

MODEL OPTIMALNE RAVNI ZA RAVNANJE ZEMLJIŠTA U VEZI S TRANSPORTOM ZEMLJE

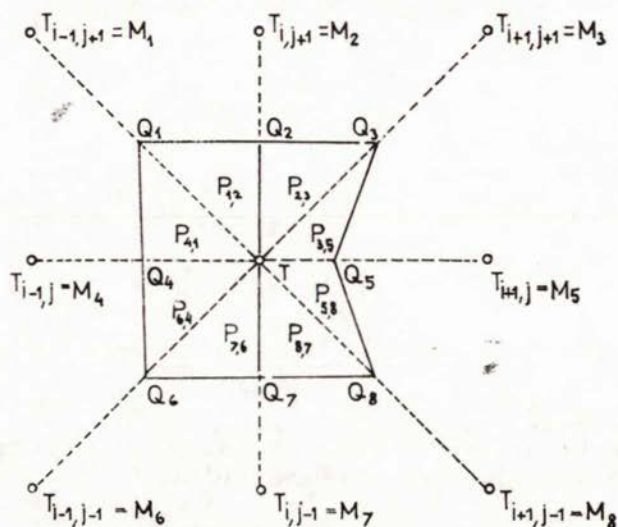
Marko GOSTOVIĆ — Subotica, Aleksandar KOŠUTIĆ — Bor
(kraj)

3.3. Računanje zapremine zemljanih masa i njihovih težišta

Da bi dobili zapremine prvo je potrebno računati razlike visina i ravni niveleta, a zatim pripadajuće površine. Površine se dobijaju preko preseka ravni nivelete i površine terena. U tu svrhu, potrebno je analizirati okolinu detaljne tačke T u odnosu na susedne tačke M_i za koje je ispunjen uslov

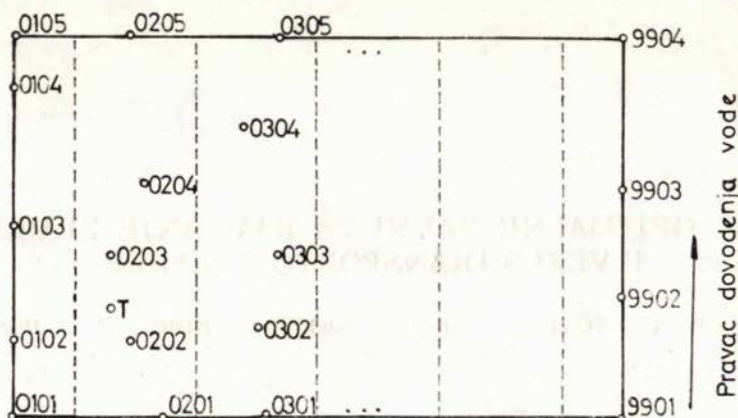
$$\overline{TM}_i < s,$$

gde je s — najveće rastojanje do susednih tačaka (sl. 6.).



Sl. 6. Shema površine koja pripada tački T

Ovaj kriterijum se može koristiti samo za slučaj pravilne detaljne mreže. Ako je mreža nepravilna, što je ređi slučaj, susedne tačke se biraju preko numeracije detaljnih tačaka, koja se vrši po redovima u pravcu navođenja (sl.7)



Sl. 7. Numeracija detaljnih tačaka

Tada se za susedne tačke tačke uzimaju

- tačka ispred i iza tačke T u istom redu,
 - najbliže tačke u susednim redovima i tačke ispred i iza njih.
- Koordinate presečenih tačaka se određuju na sledeći način:

1. Ako su visinske razlike tačaka T i M_i istog znaka, obe pozitivne ili negativne, tj. ako je

$$\Delta z_T \cdot \Delta z_{M_i} > 0$$

dve ravni se ne seku, pa je

$$x_{Q_1} = \frac{x_T + x_{M_i}}{2}, \quad y_{Q_1} = \frac{y_T + y_{M_i}}{2}, \quad z_{Q_1} = \frac{z_T + z_{M_i}}{2}.$$

Na sl. 6. ovo je slučaj tačaka $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 \dots$

2. Ako su visinske razlike tačaka T i M_i različitog znaka, tj. ako je

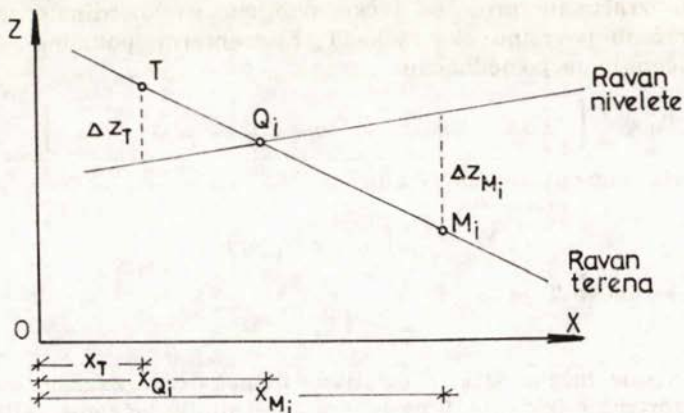
$$\Delta z_T \cdot \Delta z_{M_i} < 0$$

dve ravni se seku na pravcu TM_i u tački Q_1 (na sl. 6. tačka Q_5) Tada se koordinate presečenih tačaka računaju po jednačini (sl. 8.)

$$x_{Q_1} = x_T + (x_{M_i} - x_T) \cdot \left| \frac{\Delta z_T}{|\Delta z_T| + |\Delta z_{M_i}|} \right|,$$

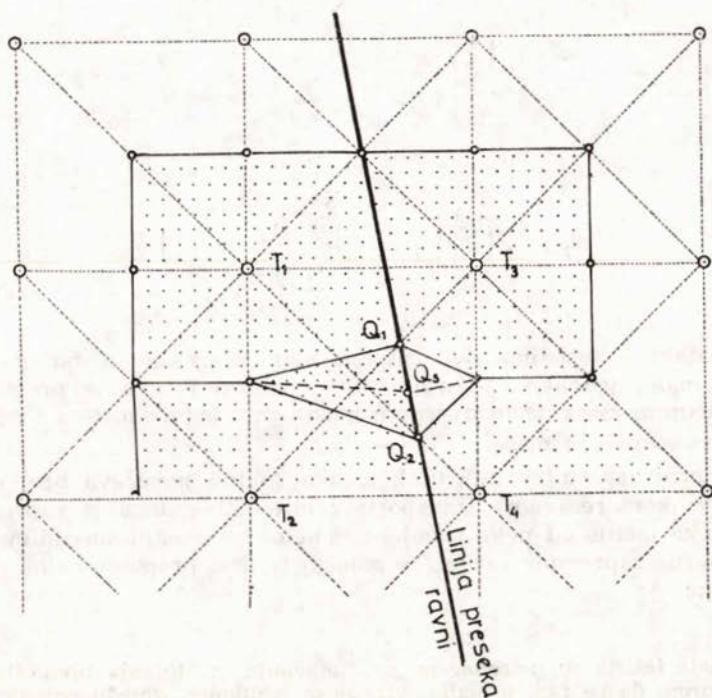
$$y_{Q_1} = y_T + (y_{M_i} - y_T) \cdot \left| \frac{\Delta z_T}{|\Delta z_T| + |\Delta z_{M_i}|} \right|,$$

$$\Delta z_{Q_1} = 0.$$



Sl. 8. Presek ravni terena i nivelete — prikazan u vertikalnoj ravni XOZ

Pri računanju preseka za dve susedne tačke dešava se da se pripadajuće im površine preklapaju (tačke T_1 i T_2) ili se ne dodiruju (tačke T_3 i T_4). Usled toga bi zbir izračunatih površina odstupao od stvarne ukupne površine parcele. Da bi to otklonili, umesto presečenih tačaka Q_1 i Q_2 usvaja se njihov srednji položaj Q_s (sl.9).



Sl. 9. Površine koje pripadaju tačkama T

Pošto su izračunate prosečne tačke, dobijene su koordinate tačaka koje ovičavaju traženu površinu oko tačke T. Elementarne površine — površine trouglova računaju se po jednačini

$$P_{ij} = \frac{1}{2} \left[x_T (y_{Q_i} - y_{Q_j}) + x_{Q_i} (y_{Q_j} - y_T) + x_{Q_j} (y_T - y_{Q_i}) \right],$$

a odgovarajuće elementarne zapremine

$$V_{ij} = \frac{P_{ij}}{3} (z_T + z_{Q_i} + z_{Q_j}).$$

Zapremina oko tačke T je

$$V_T = \sum V_{ij}.$$

Razlike visina tačaka Q biće pozitivne ili negativne zavisno od toga dobijaju li se zapremine skidanja ili nasipanja u pojedinim tačkama. Njihovim zbirom dobiju se ukupne zapremine zemljanih radova na jedinici ravnjanja

$$V_N = \sum V_T; \quad z_i > 0$$

$$V_S = \sum V_T; \quad z_i < 0$$

Za zemljane mase pojedinih tačaka još treba sračunati položaj težišta.* Ono se dobija preko položaja težišta elementarnih masa, koje se računa po jednačinama

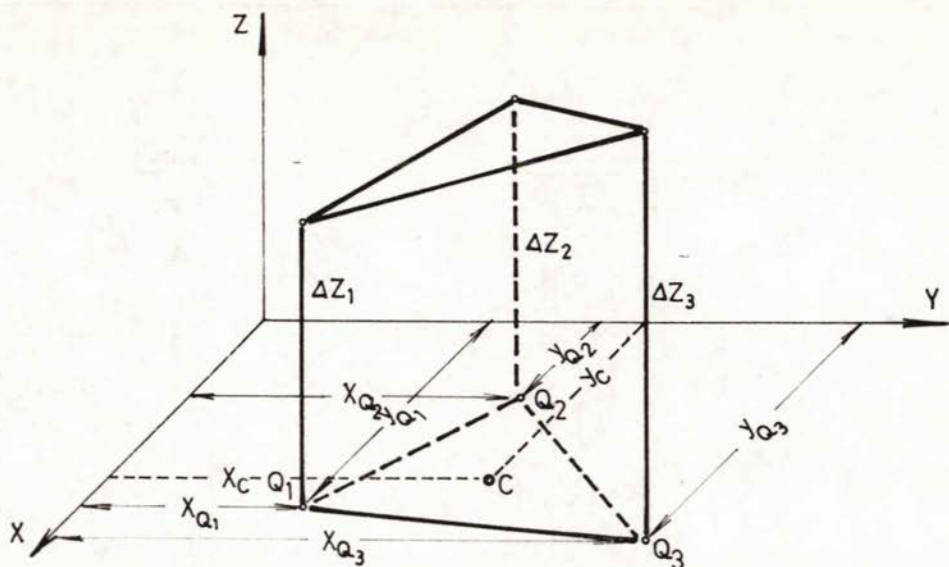
$$x_C = \frac{1}{4} \left(\sum_{i=1}^3 x_{Q_i} + \frac{\sum_{i=1}^3 x_{Q_i} \cdot \Delta z_{Q_i}}{\sum_{i=1}^3 \Delta z_{Q_i}} \right),$$

$$y_C = \frac{1}{4} \left(\sum_{i=1}^3 y_{Q_i} + \frac{\sum_{i=1}^3 y_{Q_i} \cdot \Delta z_{Q_i}}{\sum_{i=1}^3 \Delta z_{Q_i}} \right).$$

Iz podataka o težištima dve susedne elementarne mase određuje se težište nove mase, jednake njihovom zbiru: položaj težišta je proporcionalan veličini pojedinih masa. Ovoj uvećanoj masi se pridodaje sledeća i tako redom do zadnje elementarne mase.

Veliki broj zapremina pojedinih tačaka znatno povećava broj računskih operacija prilikom rešavanja transporta zemlje. Zbog toga se zapremine pojedinih tačaka manje od neke usvojene veličine pridodaju susednim tačkama. Za masu zbirne zapremine računa se položaj težišta, proporcionalno pojedinim zapreminama.

* Koordinate težišta su potrebne za izračunavanje rastojanja premeštanja zemlje. Obzirom da se radi o malim visinskim razlikama između pojedinih tačaka i da je rastojanje dovoljno znati do na metar, računaju se samo koordinate x_C i y_C .



Sl. 10. Računanje težišta elementarne zemljane mase

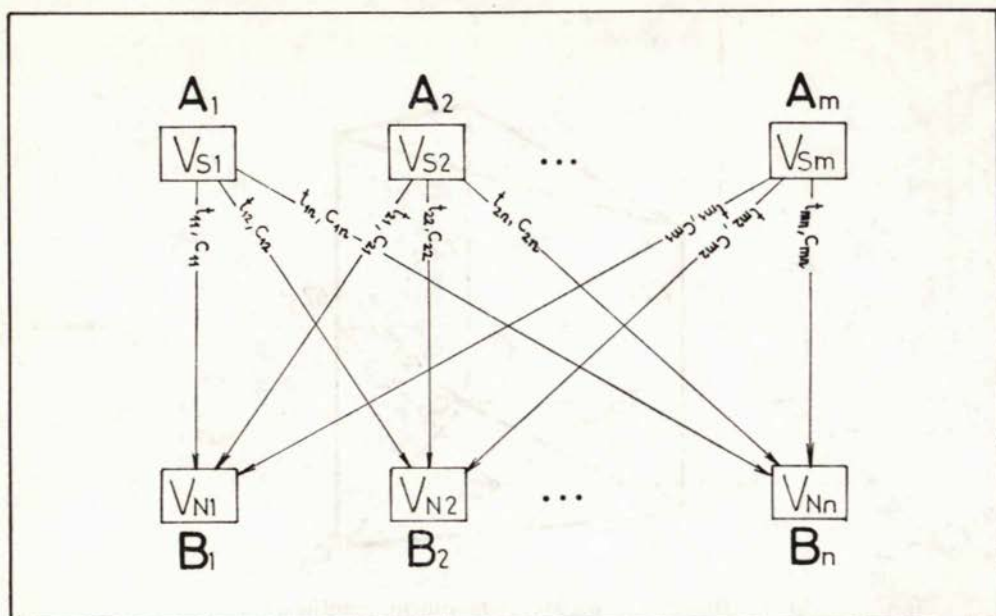
3. 4. Rešenje transporta zemlje

Pri rešavanju transporta analitičkom metodom traži se među mogućim rešenjima ono koje će, uzimajući u obzir zapremine radova i transportna sredstva, dati najmanje troškove prevoza. Dobijeno rešenje treba da ima plan transporta zemlje s mesta gde se skida na mesta gde se nasipa. Transport se može rešavati za svaku jedinicu ravnjanja posebno, za više njih ili za celu parcelu istovremeno. Ovo zavisi od datih polaznih parametara za parcelu i ograničenja za transportni problem, kao i od mogućnosti računara.

Grafički prikaz zadatka transporta daje sl. 11. Oznake na shemi znače:

- A_1, A_2, \dots, A_m — mesta na kojima se skida zemlja, uključujući osnovne i dopunske radove; položaj pojedinih mesta je određen koordinatama težišta zemljane mase,
- B_1, B_2, \dots, B_n — mesta na kojima se vrši nasipanje zemlje, osnovno i dopunsko; položaj i ovih mesta je određen koordinatama težišta,*)
- $V_{S1}, V_{S2}, \dots, V_{sm}$ — zapremine zemlje koje se skidaju na mestima $A_1, A_2 \dots A_m$,
- $V_{N1}, V_{N2}, \dots, V_{Nm}$ — zapremine zemlje koje se skidaju na mestima B_1, B_2, \dots, B_n ,
- c_{ij} — troškovi premeštanja 1 m^3 zemlje na određeno odstojanje,
- d_{ij} — rastojanje od mesta na kojem se vrši skidanje zemlje do mesta gde se vrši nasipanje i
- t_{ij} — zapremine zemlje koja se premešta iz bilo kojeg mesta A_i do mesta B_j

* Ukoliko se dopunskim radovima predviđa, recimo, razastiranje deponije duž kanala, zapremina deponije se deli na više delova i za svaki deo se daju koordinate težišta. Ovo omogućuje bolje — realnije rešenje transporta.



Sl. 11. Shema transportnog zadatka

Ceo zadatak se može zavisno od transportnog problema rešiti na dva načina:

- Transportom se obuhvataju radovi dobijeni položajem projektovane ravni (R_{pv}), čiji položaj se usvaja krajnjim, pa su i zemljane mase konačne. Cilj transporta je zemlju prevesti na odgovarajuća mesta uz minimalne troškove.
- Rešenje transporta se povezuje s položajem projektovane ravni (R_{pv}). Količine radova dobijene njenim položajem uzimaju se za polazno rešenje transportnog zadatka. Zatim se ravan i dalje naginje, u granicama tolerancije padova, i vertikalno pomera sve dok se ne postigne minimalna cena premeštanja zemlje. Naime, cena prevoza zavisi ne samo od ukupne zapremine, već i rastojanje na koje se prevozi, odnosno od radnih mašina koje se koriste za prevoz zemlje (na primer: cena prevoza zemlje buldozerom je niža od one sa skreperom, ali buldozer je ekonomičniji samo na kraćim rastojanjima). Znači, zadatak se postavlja tako da krajnji cilj ravnjanja nije minimum zemljanih radova, već minimum troškova premeštanja zemlje. Prema tome, definitivni položaj projektovane ravni — optimalan položaj — biće onaj za koji su minimalni troškovi premeštanja zemlje.

Prvo će se prikazati rešenje za slučaj a).

Funkcija cilja, za klasičan transportni problem, glasi [10]:

$$\begin{aligned}
 F = & c_{11} t_{11} + c_{12} t_{12} + \dots + c_{1n} t_{1n} \\
 & + c_{21} t_{21} + c_{22} t_{22} + \dots + c_{2n} t_{2n} \\
 & \vdots \\
 & \vdots \\
 & + c_{m1} t_{m1} + c_{m2} t_{m2} + \dots + c_{mn} t_{mn}
 \end{aligned}$$

ili skraćeno

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} t_{ij}$$

Za ovu funkciju se traži minimum uz ograničenja

— za mesta skidanja:

$$\begin{aligned} t_{11} + t_{12} + \dots + t_{1n} &= V_{S1} && \text{ograničenje za mesto } A_1 \\ t_{21} + t_{22} + \dots + t_{2n} &= V_{S2} && \text{„ „ „ } A_2 \\ \cdot &&& \\ \cdot &&& \\ t_{m1} + t_{m2} + \dots + t_{mn} &= V_{Sm} && \text{„ „ „ } A_m \end{aligned}$$

ili skraćeno

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} = V_{S_i} \quad (i = 1, 2, \dots, m),$$

— za mesta nisipanja

$$\begin{aligned} t_{11} + t_{21} + \dots + t_{m1} &= V_{N1} && \text{ograničenje za mesto } B_1 \\ t_{12} + t_{12} + \dots + t_{m1} &= V_{N2} && \text{„ „ „ } B_2 \\ \cdot &&& \\ \cdot &&& \\ t_{1n} + t_{2n} + \dots + t_{mn} &= V_{Nn} && \text{„ „ „ } B_n \end{aligned}$$

ili skraćeno

$$\sum_{i=1}^m t_{ij} = V_{N_j} \quad (j = 1, 2, \dots, n).$$

Sumiranjem levih i desnih strana ograničenja za mesta skidanja i nasipanja dobija se

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} &= \sum_{i=1}^m V_{S_i} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m t_{ij} &= \sum_{j=1}^n V_{N_j} \end{aligned}$$

Nepoznate vrednosti t_{ij} moraju biti negativne. Rastojanja d_{ij} računaju se iz kordinata težišta mesta A_i i B_j , a cena prevoza C_{ij} na ovim rastojanjima na osnovu rastojanja i jediničnih cena za pojedine mašine, vodeći računa o graničnim rastojanjima rada mašina.*) Rezultat rešenja su nepoznate t_{ij} , ukupna cena prevoza i plan prevoza zemlje.

* Pri određivanju cene c_{ij} može se uzeti, npr.:

- maksimalno rastojanje premeštanja zemlje buldozerom 40 m
- cena premeštanja buldozerom na prvih 10m' b din
- cena premeštanja buldozerom na svakih sledećih 10 m' b' din
- maksimalno rastojanje premeštanja zemlje skreperom 200 m
- cena premeštanja skreperom na svakih sledećih 10 m' s din
- cena premeštanja skreperom svahkih sledećih 10 m' s' din

4. PRONALAZENJE OPTIMALNE RAVNI KAD SE NJEN POLOŽAJ POVEZUJE S TRANSPORTOM ZEMLJE

Jednačina ranije određene projektovane ravni (R_{nv}) je glasila

$$Z = (X - \bar{x}) I_{xp} + (Y - \bar{y}) I_{yp} + \bar{z} + \Delta z_1 \quad (7)$$

Od ove ravni se prelazi na optimalnu ravan. Njena jednačina je

$$Z = (X - \bar{x})(I_{xp} + dI_x) + (Y - \bar{y})(I_{yp} + dI_y) + \bar{z} = \Delta Z_1 + \alpha z \quad (8)$$

gde su dI_x i dI_y popravke padova,
 dz popravka odsečka na Z osi.

Ove popravke se određuju tako da:

1. suma troškova premeštanja zemlje bude najmanja (ova ne uključuje uslov minimuma zemljanih radova),
2. zapremine skidanja i nasipanja budu jednake i
3. popravke padova nalaze se u granicama tolerancije.

Postavljeni uslovi zahtevaju ograničenja koja se ne uklapaju u klasičan transportni problem, pa se zadatak rešava univerzalnijom metodom linearnog programiranja.

Funkcija cilja ima ranije dati oblik

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} t_{ij}$$

Da bi obrazovali sistem ograničenja, treba prvo posmatrati premeštanje zemlje, recimo, iz mesta A_1 na mesta B_1 i B_2 (sl. 11.). Skinuta zemlja, zapremine V_{s1} , rastrese se tako da se na mestu B_1 i B_2 nasipa, uzimajući u obzir koeficijent rastresitosti,

$$V_{N1} = k \cdot t_{11} + k \cdot t_{12} = k(t_{11} + t_{12}).$$

Rečeno je da se zapremine dobijene položajem ravni R_{nv} uzimaju za polazne podatke. Analiziraće se jedna takva zapremina V^0_i .

Ako se ravan pomeri u prvoj iteraciji za dI'_x , dI'_y , početna zapremina, ne vodeći računa za sada da li se radi o skidanju ili nasipanju, promeniće se za dV' , pa će nova zapremina biti (sl. 12.).

$$V'_i = V^0_i + dV'_i$$

Promena zapremine je

$$dV'_i = P'_i (x'_{c_i} - \bar{x}) dI'_x + P'_i (y'_{c_i} - \bar{y}) dI'_y + P'_i dz',$$

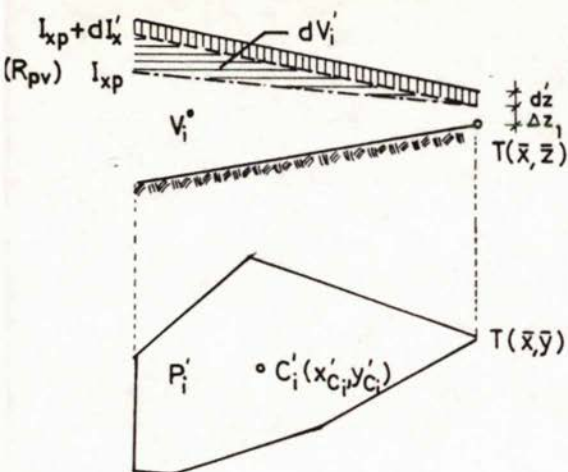
gde su P'_i — površina na kojoj se nalazi zapremina V'_i ; dobja se presekom površine terena i ravni određene priraštajima dI'_x , dI'_y i dz' ,



Uzimajući u obzir da li se vrši skidanje ili nasipanje zemlje u mestu i , zapremina će u prvoj iteraciji biti

$$\text{za skidanje } V'_{s_i} = V^0_{s_i} - dV'_{s_i}$$

$$\text{za nasipanje } V'_{N_i} = V^0_{N_i} + dV'_{N_i}$$

PRESEK S RAVNI XOZ



Priraštaji površine usled:
 promene pada - dI'_x
 pomeranja po vertikali - dz

PRESEK S RAVNI XOY

Sl. 12. Promena zapremine usled naginjanja za dI_x i vertikalnog pomeranja dz' — horizontalna i vertikalna projekcija

Na osnovu ograničenja za klasičan transportni problem i ovog razmatranja diferencijalnih promena zapremine, sistem ograničenja sada glasi:

a) za mesta skidanja

$$t_{11} + t_{12} + \dots + t_{1n} - P_{s_1}(x_{s,c_1} - \bar{x}) dI_x - P_{s_1}(y_{s,c_1} - \bar{y}) dI_y - P_{s_1} dz = V_s(A_1)$$

$$t_{21} + t_{22} + \dots + t_{2n} - P_{s_2}(x_{s,c_2} - \bar{x}) dI_x - P_{s_2}(y_{s,c_2} - \bar{y}) dI_y - P_{s_2} dz = V_s, \quad (A_2)$$

⋮
⋮

$$t_{m1} + t_{m2} + \dots + t_{mn} - P_{s_m}(x_{s,c_m} - \bar{x}) dI_x + P_{s_m}(y_{s,c_m} - \bar{y}) dI_y - P_{s_m} dz = V_{s_m} \quad (A_m)$$

b) za mesta nasipanja

$$k(t_{11} + t_{21} + \dots + t_{m1}) + P_{N_1}(x_{N,c_1} - \bar{x}) dI_x + P_{N_1}(y_{N,c_1} - \bar{y}) dI_y + P_{N_1} dz = V_{N_1} \quad (B_1)$$

$$k(t_{12} + t_{22} + \dots + t_{m2}) - P_{N_2}(x_{N,c_2} - \bar{x}) dI_x + P_{N_2}(y_{N,c_2} - \bar{y}) dI_y + P_{N_2} dz = V_{N_2} \quad (B_2)$$

⋮
⋮

$$k(t_{1n} + t_{2n} + \dots + t_{mn}) + P_{N_n}(x_{N,c_n} - \bar{x}) dI_x + P_{N_n}(y_{N,c_n} - \bar{y}) dI_y + P_{N_n} dz = V_{N_n} \quad (B_n)$$

c) za ukupne zapremine

$$V_s = kV_N$$

d) za padove

$$I_{xp} + dI_x > I_{x\min}, \quad I_{yp} + dI_y > I_{y\min},$$

$$I_{x0} + dI_x < I_{x\max}, \quad I_{y0} + dI_y < I_{y\max}.$$

Ako se označi

$$P_{S_1}(x_{S_1, C_1} - \bar{x}) = k_{11}; \quad P_{S_1}(y_{S_1, C_1} - \bar{y}) = k_{12}; \quad P_{S_1} = k_{13}$$

$$P_{N_1}(x_{N_1, C_1} - \bar{x}) = k_{j4}; \quad P_{N_1}(y_{N_1, C_1} - \bar{y}) = k_{j5}; \quad P_{N_1} = k_{j6},$$

sistem ograničenja a) i b) može se napisati u skraćenom obliku

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} - dI_x \sum_{i=1}^m k_{i1} - dI_y \sum_{i=1}^m k_{i2} - dz \sum_{i=1}^m k_{i3} = \sum_{i=1}^m V_{S_1}$$

$$k \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m t_{ij} + dI_x \sum_{j=1}^n k_{j4} + dI_y \sum_{j=1}^n k_{j5} + dz \sum_{j=1}^n k_{j6} = \sum_{j=1}^n V_{N_1}.$$

Rešenjem se dobijaju vrednosti promenljivih t_{ij} , popravke dI_x , dI_y , dz kao i ukupna cena premeštanja zemlje. Još je potrebno sračunati visinsku razliku između kota nivelete i terena.

5. EKSPERIMENTALNA PROVERA MODELA

Provera modela je izvršena na sistemu ICL 4—50 Instituta za bakar u Boru. Korišćeni su sledeći programi:

1. MULTIPLE REGRESION. — Ovaj program je uzet iz ICL-ovog standardnog paketa STATISTICS SCHEME; njime se, na osnovu koordinata tačaka terena, određuju parametri regresione ravni potrebne za naredni program (\bar{x} , \bar{y} , \bar{z} , I_x , I_y).
2. KOEFICIJENTI. — Ovaj program ima za cilj da sračuna koeficijente za optimizaciju problema. Ulazni podaci su koordinate korišćene u prethodnom programu, parametri projektovane ravni s graničnim padovima, plan računanja zapremina, parametri ograničenja i jedinične cene. Posebnom instrukcijom se bira rešenje s minimalnim zemljanim radovima ili s minimalnim troškovima premeštanja. Na osnovi datih podataka, određuje se presek projektovane ravni s površinom terena, zapremine nasipa i iskopa i njihova težišta i jedinične cene za sve moguće pravce transporta. Vršiti se analiza ograničenja i po potrebi izbacuju suvišna. Izlazni rezultati su — na linijskom štampaču: koordinate težišta, elementarne površine, elementarne zapremine, radne kote i koeficijenti u sistemu ograničenja i na magnetnoj traci: svi potrebni podaci i koeficijenti za optimizaciju problema.

LINEAR PROGRAMMING 400. — Ovim standardnim paketom ICL-a vrši se optimizacija problema. Ulaz u paket je potpuno automatizovan prethodnim programom. Za rešavanje zadatka koriste se sledeće makro instrukcije [12]: INPUT, BCDOUT, SETUP, ANALYSIS, INVERT, CRASH, NORMAL, INVERT, SOLUTION i RANGEOBJ.

Funkcije gore navedenih instrukcija su: kreiranje problema na osnovu ulaznih podataka, transfer problema na potrebe datoteke, priprema datoteka radne matrice, analiza problema, stvaranje početne faze, izračunavanje forme proizvoda od inverzne tekuće baze, stvaranje dobre početne baze za NORMAL uvođenjem velikog broja vektora u bazu u jednoj prolaznoj matrici, optimiza-

cija zadatka, štampanje tekućeg zadatka na izlazu, izračunavanje i štampanje baze ranga troškova optimalnog rešenja.

Vreme obrade na računaru za prva dva programa iznosi 1,5 minut za sto tačaka; za treći program je vreme znatno duže i za 50 težišnih tačaka iznosi 10—15 minuta kod normalnog postupka, a 6—10 minuta kad se koristi ubrzani postupak primenom makro instrukcije ANALYSIS. Broj iteracija se kreće oko 200.

5.1. Osvrt na metode

Ručno računanje se može koristiti samo za ravnanje malih površina i uz jednostavne metode. Tako, ukoliko položaj izračunate ravni ne odgovara, bilo zbog padova ili neravnosti zemljanih radova, ceo postupak računanja treba ponoviti. Izračunate zapremine radova, zavisno od primenjenog načina računanja, manje-više se približavaju stvarnim. Plan premeštanja zemlje je moguće samo približno dati.

Za ravnanje većih površina treba koristiti računar. To omogućuje primenu ekonomičnijih metoda ravnjanja, analitičko rešenje premeštanja zemlje i osetnu uštedu troškova projektovanja i samih radova ravnjanja.

Postupak računanja počinje određivanjem položaja regresione ravni, s koje se prelazi na projektovanu ravan s graničnim padovima. Ova ravan u poređenju s ravni sa srednjim padovima daje osetno poboljšanje. To ističe važnost tolerancije padova te treba nastojati, ukoliko to paremetri sistema za navodnjavanje dopuštaju, da rasponi tolerancije budu što veći.

Za računanje zapremina zemljanih radova neophodno je obratiti pažnju na način računanja. Približne metode su jednostavnije, ali mogu dati osetno odstupanje od stvarnih vrednosti, koje se u proračunu ukupnih radova na velikim površinama negativno odražava na investitora ili izvođača radova. To ukazuje na potrebu primene tačnijeg načina računanja, od kojih je jedan naveden u radu. Njegova složenost ne predstavlja posebnu teškoću kad se koristi računar.

Analitičko rešenje transporta, osim za samo izvođenje ravnjanja, može korisno poslužiti za analizu ekonomičnosti investicija u radne mašine za ravnjanje, ukoliko se one predviđaju. U tu svrhu, cene premeštanja zemlje se variraju prema vrstama i tipovima mašina i s ovim cenama se ulazi u transportni problem. Upoređivanjem ukupnih troškova transporta, dobijenih u krajnjem rešenju, može se izvršiti optimalan izbor mašina.

Optimalna ravan, dobijena povezivanjem njenog položaja s transportom zemlje, ima prednost u odnosu na položaje dobijene drugim metodama jer daje minimalne troškove ravnjanja što je i krajnji cilj.

6. GEODETSKA OSNOVA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA

Prilikom izrade projekta navodnjavanja na većoj površini koriste se karte razmera 1 : 25 000, 1 : 5 000 i 1 : 1 000. One su potrebne za

- studiranje zadatka i
- grafički prikaz rešenja.

Karte pojedinih razmera koriste se po fazama izrade projekta.

Karta razmere 1 : 25 000 služi kao pregledna karta. Na njoj su prikazani, osim položajne i visinske predstave terena, i tipovi zemljišta. Na osnovu nje se vrši generalno izučavanje osobina zemljišta i zemljišnih oblika. Zatim se na njoj prikazuju glavni kanali i objekti sistema za navodnjavanje, glavni putovi, lokacije radnih punktova i mesta stanovanja i dr., kao i podela na listove razmera 1 : 5 000.

Na karti razmera 1 : 5 000, osim standardnog sadržaja, nanosi se pedološka osnova s položajem i podacima karakterističnih pedoloških profila. To omogućuje detaljno studiranje osobina zemljišta i zemljišnih oblika, a zatim donošenje odluke o povoljnosti predviđene površine za navodnjavanje, odnosno isključivanje nepovoljnih površina (nepovoljan sastav zemljišta, nedovoljna debljina humusnog sloja, izraženost zemljišnih oblika, veliki glavni padovi terena, i dr.). Ovaj drugi zadatak — ocena topografskih uslova, najbolje će se rešiti određivanjem položaja regresione ravni, na osnovu kota detaljnih tačaka na karti. Time se dobija dobar uvid u generalne padove terena i izraženost zemljišnih oblika (pomoću ocena veličina Δz); ujedno se mogu odrediti pravci dovođenja vode na zalivne parcele, jer oni zavise od pada terena, a time se određuje i orijentacija zalivnih parcela, koja je upravno na pravcu dovođenja vode.

Na kartama ove razmere prikazuju se cela mreža kanala sistema (kanali za dovođenje vode i drenažu), mreža puteva, zalivne parcele, objekti sistema i drugi objekti, tačke geodetskih osnova, podela na listove razmera 1 : 1 000 i dr. Karte razmera 1 : 1 000 rade se samo za površine koje će se navodnjavati. Koriste se za prikaz glavnog (izvođačkog) projekta. Rade se na dva načina:

- posebni listovi za svaku zalivnu parcelu; dimenzije parcela su obično oko 300×1500 m, tako da su potrebna dva lista, i
- kontinuiranom mrežom detaljnih listova.

Jedan i drugi način imaju svoje prednosti. Prvi ima opravdanje ako cela zalivna parcela pada na jedan list, znači kad su parcele dužine oko 800—900 m. U protivnom, bolje je koristiti drugi način.

Na kartama ove razmere se unose kote terena, kote nivelete, radne kote, kanali za navodnjavanje i drenažu koji uokviruju zalivnu parcelu, objekti na njima, površine skidanja i nasipanja s naznakom zapremina zemljanih radova, tačke geodetskih osnova s upisanim koordinatama, odnosno visinama i dr.

7. ZAKLJUČAK

Ravnanje zemljišta na velikim površinama zahteva primenu odgovarajuće tehnologije. Tu spada, pored korišćenja novih mašina za ravnanje zemljišta koje su opremljene laserskim uređajima za kontrolu nivelete, i iznalaženje što ekonomičnije metode ravnjanja i optimalnog premeštanja zemlje — uz obradu podataka na računaru. Za potrebe navodnjavanja izradili smo model za ravnanje zemljišta i premeštanje zemlje obuhvaćeno ovim ravnanjem. Osnovne karakteristike modela jesu:

1. izrađen je korišćenjem metoda matematičke statistike i linearnog programiranja,
2. prilagođen je za automatsku obradu podataka,
3. može se koristiti i za parcele nepravilnog oblika ili s mrežom rasutih tačaka visinske predstave terena,

4. za računanje zapremine korišćen je način, preko elementarnih zapremina, koji daje veću tačnost računanja i
5. projektovana ravan za ravnanje zemljišta dobijena je na taj način što je njen položaj određen istovremeno s transportom zemlje, tj. zavisno od troškova premeštanja zemlje. Time se postiže ušteda u troškovima ravnjanja u odnosu na metode koje položaj projektovane ravni rešavaju odvojeno, nezavisno od transporta zemlje.

LITERATURA I DOKUMENTACIJA

- [1] Barasov A. S., Linejnoe programirovanije v tehniko-ekonomičeskikh zadačah, Moskva, 1964.
- [2] Carevski i dr., Priručnik za melioracije i hidrotehniku, knjiga III — Navodnjavanje, Beograd, 1975.
- [3] Čerkasov A. A., Melioracije i snabdevanje vodom poljoprivrednih gazdinstva, Beograd, 1950.
- [4] Čubranić N., Teorija grešaka s računom izjednačenja, Zagreb, 1966.
- [5] Garald K., Matematičeskie metodi statistiki, Moskva 1975.
- [6] Ivanović, Matematička statistika, Beograd, 1966.
- [7] Izraelsen O., Praktične osnove navodnjavnja, Beograd, 1956.
- [8] Korobočkin i dr., Optimalnoe proektovanie ravnennia gruntov, Sojuzvodproekt...
- [9] Luthin J. N., Drenaža poljoprivrednih zemljišta, American Society of Agronomy, Wisconsin, 1957. (prevod s engleskog, Beograd, 1967.).
- [10] Petrić J., operaciona istraživanja, knjiga I, Beograd, 1974.
- [11] Vranić, V., Vjerovatnost i statistika, Zagreb, 1970.
- [12] ICL Linear programing 400; version NI700, package (ICL4), 1975.
- [13] Tehnički izvještaj za projekat navodnjavanja rejona Balikh Basin (Irak).
- [14] The Moment Method of Land Levelling Computations, rukopis donet s Utah univerziteta u SAD, 1955.

REZIME

Izučavajući već poznate metode ravnjanja, došlo se, korišćenjem metoda matematičke statistike i linearnog programiranja, do jedne nove, nazvane — pronalaženje optimalne ravni za ravnanje zemljišta kad se njen položaj povezuje s transportom zemlje. Kod drugih metoda, ravnanje zemljišta i transport zemlje rešavaju se odvojeno, vodeći računa da položaj projektovane ravni daje minimalne zapremine zemljanih radova, za koje se posle traži optimalno rešenje transporta.

Za razliku od ovih metoda, predložena rešava položaj projektovane ravni u zavisnosti, pored parametara za samo navodnjavanje, od cene transporta zemlje, tako da nije bitna minimalna zapremina zemljanih radova, već minimum troškova premeštanja. Naime, treba imati u vidu da cena premeštanja zemlje ne zavisi samo od količine zemlje i rastojanja na koje se premešta, već i korišćenje radne mašine.

SUMMARY

A new method, so called »The finding out the optimal plane by terrain levelling when its position is related to the soil transfer«, was found out by

using the mathematical-statistical methods and linear programming, as well as by investigation of well know methods. In the case of these methods, the terrain levelling and soil transfer were observed separately taking into account the fact that the position of the projected plane enables minimal quantities of terrain operations for which the optimal solution in the case of the soil transfer had to be found afterwards.

In contract to these methods, the new one can solve the position of the projected plane in dependence on soil transfer costs, besides the parametres of water irrigation itself. Therefore, the minimal quantity of terrain operations seems unimportant, but the minimal transfer costs are very essential. Namely, soil transfer costs do not depend on soil quantity and transfer distance but they do on machine utilization.