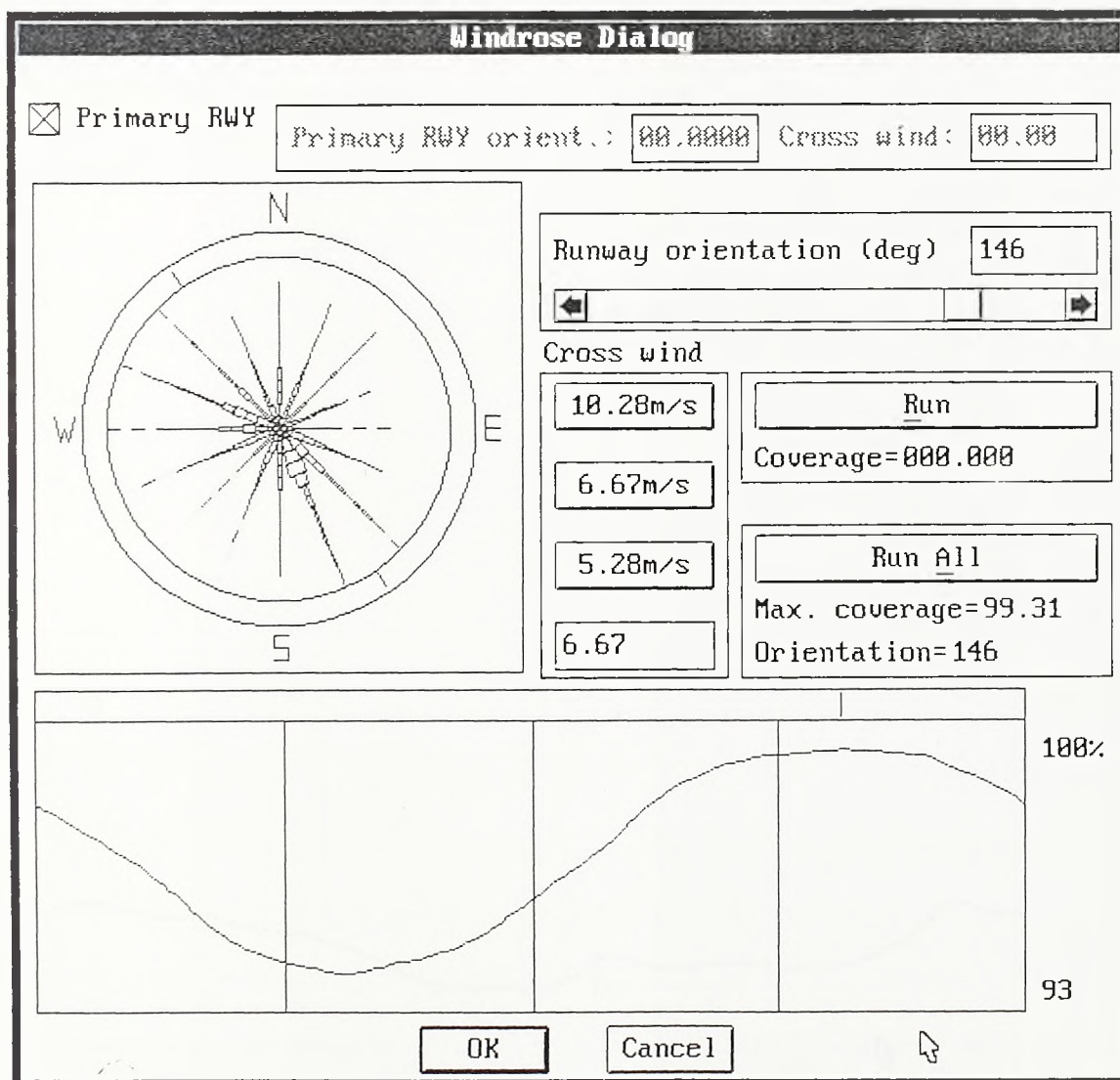
<i>dir</i>	<i>N</i>	<i>NNE</i>	<i>NE</i>	<i>ENE</i>	<i>E</i>	<i>ESE</i>	<i>SE</i>	<i>SSE</i>	<i>S</i>	<i>SSW</i>	<i>SW</i>	<i>WSW</i>	<i>W</i>	<i>WNN</i>	<i>NW</i>	<i>NNW</i>
	0	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0 0.1	366															
0.1 1	21	61	32	64	32	61	59	61	40	70	37	55	64	76	50	34
1 2	22	50	40	46	22	70	89	114	52	66	47	68	52	94	53	63
2 3	28	52	23	27	13	72	109	174	59	68	27	71	82	106	46	37
3 4	37	44	15	20	13	43	82	213	63	36	12	46	62	110	52	32
4 5	30	23	14	4	2	28	86	143	35	24	13	24	53	78	47	24
5 6	13	13	1	1	0	4	37	52	11	6	0	16	10	23	13	16
6 7	18	10	4	0	1	6	42	54	14	6	2	9	26	28	18	15
7 8	6	3	2	1	0	2	24	32	7	1	0	2	9	11	11	5
8 9	7	4	1	0	1	5	25	46	4	0	2	3	2	13	7	4
9 10	5	3	1	0	0	0	17	27	2	1	0	0	4	5	6	1
10 11	1	2	1	0	0	0	9	11	3	0	0	0	0	2	4	0
11 12	2	0	0	0	0	0	4	9	1	0	0	1	1	1	3	0
12 13	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13 14	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	1	1	0

Prva i treća linija datoteke popunjene su proizvoljno. U drugoj liniji dati su smerovi vetra. Četvrtom linijom dat je broj opažanja bez vetra, odnosno broj tišina. Prva dva broja u ovoj liniji predstavljaju granice brzina u metrima u sekundi ali oni nemaju uticaja na proračun već samo na grafički izlaz. Potom slede linije u kojima prva dva broja predstavljaju granice brzina vetra, a ostali opažanja vetra tog intenziteta po smerovima.

Ukoliko je dozvoljena bočna komponenta vetra za zadatu kategoriju aviona V_{doz} , tada će dozvoljena brzina vetra V iz smera koji se sa smerom poletno-sletne staze preseca pod uglom α biti:

$$V = V_{doz} / \sin \alpha$$

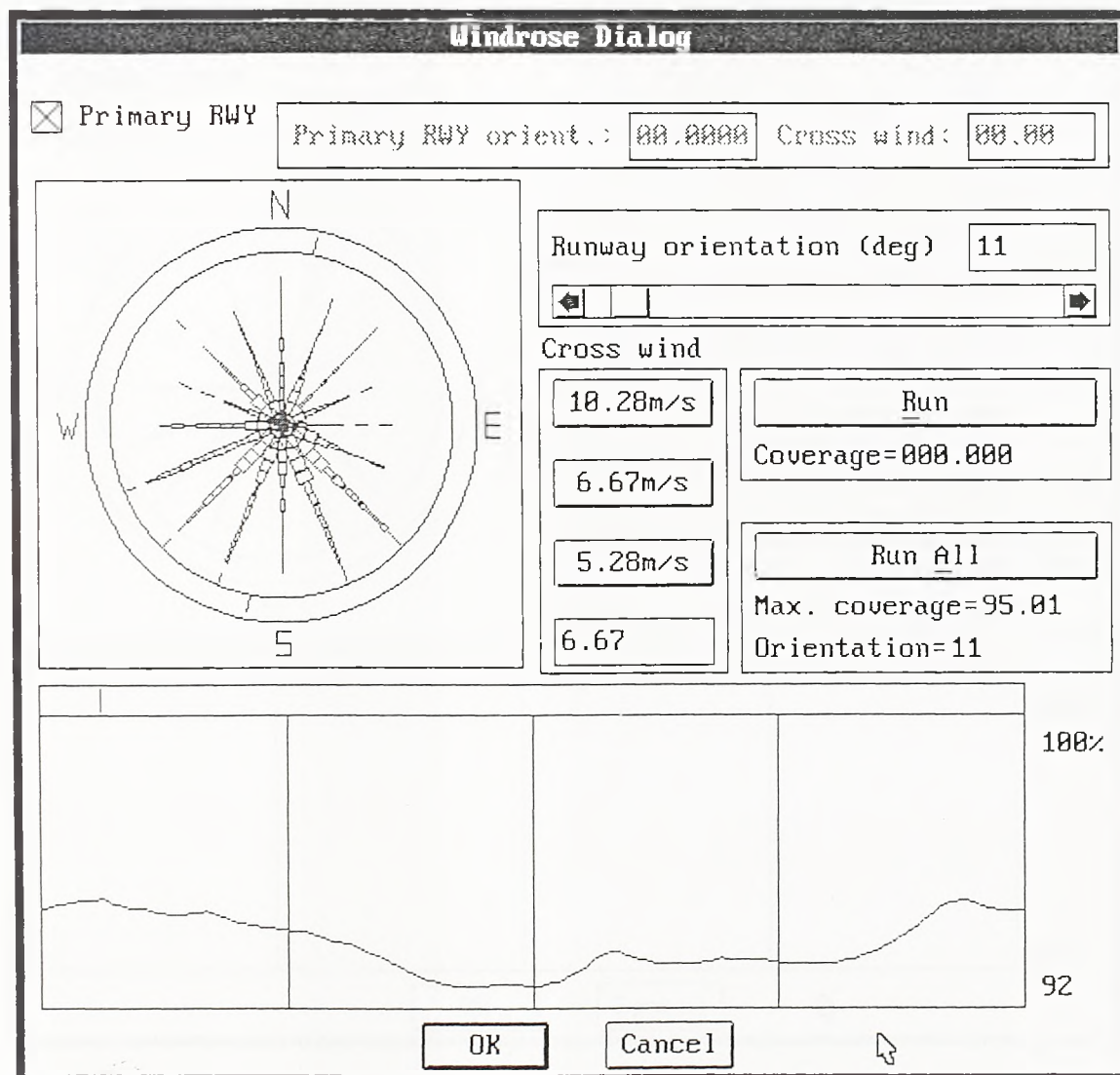
Za usvojenu orijentaciju poletno-sletne staze i za svaki od smerova vetra utvrđuje se broj pojava vetra koji će dati bočnu komponentu veću od dozvoljene. Neke će se klase brzina vetra u celini, a neke delimično, pridružiti broju nepovoljnih opažanja. Time je određen i procenat povoljnih opažanja, odnosno sam koeficijent upotrebljivosti sa stanovišta vetra.



Dijalog 28.

Po pokretanju komande WINDROSE, prvo se kroz dijalog datoteke zadaje ime datoteke sa podacima o vetru. Program čita sadržaj datoteke i otvara dijalog 28. U polju sa leve strane dijaloga program iscrta ružu vetrova. Desno od ruže vetrova su polja kroz koja se nude standardne dozvoljene bočne komponente vetra za pojedine kategorije aviona. Izborom bočne komponente vetra njena vrednost automatski se upisuje u polje u dnu. U ovo se polje može upisati i neka nestandardna vrednost bočne komponente vetra. Pomoću klizača sa desne strane bira se orijentacija poletno-sletne staze. Pomeranjem klizača sa leva na desno menja se vrednost direkcionog ugla poletno-sletne staze od 0° do 180°. Klizač je dinamički povezan sa poljem iznad sebe i sa markerima na obodu ruže vetrova.

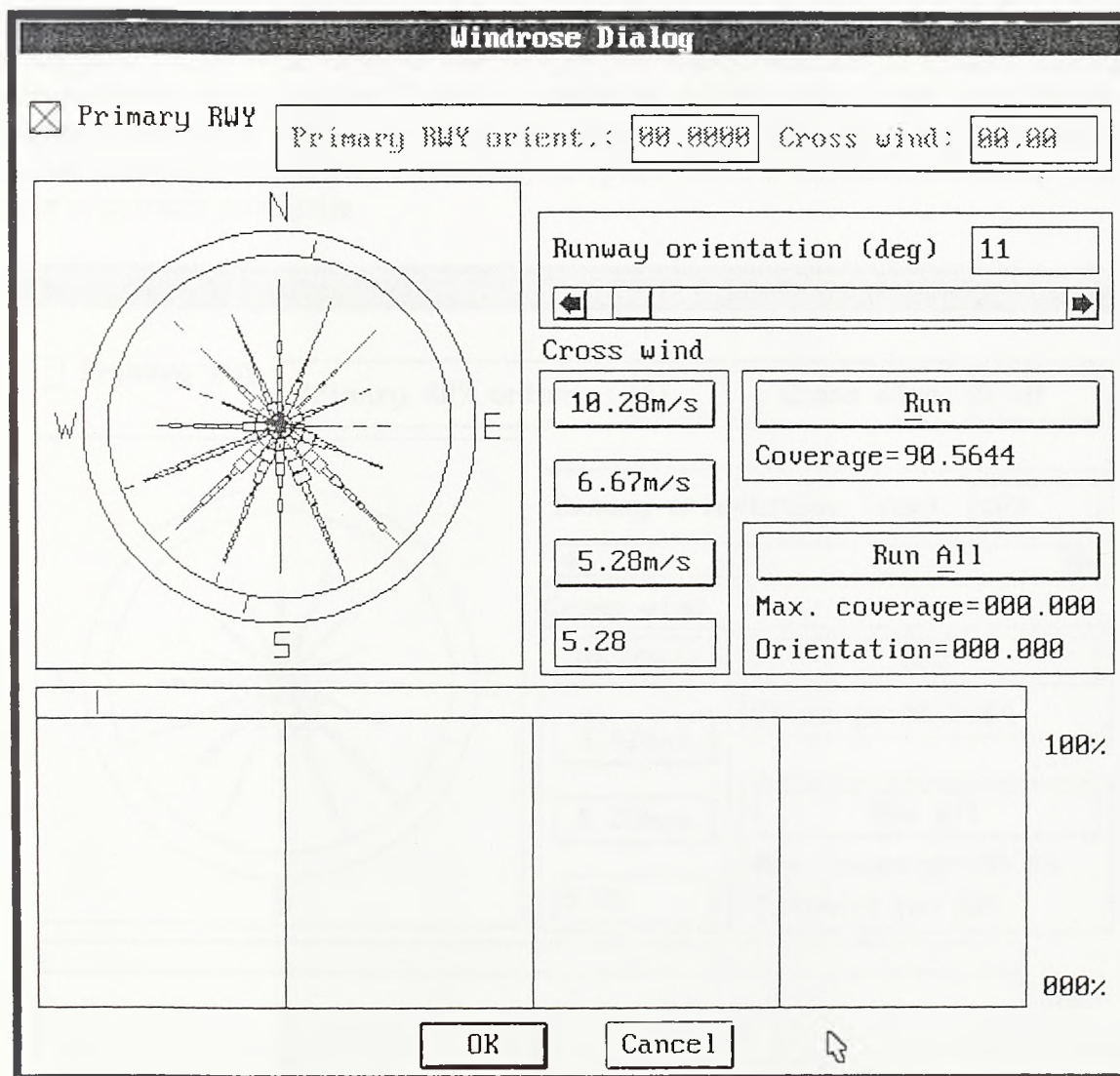
Pomeranjem klizača dinamički se menja numerička vrednost ugla u polju iznad. U ovo polje može se i manuelno upisati vrednost direkcionog ugla, što opet izaziva automatsko pomeranje klizača i pomenutih markera. Izborom opcije RUN pokreće se proračun koeficijenta upotrebljivosti za orijentaciju poletno-sletne staze zadatu poljem iznad klizača i za dozvoljenu bočnu komponentu vetra zadatu u dnu njene rubrike. Po završetku proračuna ispod polja se ispisuje koeficijent upotrebljivosti ili pokrivenost vetra (coverage).



Dijalog 29.

Izborom opcije RUNALL program, sa inkrementom od 1° , rotira poletno-sletnu stazu od 0° do 180° i za svaki od položaja računa koeficijent upotrebljivosti. Sračunati maksimalni koeficijent upotrebljivosti i optimalna orijentacija poletno-sletne staze sa stanovišta vetra ispisuju se u rubrikama ispod. U donjem delu dijaloga program iscrta funkciju promene koeficijenta upotrebljivosti za orijentacije od 0° do 180° . Na mestu optimalne orijentacije postavlja se marker koji je u dinamičkoj vezi sa klizačem orijentacije i poljem iznad klizača.

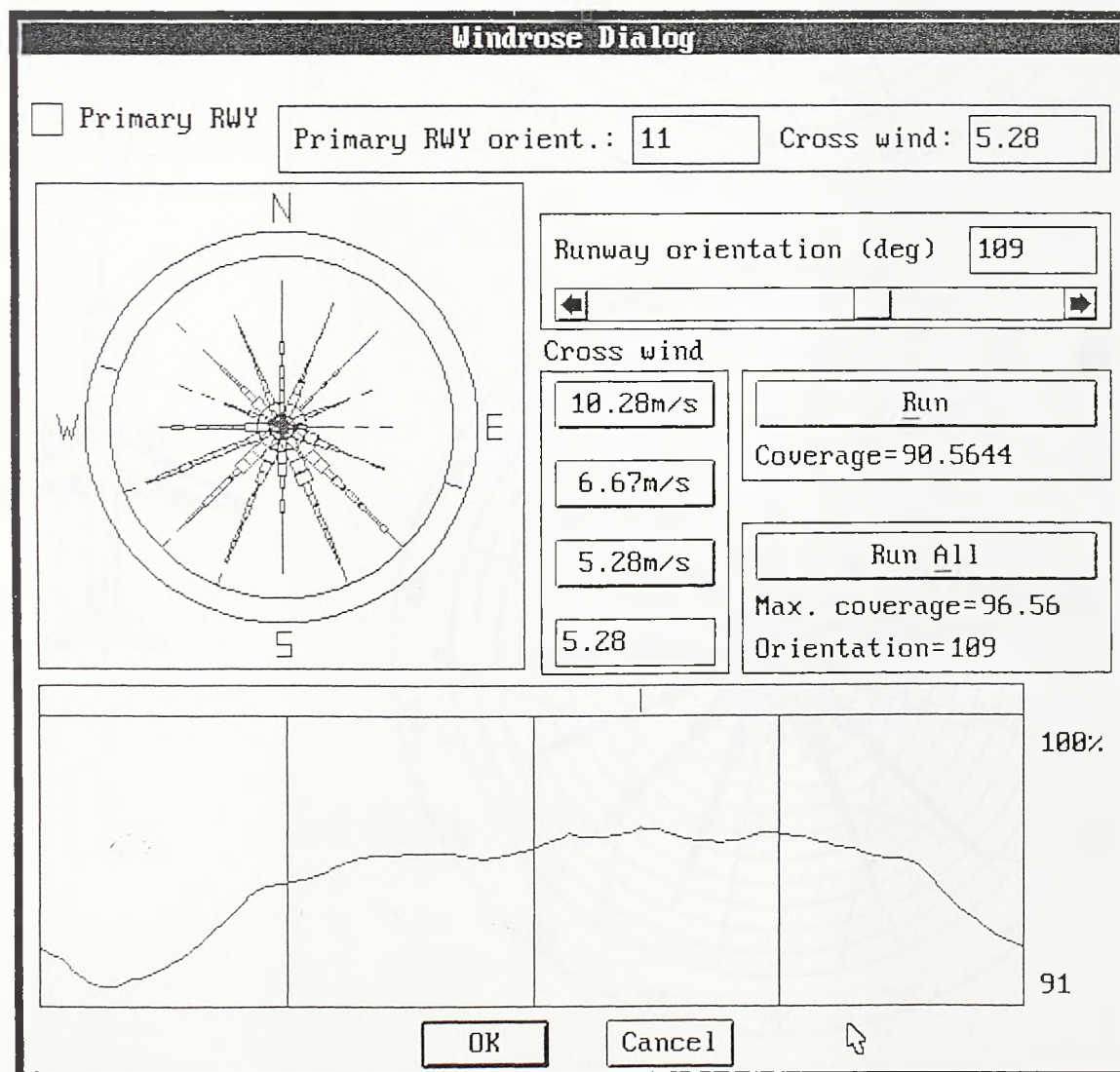
Ukoliko je koeficijent upotrebljivosti sa stanovišta vetra na nivou godine manji od 95% prema preporukama ICAO [L.53] treba planirati vetrenu stazu. Ruža vetrova i dijagram promene koeficijenta upotrebljivosti u dijalogu 29. formirani su na osnovu podataka o vetru koji ne daju tako povoljnu sliku kao u prethodnom slučaju. Za dozvoljenu bočnu komponentu vetra od 6.67m/s program je utvrdio optimalnu orijentaciju poletno-sletne staze pod 11° sa koeficijentom upotrebljivosti 95.01%.



Dijalog 30.

Za lakše tipove aviona sa dozvoljenom bočnom komponentom vetra od 5.28m/s, orijentacija od 11° daje koeficijent upotrebljivosti od svega 90.56% (dijalog 30.). Stoga se pristupilo određivanju optimalne orijentacije vetrene staze namenjene ovim tipovima aviona. Isključeno je polje "Primary RWY" i u aktivirana polja "Primary RWY orient." i "Cross wind" unete su vrednosti 11° i 5.28m/s. Isključivanjem polja "Primary RWY" programu je saopšteno da se proračun više ne odnosi na primarnu već na vetrenu poletno-sletnu stazu. Tako je kroz dijalog 31. opcijom RUNALL pokrenut proračun kojim se za fiksiranu orijentaciju glavne poletno-sletne staze od 11° traži optimalna orijentacija vetrene staze. Dobijena je optimalna orijentacija vetrene staze od 109° , a koeficijent upotrebljivosti za dozvoljenu bočnu komponentu od 5.28m/s sada je 96.56%.

Postupak analize vetra je, znači, sledeći: prvo se opcijom RUNALL pronade optimalna orijentacija poletno-sletne staze. Program je računa sa tačnošću lučnog stepena. Kroz polje orijentacije tada se sa većom tačnošću može zadati proizvoljna orijentacija u okolini predložene optimalne. Pokretanjem opcije RUN za tu se orijentaciju proverava da li daje veći koeficijent upotrebljivosti. Time se orijentacija poletno-sletne staze preciznije utvrđuje. Ukoliko je koeficijent upotrebljivosti sa stanovišta vetra manji od željenog, prelazi se u režim proračuna orijentacije vetrene staze, a prethodna orijentacija usvaja se za orijentaciju primarne poletno-sletne staze. Za ovako fiksiranu orijentaciju primarne poletno-sletne staze, opcijom RUNALL rotira se vetrena staza i traži njen optimalni položaj. Predložena optimalna orijentacija vetrene staze data je u celim stepenima, a njenim neznatnim variranjem i pokretanjem opcije RUN, u okolini predloženog rešenja može se potražiti povoljnije.



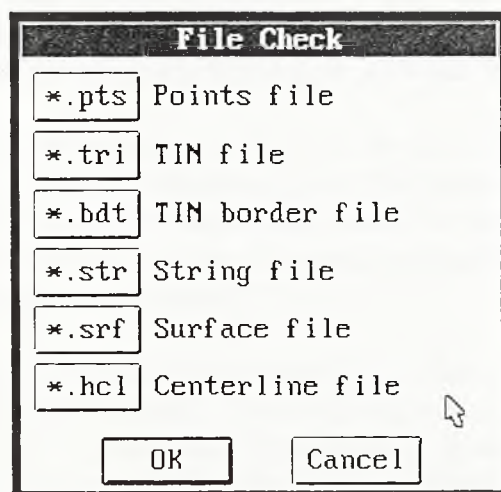
Dijalog 31.

Po izlasku iz dijaloga, sa centrom u zadatoj tački, program iscrtava ružu vetrova sa orijentacijama poletno-sletnih staza. Na slici 4-99 data su dva primera ruže vetrova. Gornji primer odnosi se na slučaj pokazan dijalogom 28., gde je problem rešen sa jednom

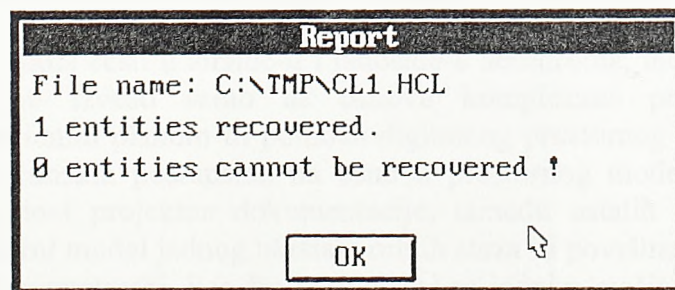
poletno-sletnom stazom. Donji primer odnosi se na slučaj pokazan dijalogima 29., 30. i 31. gde je pored primarne predviđena i vetrena staza.

Ruža vetrova konstruiše se prema formi koja u jedinstvenom dijagramu objedinjava podatke o smeru, intenzitetu i broju pojava vetra. Program sam utvrđuje razmeru za broj pojava vetra i postavlja je gore-desno u odnosu na samu ružu.

Poslednja komanda paketa je CHKFILE. Zadatak komande je da, ukoliko je to moguće, povрати obrisane, a značajne, grafičke entitete. Na primer, podaci o osovinama u planu nalaze se u datotekama sa ekstenzijom *.hcl*. Tu su, između ostalog, dati jedinstveni identifikatori (handles) nadovezanih entiteta koji tu osovinu formiraju. Programi koji sprovode proračune duž osovine obraćaju se ovim datotekama i ako utvrde da je neki od entiteta osovine obrisan šalju poruku upozorenja. U tom slučaju pokreće se komanda CHKFILE i bira opcija za "popravljanje" osovine. Po zadavanju imena datoteke osovine program vraća sve entitete koji toj osovinu pripadaju, a koji su obrisani u toku tekuće crtačke sesije. Entiteti koji su obrisani u nekoj od prethodnih crtačkih sesija ne mogu se povratiti. Osnovni dijalog komande je dijalog 32., a kroz dijalog 33. program šalje odgovarajući izveštaj o "spašenim" entitetima.



Dijalog 32.



Dijalog 33.

Na isti način mogu se povratiti svi entiteti čiji se jedinstveni identifikatori (handles) nalaze u nekoj od datoteka koje programi prezentiranog sistema kreiraju.

5.0. Zaključak

Radom je predstavljen razvoj metodologije i postupaka projektovanja aerodroma primenom CAD tehnologije. Prvo su metodološkom analizom procesa projektovanja aerodroma postavljeni zahtevi procesa projektovanja. U sledećem je koraku analiziran proces prostornog projektovanja aerodroma i time postavljen zadatak za konkretna softverska rešenja. Postupci geometrijskog projektovanja u prostoru, srodni po mestu primene i numeričkoj prirodi, grupisani su u zasebne celine. Na osnovama zadatim ovim celinama razvijene su grupe programa, odnosno programski moduli. Svi ovi moduli, zajedno, čine programski paket AeroCAD 3D za prostorno projektovanje aerodroma. Osnovni zadatak je bio razvoj programskog sistema za projektovanje aerodroma usklađenog sa zahtevima projektovanja, s jedne strane, i mogućnostima savremene CAD tehnologije, s druge strane. U svetu se već duže vreme primenjuje određen broj programskih paketa koji pokrivaju ovu oblast. Međutim, tri su osnovne odlike koje ovde predložena rešenja izdvajaju od postojećih.

Prvo, sistem je trebao biti kompaktan i sačinjen od daleko manjeg broja komandi u poređenju sa sličnim paketima, a same su komande trebale biti koncipirane tako da se u balansu primene elementarnih interaktivnih postupaka i složenih automatizovanih proračuna mogu rešiti svi problemi geometrijskog projektovanja koji se mogu pojaviti.

Druga osobenost predložene tehnologije je u tome što se težilo potpunom pokrivanju prostornog projektovanja površinskih objekata i, naročito, ukrštaja linijskih objekata kao i detalja koji ovakve objekte prate. Pri tome treba istaći da postojeća softverska rešenja akcentiraju na linijske objekte i da se u domenu projektovanja njihovih ukrštaja ne oslanjaju na adekvatnu projektantsku praksu.

Treća odlika razvijene metodologije i tehnologije je u tome što je u centar aktivnosti projektovanja postavljen prostorni model. Ovakav je pristup svojstven drugim oblastima inženjerstva, u prvom redu mašinskom inženjerstvu. Današnji programski paketi namenjeni projektovanju u niskogradnji linijske objekte definišu geometrijom standardnih projekcija (promenom poprečnog profila, situacionim planom i podužnim profilom), a područja ukrštaja linijskih objekata triangulisanim modelom razvijenim na osnovu standardnih projekcija građevinskih linija. Svakako da izvođenje otvorenih deonica linijskih objekata i dalje zahteva definiciju po projekcijama. S druge strane, ukrštaji linijskih objekata, veoma česti u airside-u i landside-u aerodroma, mogu se jednoznačno definisati i korektno izvesti samo na osnovu kompleksne prostorne projekcije predstavljene nivelacionim planom ili pomoću digitalnog prostornog modela. Primenom odgovarajućih proračunskih postupaka, na osnovu prostornog modela objekta lako se generišu različiti vidovi projektne dokumentacije, između ostalih i nivelacioni plan. Svakako da se prostorni model jednog ukrštaja rulnih staza ili površinske putne raskrsnice ne može definisati parametarski, kao što je to slučaj sa jednim mašinskim elementom ili sklopom. Stoga je ovde primenjen koncept prostornog modela diskretizovanog prostornim trouglovima čija detaljnost zavisi od nivoa sagledavanja problema, odnosno konkretnog koraka procesa projektovanja. Model se postupno gradi i na kraju obrađuje odgovarajućim softverskim alatima koji na osnovu njegove strukture generišu projektnu dokumentaciju.

Formalno bi se moglo reći da je primarni cilj bio razvoj konkretnog softverskog paketa, a da su tri sekundarna cilja bila u dostizanju njegovih triju prethodno navedenih karakteristika. U suštini, osnovni cilj je bio da se na osnovu analize zahteva projektovanja, razvije posebna metodologija i odgovarajuća softverska podrška koja će na najbolji način eksploatirati mogućnosti savremene CAD tehnologije, nalazeći uporište u postojećim srodnim softverskim rešenjima ali i tražeći uzore u ostalim oblastima inženjerstva.

Znatan deo predstavljenih numeričkih postupaka, posmatranih pojedinačno, ne predstavlja novinu u oblasti projektovanja objekata niskogradnje primenom CAD tehnologije. Nove numeričke procedure, zajedno sa već postojećim, metodološki su uređene i tehnološki obrađene tako da vode ka jednom cilju, prostornom modelu objekta. Kako je model diskretizovan prostornim trouglovima to je bilo moguće razviti alate za njegovu numeričku obradu, prvenstveno u cilju generisanja standardne projektne dokumentacije. Tako je došlo do prirodne podele postupaka na one namenjene modeliranju objekta, odnosno građenju modela, i one namenjene njegovoj numeričkoj obradi.

Stavljanjem prostornog modela objekta u težište procesa projektovanja postavljena je i osnova potpuno otvorenog koncepta projektovanja. Model se gradi savremenim tehnološkim postupcima koji svoje uporište nalaze u klasičnoj projektantskoj praksi. U radu je već naglašeno da se ovakav model, zajedno sa odgovarajućim softverskim alatima, može isporučiti izvođaču koji na osnovu modela, a u skladu sa specifičnim uslovima izvođenja, može i sam generisati projektnu dokumentaciju u formi koja mu najviše odgovara. Upravo mogućnost razvoja i primene različitih softverskih alata na prostorni model čini osnovu otvorenog koncepta projektovanja. Kao što izvođač, u cilju efikasnog izvođenja, na model može primeniti softverske alate svojstvene oblasti niskogradnje, tako se isti model može primeniti i za analizu uslova oticanja, kao osnova za geografski informacioni sistem ili kao podloga za projektovanje objekata visokogradnje, potpornih konstrukcija, mostova itd. Komunikacija između struka angažovanih na multidisciplinarnim projektima sada se podiže na viši nivo jer prestaje potreba za međusobnim transferom prostornih rešenja u vidu numeričkih datoteka. Projektanti sada rade u zajedničkom imaginarnom prostoru u razmeri 1:1, a nosilac svih informacija je prostorni model.

Istraživanje postupaka prostornog projektovanja objekata airside-a i landside-a aerodroma ovim se ne završava. Na osnovu razvijenih numeričkih postupaka mogu se razviti novi softverski alati za obradu modela. Na primer, izolacije jednakih nadsloja pri rekonstrukciji kolovoznih površina mogu se generisati kao izohipse po imaginarnom TIN modelu kod koga se kao čvorne tačke pojavljuju sve tačke po TIN modelu postojećeg stanja i tačke po TIN modelu površine novog sloja, pri čemu su visinske kote čvornih tačaka jednake visinskim razlikama ovih triangulisanih površi u pomenutim tačkama. Sve proračunske procedure na kojima bazira pomenuti postupak - kontrola pripadnosti tačaka trouglovima u cilju pronalazjenja visinskih razlika, formiranje TIN modela i generisanje izohipsi na triangulisanom modelu - već su predstavljeni u okviru odgovarajućih programskih celina. Tako razvijena softverska podrška i usvojeni koncept triangulisanog prostornog modela objekta predstavljaju idealnu osnovu za dalji razvoj alata koji svoju primenu mogu naći ne samo u domenu projektovanja aerodroma već i u srodnim oblastima.

6.0. LITERATURA

01. Andjus, V.
Maletin, M. Metodologija projektovanja puteva
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
Beograd, 1993.
02. Andjus, V.
Bratuljević, N.
Šašović, M. Program razvoja informacionog sistema o prostornoj i
fizičkoj strukturi aerodroma Beograd
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1986.
03. Ashford, N.
Wright, P.H. Airport Engineering
John Willey & Sons
New York, 1984.
04. Babkov, V. Iziskanija i proektirovanie aerodromov
Avtotransizdat
Moskva, 1963.
05. Bowyer, A. Computing Dirichlet Tessellations
The Computer Journal
Vol.24., Nr.2., pp.162-166., 1981.
06. Coles, B.C.
Reinschmidt, K.F. Computer-Integrated Construction
Civil Engineering
Nr.6., pp.50-53., 1994.
07. Eckel, B. Using C++
Osborne McGraw-Hill, 1989.
08. Epps, M.
Corey, M.W. Cut and Fill Calculations by Modified Average-And-Area
Method
ASCE Journal of Transportation Engineering
Vol.116., Nr.5., pp.683-689., 1990.
09. Fischer, F.W. Microwave Landing Systems III -
- Competitors, Siting, Collocation, Simulation
Airport Forum
Nr.1., pp.46-52., 1988.
10. Friedli, H. Airport Lighting
Airport Forum
Nr.5., pp.28-37., 1986.
11. Gavran, D. Razvoj interaktivnog grafičkog sistema za projektovanje
manevarskih površina i platformi aerodroma
Magistarska teza
Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1991.

-
12. Gavran, D. Razvoj interaktivnog grafičkog sistema za projektovanje manevarskih površina i platformi aerodroma
Put i saobraćaj
Nr.1-4., pp.8-15., 1993.
 13. Gavran, D. Projektovanje puteva i aerodroma primenom CAD tehnologije
Prvi jugoslovenski seminar o primeni CAD tehnologija
pp.58-63., Novi Sad, 1994.
 14. Gavran, D. Interaktivni grafički sistem za projektovanje manevarskih površina i platformi aerodroma
Prvi jugoslovenski seminar o primeni CAD tehnologija
pp.78-81., Novi Sad, 1994.
 15. Gavran, D. Prostorni modeli kao osnova istraživanja odnosa puta i životne sredine
Put i životna sredina - Jugoslovenski naučno stručni skup
pp.177-184., Žabljak, 1994.
 16. Gavran, D. Principi standardizacije sadržaja i opreme CAD dokumentacije
Tehnička regulativa u oblasti puteva - Jugoslovensko savetovanje
pp.247-254., Sombor, 1994.
 17. Glushkov, G.I. Airport Engineering,
Mir Publisher
Moscow, 1988.
 18. Gold, C.M. Problems with Handling Spatial Data -
-The Voronoi Approach
CISM Journal ACSGC
Vol.45., Nr.1., pp.65-80., 1991.
 19. Green, P.J.
Sibson, R. Computing Dirichlet Tessellations in the Plane
The Computer Journal
Vol.21., Nr.2., pp.168-173., 1978.
 20. Hansen, A. Programiranje na jeziku C
Mikro knjiga, Beograd, 1991.
 21. Horonjeff, R. Planning and Design of Airports,
McGraw-Hill
New York, 1983.

-
22. Horvat, Z. Aerodromi I,
Fakultet građevinskih znanosti
Zagreb, 1983.
23. Ivković, V. Vazduhoplovna pristaništa,
Arhitektonski fakultet
Beograd, 1988.
24. Joe, B.
Simpson, R.B. Triangular Meshes for Regions of Complicated Shape
International Journal for Numerical Methods in
Engineering
Vol.23., pp.751-778.,1986.
25. Johnson, N. AutoCAD - The Complete Reference
McGraw-Hill
New York, 1989.
26. Kernighan, B.W.
Ritchie, D.M. Programski jezik C
Beograd, 1989.
27. Krsmanović, B.
Terzić, M.
Brković, D. Izgradnja i održavanje vojnih
aerodroma
Vojnoizdavački zavod
Beograd, 1977.
28. Lo, S.H. Delaunay Triangulation of Non-Convex Planar Domains
International Journal for Numerical Methods in
Engineering
Vol. 28., pp.2695-2707., 1989.
29. McCullagh, M.J.
Ross, C.G. Delaunay Triangulation of a Random Data Set for
Isarithmic Mapping
The Cartographic Journal
Vol.17., Nr.2., pp.93-99., 1980.
30. Milovanović, V. Grafička prezentacija primarnih kartografskih podataka
korišćenjem uređaja za automatsko crtanje
Zbornik Instituta za geodeziju
Nr.20., pp.84-109., Građevinski fakultet Univerziteta u
Beogradu, 1981.
31. Momberger, M. New Developments in Airfield
Lighting
Airport Forum
Nr.5., pp.39-54., 1986.
32. Petrie, G.
Kennie, J.M. Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering
Computer Aided Design
Vol.19., Nr.4., pp.171-187., 1987.

-
33. Sibson, R. Locally Equiangular Triangulation
The Computer Journal
Vol.21., Nr.3., pp.243-245., 1978.
34. Stroustrup, B. Programski jezik C++
Mikro knjiga, Beograd, 1991.
35. Tošić, V. Aerodromi
Savezna uprava za kontrolu letenja
Beograd, 1978.
36. Tošić, V. Priručnik za izradu godišnjeg zadatka iz predmeta
Babić, O. vazduhoplovna pristaništa
Saobraćajni fakultet
Beograd, 1980.
37. Zehender, M. Airport Site Selection
Airport Forum
Nr.2., pp.32-39., 1987.
38. -- AutoCAD Release 12 - Reference Manual
AUTODESK
Neuchatel, Switzerland, 1992.
39. -- AUTOLISP Release 12 - Programmer 's Reference
AUTODESK
Neuchatel, Switzerland, 1992.
40. -- AutoCAD Development System - Programmer 's Reference
AUTODESK
Neuchatel, Switzerland, 1992.
41. -- AutoCAD Release 12 - Customization Manual
AUTODESK
Neuchatel, Switzerland, 1992.
42. -- Airport Facility Management and Information System
Feasibility Study
AOCI
Houston, 1985.
43. -- 747 Airplane Characteristics - Airport Planning
BOEING, Comercial Airplane Company
Seattle, 1981.

44. -- 737 - 300/400/500 Airplane Characteristics -
- Airport Planning
BOEING, Comercial Airplane Company
Seattle, 1988.
45. -- STOL Transportation System Planning
De Havilland Aircraft
Downsview, Ontario, 1971.
46. -- Instruction technique sur les aerodromes civils -
- 2/3/4/5/9/10
DGCA
Paris, 1983-86.
47. -- Airport Drainage
FAA
Washington D.C., 1970.
48. -- Planning and Design Considerations for Airport
Terminal Building Development
FAA
Washington D.C., 1976.
49. -- Airport Master Plans,
FAA
Washington D.C., 1985.
50. -- Airport Design Standards - Transport Airports
FAA
Washington D.C., 1985.
51. -- Aeronautical Charts - Annex 4 to the Convention on
International Civil Aviation
ICAO
Montreal, 1989.
52. -- Aerodromes - Annex14 to the Convention on
International Civil Aviation
ICAO
Montreal, 1990.
53. -- Airport Planning Manual - Part 1.
ICAO
Montreal, 1987.
54. -- Airport Planning Manual - Part 2.-
- Land Use and Environmental Control
ICAO
Montreal, 1973.

-
55. -- Aerodrome Design Manual - Part 1. - Runways
ICAO
Montreal, 1984.
56. -- Aerodrome Design Manual - Part 2. -
- Taxiways, Aprons and Holding Bays
ICAO
Montreal, 1983.
57. -- Aerodrome Design Manual - Part 3. - Pavements
ICAO
Montreal, 1983.
58. -- Aerodrome Design Manual - Part 4. - Visual Aids
ICAO
Montreal, 1976.
59. -- Airport Services Manual - Part 6. - Control of Obstacles
ICAO
Montreal, 1983.
60. -- Stolport Manual
ICAO
Montreal, 1976.
61. -- Zbornik vazduhoplovnih podataka,
Savezna uprava za kontrolu letenja,
Beograd, 1990.
62. -- Pravilnik o projektovanju, izgradnji i rekonstrukciji
civilnih aerodroma i njihovoj klasifikaciji
Sl. list SFRJ, br.2.
Beograd, 1966.
63. -- Pravilnik o obeležavanju poletno-sletnih i drugih staza i
pristanišnih platformi na aerodromu
Sl. list SFRJ, br.47.
Beograd, 1979.
64. -- AdCADD Civil / Survey
SOFTDESK
Henniker, NH, 1991.
65. -- Watcom C / C++ 10.0
WATCOM International Corp.
Waterloo, Ontario, Canada, 1994.



