Biblid: 0350-2953 (2014) 40 (1):27-36 Originalni naučni rad
UDK: 330.45:338.43 Original scientific paper

PRIMENA LINEARNOG PROGRAMIRANJA NA PROBLEM LOKACIJE REMONTNIH CENTARA
APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING ON THE OVERHAUL FACILITY LOCATION PROBLEM

Dedović N, Matić-Kekić Snežana, Tomić M, Savin L, Simikić M[1]
[1]Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakutet, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad
E-mail: dedovicn@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

U radu su predstavljeni matematički modeli koji rešavaju lokacijski problem na putnoj mreži sa 59 naselja (čvorova). Cilj je da se odredi lokacija remontnih centara, a da se minimizuje težinsko rastojanje između potencijalnih klijenata i centara. Upoređeno je celobrojno rešenje sa rešenjem kada nema takvog zahteva i to u sledećim slučajevima: a) svi klijenti moraju biti potpuno usluženi; b) remontni kapaciteti ne smeju biti premašeni; c) svaki remontni centar mora da radi sa bar 75% kapaciteta; d) dozvoljeno je da klijenti iz istog naselja budu usluženi u različitim remontim centrima. Pretpostavljeno je da su svi remontni centri opremljeni istom opremom i da su poznate potrebe klijenata za servisom. Celobrojno rešenje je uvek davalo veću vrednost funkcije cilja. Za 50 proizvoljnih izbora 14 remontnih centara na mreži od 59 naselja, vrednost prosečne funkcije cilja je više od dva puta bila veća od vrednosti funkcije cilja pri optimalnom rešenju.

Ključne reči: linearno programiranje, lokacijski problem, operaciona istraživanja u poljoprivredi

1. UVOD

U poslednjih deset godina, brojni radovi su napisani na temu lokacijskih problema na putnoj mreži sa *n* čvorova. Na primer, *m*-median problem se koristi za određivanje najbolje lokacije za ograničeni broj ($m<n$): hitnih medicinskih službi (*Ruslim and Ghani, 2006*), pošti (*Janićijević, 1998*), senzora na transportnoj mreži (*Yates et al, 2011*), itd. Jedan od ciljeva ovog rada je da se odrede lokacije za izgradnju remontnih centara, ali i da se odredi raspored odlazaka klijenata do remontnih centara. Ovo će biti postignuto minimizacijom cene težinskih transporta.

Kod problema određivanja lokacije remontnih centara uobičajeno je pretpostaviti da su svi klijenti u potpunosti usluženi i to su da svi klijenti iz istog čvora (naselja) usluženi od strane istog remontnog centra. U ovom radu, svi klijenti će biti usluženi, ali klijenti iz istog čvora ne moraju da budu usluženi od strane istog remontnog centra. Zbog toga, parcijalno servisiranje će biti dozvoljeno. Time će se i broj celobrojnih promenljivih smanjiti sa n^2 na n, što će smanjiti vreme koje je potrebno da se dođe do rešenja.

Klasični *m*-median problem je *NP*-složen (*Kariv and Hakimi, 1979*) i zbog toga je optimalno rešenje, posebno za probleme sa velikim brojem čvorova, teško dobiti. To je razlog za uvođenje velikog broja heurisitka ("annealing" metaheurisitika na primer), razvijenih u (*Kirkpatrick et al, 1983*; *Levanova and Loresh, 2004*; *Al-Khedhairu, 2008*).

Druga mogućnost je da se takvi problemi mogu rešavati u nekoliko koraka kao što je opisano u *Miloshev (2008)*.

U ovom radu će biti prezentovano oprimalno rešenje dobijeno pod novim realnim ograničenjima i biće upoređeno sa rešenjem dobijenim pomoću klasičnog *m*-median problema. Da bi se minimizovala cena transporta, potrebno je odrediti rastojanja između naselja. U ovom radu su ta rastojanja (drumska) realna (tabela 1).

Tab. 1. Čvorovi *i*, nazivi naselja u čvoru *i*, *i*=1,2,…,59. Prosečan potreban broj radnih časova u jednom mesecu za svako naselje dat je u zagradama
Tab. 1. Nodes i, name of settlement at node i, i=1,2,...,59. Required number of working hours on monthly average base for each settlement is given in the brackets

1. Bačko Novo Selo (1633,2)	21. Novi Sad (3411,8)	41. Turija (2563,7)
2. Plavna (2443,6)	22. Bački Petrovac (2955,9)	42. Nadalj (1882,4)
3. Bođani (2538,8)	23. Maglić (1434,6)	43. Radičić (1211,7)
4. Vajska (3771,3)	24. Kulpin (1943,0)	44. Bečej (8078,0)
5. Bač (4579,6)	25. Pivnice (2715,4)	45. Bačko Petrovo Selo (4711,7)
6. Mladenovo (3291,0)	26. Despotovo (2049,1)	46. Bačko Gradište (3196,2)
7. Karađorđevo (2430,9)	27. Savino Selo (1839,1)	47. Čurug (5337,8)
8. Bačka Palanka (4453,5)	28. Ravno Selo (2648,9)	48. Gospođinci (2511,1)
9. Obrovac (1623,4)	29. Kucura (2697,3)	49. Žabalj (5206,7)
10. Tovariševo (2579,5)	30. Rumenka (1525,6)	50. Kać (3351,8)
11. Selenča (1697,7)	31. Kisač (1590,2)	51. Budisava (890,5)
12. Parage (1159,1)	32. Stepanovićevo (2317,4)	52. Kovilj (4407,9)
13. Silbaš (2115,1)	33. Zmajevo (2721,6)	53. Šajkaš (1972,6)
14. Gajdobra (1857,0)	34. Bačko Dobro Polje (2103,4)	54. Mošorin (3095,1)
15. Nova Gajdobra (1040,0)	35. Vrbas (4321,6)	55. Vilovo (1441,2)
16. Čelarevo (1751,2)	36. Srbobran (6934,5)	56. Gardinovci (1705,5)
17. Gložan (1626,8)	37. Sirig (1470,1)	57. Lok (1557,3)
18. Begeč (2169,8)	38. Čenej (3740,2)	58. Titel (3118,2)
19. Futog (3643,3)	39. Bački Jarak (1111,4)	59. Đurđevo (3477,5)
20. Veternik (1118,7)	40. Temerin (4560,9)	

U realnim uslovima, brojni faktori utiču na odluku o tome gde je najbolja lokacija za izgradnju remontnog centra (postojanje odgovarajuće infrastrukture, puteva, lokalnih propisa, mogućnost zapošljavanja) što čini ovakav problem veoma kompleksnim za rešavanje (*Varnakov et al, 2001*).

Osnovni ciljevi ovog rada su: formiranje lokacijskog problema remontnih centara sa podjenakim kapacitetima; određivanje najbolje pozicije za formiranje remontnog centra da bi se minimizovala težinska dužina pređenih kilometara od strane klijenata koji se nalaze u 59 naselja; poređenje rešenja dobijenog primenom celobrojnog programiranja i kada se celobrojnost ne zahteva. Osnovni prilaz ovakvom problemu je određivanje optimalnog rešenja korišćenjem klasičnog *m*-median pristupa (*ReVelle and Swain, 1970*).

2. MATERIJAL I METOD

2.1. Klasični *m*-median problem

Neka je $I=\{1,2,...,n\}$ skup n naselja (čvorova) na mreži. Promenljive definišemo na sledeći način:

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{naselje iz čvora } i \text{ nije dodeljeno naselju iz čvo} \\ 1, & \text{naselje iz čvora } i \text{ je dodeljeno naselju iz čvo} \end{cases} \qquad i, j$$

Reč dodeljeno treba shvatiti u smislu da li klijenti iz naselja i treba da koriste remontni centar smešten u čvoru j. Koeficijent p_i označava populaciju i-tog naselja, dok d_{ij} označava najkraće rastojanje između naselja i i j. Funkcija cilja (1) minimizira sumu težinskih razdaljina uz ograničenja (2-5) a time i cenu težinskog transporta.

$$\min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} p_i \cdot d_{ij} \cdot x_{ij} \tag{1}$$

$$x_{jj} \geq x_{jj} \,, i,j \in I, i \neq j \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \,, i \in I \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{jj} = m \tag{4}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, i,j \in I \tag{5}$$

Ograničenja data u (2) zahtevaju da ako je i-to naselje dodeljeno j-tom naselju, tada j-to naselje mora biti dodeljeno samom sebi. Dakle, ako je $x_{ij}=1$, tada i mora važiti i $x_{jj}=1$. Ograničenje (3) zahteva da svako naselje u čvoru i bude dodeljeno tačno jednom naselju u čvoru j, dok (4) fiksira broj remontnih centara na m. Konačno, (5) određuje tip promenljivih (u ovom slučaju su celobrojne).

Broj remontnih centara određuje se na sledeći način. Pretpostavimo da je M ukupna cena investicije, a da je b ukupna cena konstrukcije remontnog centra (ista za sve centre) i da je c prosečna cena usluge centra po pojedinom žitelju (ista za sve centre). Tada je broj remontnih centara jednak

$$m = \left\lceil \left(M - c\sum_{i=1}^{n} p_i \right) \Big/ b \right\rceil,$$

gde je $\lceil x \rceil$ najmanji ceo broj veći od x.

Primetimo da pretpostavka o fiksnoj ceni konstrukcije implicira da svaki remontni centar ima isto opterećenje (kapacitet). Formulisani klasični m-median problem (1-5) ne može biti primenjen na problem kada se zahteva da svi remontni centri rade sa istim kapacitetima. U primeru 4.1, rešenje se sastoji od remontnog centra koji je tri puta više opterećen od remontnog centra sa najmanje opterećenja. Ovaj problem bi se mogao reštiti tako što bi se za *b* uzela prosečna cena izgradnje remontnog centra, ako bismo hteli da imamo remontne centre sa različitim kapacitetima. Međutim, ipak je jeftinije je da se izgrade remontni centri na osnovu jednog projekta. Cilj ovog rada je da se modifikuje *m*-median problem tako da se optimalno rešenje sastoji od remontnih centara koji su izgrađeni na osnovu istog projekta. To bi dalje impliciralo da remontni centri imaju istu opterećenost (odnosno isti broj radnih časova) koja će biti obeležena sa t. Ako je p_i ukupno vreme potrebno da se poprave mašine iz naselja u čvoru i, tada je ukupan broj radnih sati $\sum_{i=1}^{n} p_i$ i zbog toga je minimalni broj remontnih centara koji može da zadovolji potrebe za popravkom mašina

$$m = \left\lceil \frac{1}{t} \sum_{i=1}^{n} p_i \right\rceil ,$$

gde je $\lceil x \rceil$ najmanji ceo broj veći od x.

2.2. Modifikovani *m*-median problem sa remontnim centrima istog kapaciteta

U poređenju sa klasičnim pristupom, dva nova ograničenja su dodata. Prvo ograničenje zahteva da remontni centar mora pružati uslugu bar $r \cdot t$ radnih sati (6), ali ne više od t radnih sati (7), gde je $0<r<1$ (u ovom radu biće uzeto da je $r=0,75$).

$$r \cdot t \cdot x_{jj} \le \sum_{i=1}^{n} x_{ij} \cdot p_i \; , \; j \in I \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \cdot p_i \le t \cdot x_{jj} \; , \; j \in I \tag{7}$$

Prethodna dva ograničenja su sasvim prirodna, jer funkcija cilja teži da smanji težinsko rastojanje između remontnih centara i klijenata, pa se može dogoditi da neki remontni centar bude prebukiran potrebama za remontnom mašina (ako se ne zahteva da važi (7)). Jedan od efekata ovih ograničenja kapaciteta remontnih centara je da problem (1-7) možda neće imati rešenje, odnosno da ograničenje (6) ili (7) neće biti zadovoljeno.

Ne zahtevati da promenljive budu celobrojne ima još jednu prednost. Minimum (maksimum) funkcije cilja dobijen bez tog zahteva jednak je ili manji (veći) od vrednosti funnkcije cilja dobijene korišćenjem celobrojnog programiranja. Ako se celobrojnim programiranjem dođe do optimalnog rešenja, onda se do njega dolazi bez zahteva za celobrojnošću. Suprotno ne mora da važi (*Dedović et al, 2014*).

Parcijalno servisiranje biće omogućeno ako se definišu promenljive na način koji je dat u (5').

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{klijenti iz čvora } i \text{ se ne servisiraju u čvoru } j \\ p, & \text{klijenti iz čvora } i \text{ se servisiraju u čvoru } j,\ p \in (0,1] \end{cases} \qquad i \ne j,\ i, j \in I.$$

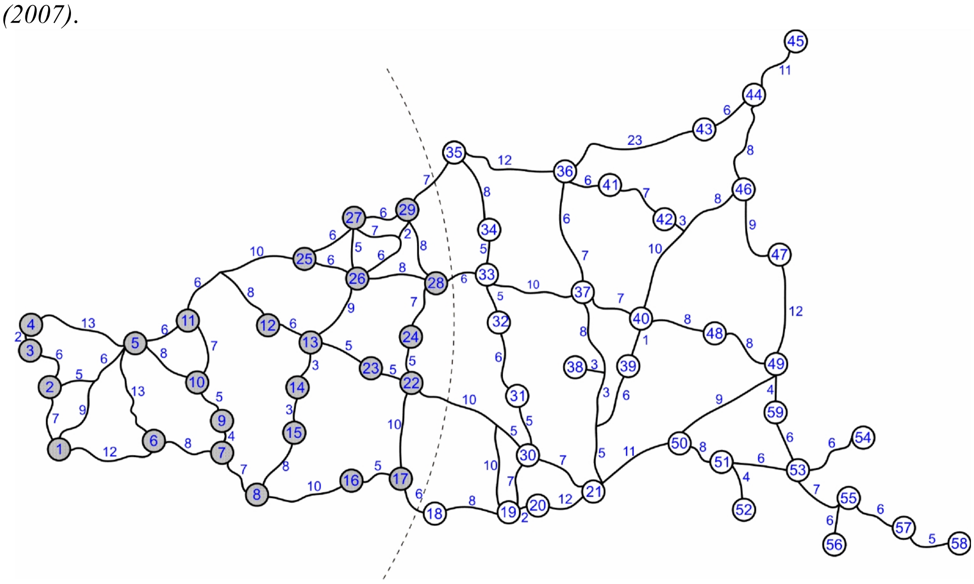
$$x_{jj} = \begin{cases} 0, & \text{u } j-\text{tom čvoru nije remontni centar} \\ 1, & \text{u } j-\text{tom čvoru jeste remontni centar} \end{cases} \qquad j \in I. \tag{5'}$$

Primetimo da, kod klasičnog ReVelle-Swain's pristupa, svih n^2 promenljivih u (5) je celobrojno, dok u (5') ima ih samo n (x_{jj}, j=1,2,...,n). Ostale promenljive x_{ij}, su realni brojevi, koji predstavljaju procenat klijenata iz naselja i koji se servisiraju u naselju j.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Testiranje formiranih matematičkih modela izvršeno je na realnoj putnoj mreži u Vojvodini, sa 59 čvorova (naselja). Osnovni ciljevi su da se odrede naselja u kojima bi bilo najbolje izgraditi remontne centre i da se odrede koji klijenti koriste određene remontne centre. Još jedan cilj je bio da se uporede vremena dobijanja rešenja za različite matematičke modele. U tu svrhu korišćen je softverski paket *Mathematica* (*Wolfram, 2011*). Kod jednog modela zahtevana je celobrojnost promenljivih, a kod četiri nije. Funkcija cilja (1) je ista za svih pet modela. Svi modeli testirani su na personalnom računaru sa 1.24 GB RAM i procesorom brzine 1.5 GHz. U većini primera, rešenje istog problema je deset puta računato i najbolje CPU (central processing unit) vreme (t_{run}) je prikazano.

Neka je p_i prosečan mesečni broj radnih časova remontnog centra lociranom u čvoru (naselju) i (tabela 1, brojevi u zagradama). Broj radnih časova je određen na osnovu setvene strukture za posmatrani region. Pretpostavljeno je da su svi remontni centri istog tipa, da zapošljavaju 67 radnika i da imaju 145591 radnih časova godišnje (12132 radna sata na mesečnom nivou). Ovakav tip remontnog centra je detaljno opisan u disertaciji *Tomić (2007)*.



Sl. 1. Mreža sa 59 naselja (čvorova), puteva i rastojanja (km) u Južnobačkom okrugu, pokrajina Vojvodina, Srbija

Fig. 1. Network with 59 settlements (nodes), roads (vertices) and its distances (km) at South Bačka district, province Vojvodina, Serbia (Longitude: 19°-20°15' E, Latitude: 45°15'-45°40' N).

Problem određivanja optimalne lokacije remontnih centara posmatran je nad zapadnim delom Južnobačkog okruga u Vojvodini (slika 1). U tom delu Vojvodine postoji putna mreža koja uključuje 59 naselja sa 350000 ha obradive zemlje.

Neka je I skup svih čvorova na posmatranoj mreži (59 čvorova, slika 1), J skup čvorova u kojima se nalaze remontni centri i I_j, $j \in J$, skup svih čvorova koji koriste usluge remontnog centra lociranom u j-tom čvoru. U primeru 4.1, funkcija cilja za model (1-5) je obeležena sa F.

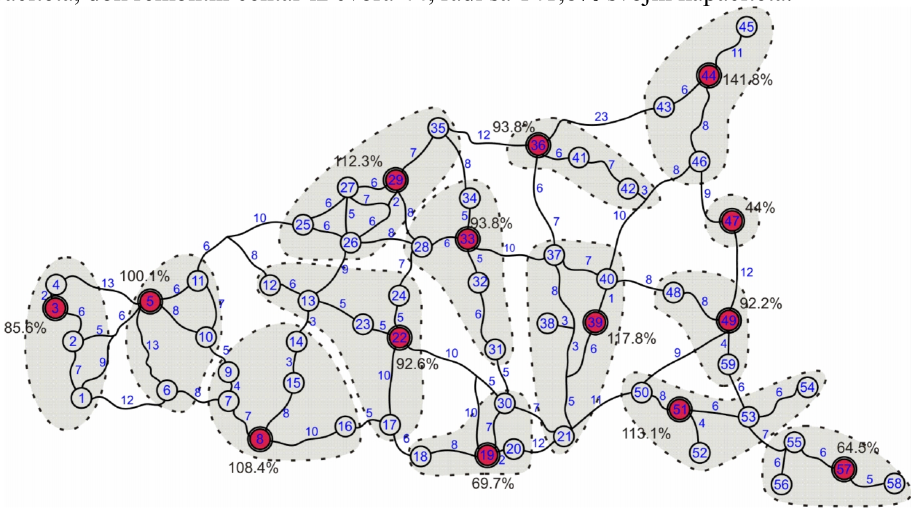
Primer 4.1. Rešavan je problem (1-5) čije rešenje (tabela 2, slika 2) sadrži 14 remontnih centara. Identično rešenje se dobija rešavanjem problema (1-4,5').

Tab. 2. Rešenje problema (1-5) na mreži od n=59 čvorova (slika 1), pozicija remontnih centara (J), klijenti i iskorišćenost kapaciteta remontnih centara (u zagradama)

Tab. 2. Solution of the model (1-5) applied of the network with n=59 nodes (Fig. 1), position of overhaul facilities, clients and capacity usage (in the brackets)

n = 59, m = 14, nodes: $I = \{1,2,\ldots,59\}$, model: (1-5)			
o.f.; CPU time	F = 842436,3; $t_{run}^{F} = 1.75\,s$		
J	3, 5, 8, 19, 22, 29, 33, 36, 39, 44, 47, 49, 51, 57		
I_3 (85.6)	1, 2, 3, 4	I_{36} (93.8)	36, 41, 42
I_5 (100.1)	5, 6, 10, 11	I_{39} (117.8)	21, 37, 38, 39, 40
I_8 (108.4)	7, 8, 9, 14, 15, 16	I_{44} (141.8)	43, 44, 45, 46
I_{19} (69.7)	18, 19, 20, 30	I_{47} (44.0)	47
I_{22} (92.6)	12, 13, 17, 22, 23, 24	I_{49} (92.2)	48, 49, 59
I_{29} (112.3)	25, 26, 27, 29, 35	I_{51} (113.1)	50, 51, 52, 53, 54
I_{33} (93.8)	28, 31, 32, 33, 34	I_{57} (64.5)	55, 56, 57, 58

Možemo zaključiti da remontni centar lociran u čvoru 47 radi samo sa 44% kapaciteta, dok remontni centar iz čvora 44, radi sa 141,8% svojih kapaciteta.



Sl. 2. Optimalno rešenje modela (1-5) i (1-4,5')

Fig. 2. Optimal solution of models (1-5) and (1-4,5')

Da bi remontni centri radili efikasnije i bez prekovremenog rada, prirodno je uvesti ograničenje na broj radnih časova, odnosno ograničenje kapaciteta remontnog centra (6,7). Pomoću ova dva ograničenja dobija se uniformnije iskorišćavanje svih remontnih centara.

Međutim na mreži sa 59 čvorova, zbog složenosti problema, nije bilo moguće odrediti lokacije remontnih centara zahtevajući da promenljive budu celobrojne i da budu zadovoljena ograničenja kapaciteta remontnih centara (model (1-7)). Zbog toga je bilo potrebno uvesti parcijalno servisiranje, odnosno, bilo je potrebno dopustiti promenljivama da budu realni brojevi kao što je urađeno u primeru 4.2, gde je korišćeno da je r=0,75 pa je time ograničeno korišćenje kapaciteta remontnog centra između 75 i 100%.

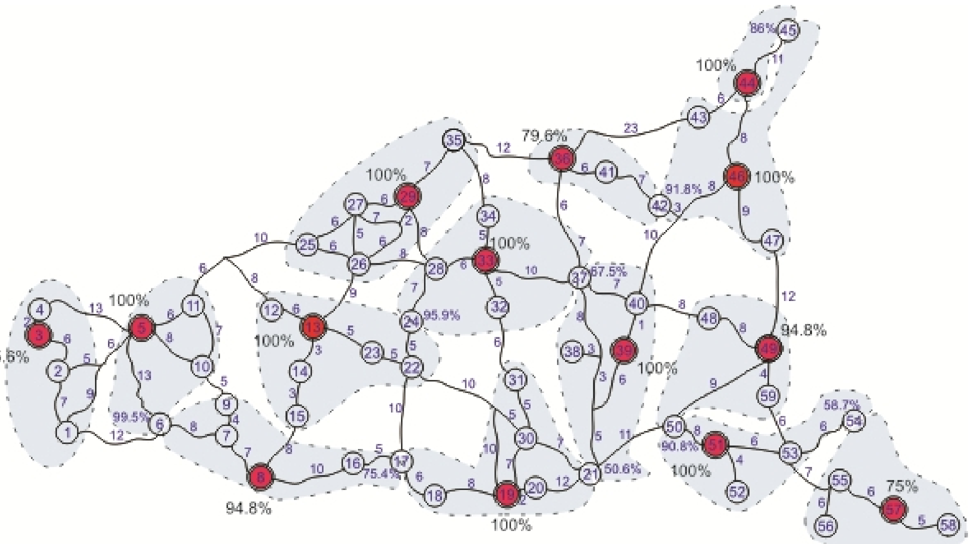
Primer 4.2. Optimalna rešenja posmatranih problema (modela) na putnoj mreži sa 59 čvorova data su u tabeli 3 i slici 3 (samo rešenje problema (1-4,5’,6,7)). Tabela 3 sadrži i pozicije remontnih centara u slučajevima kada nisu i kada jesu traženi uslovi za ograničenost kapaciteta remontnih centara.

Tab. 3. Rešenje posmatranih problema sa parcijalnim servisiranjem primenjeno na mrežu sa n = 59 čvorova.

Tab.3. Solutions to the observed problems with partial servicing applied on the network with n = 59 nodes.

Model	Overhaul facilities	Objective f.	Runtime (s)
(1-4,5’)	3,5,8,19,22,29,33,36,39,44,47,49,51,57	Z = 842436,3	$t_{run}^{Z} = 0.59$
(1-4,5’,6)	3,5,8,13,19,29,33,36,40,44,46,49,51,57	$Z6$ = 892968,3	$t_{run}^{Z6} = 13.8$
(1-4,5’,7)	3,5,8,19,22,29,33,36,39,44,47,49,51,57	$Z7$ = 859166,5	$t_{run}^{Z7} = 1.03$
(1-4,5’,6,7)	3,5,8,13,19,29,33,36,39,44,46,49,51,57	Z^* = 898092,1	$t_{run}^{Z*} = 4.41$

Rešenja problema (1-4,5',6) i (1-4,5',7) neće biti detaljno prikazana. Rešenje problema (1-4,5',7) daje da remontni centri 5, 8, 29, 39, 44, 51 rade sa preko 100% kapaciteta kada se ne traži da ograničenje (6) bude zadovoljeno, dok rešenje problema (1-4,5',6) sadrži remontni centar smešten u čvotu 57 koji radi sa 64,6% kapaciteta. U modelu (1-4,5') ograničenja (6) i (7) nisu zadovoljena kod remontnih centara smeštenih u čvorovima 5, 8, 29, 39, 44, 51 i 19, 47, 57, redom.



Sl. 3. Optimalno rešenje problema (1-4,5',6,7). Remontni centri su označeni crvenom bojom. Klijenti iz čvorova u sivoj zoni su servisirani od strane remontnog centra u toj zoni. Iskorišćenost kapaciteta remontnih centara je zapisana pored odgovarajućeg čvora. Brojevi koji stoje uz čvorove u kojima nisu smešteni remontni centri predstavljaju procenat (>50%) klijenata koji su servisirani od strane odgovarajućeg remontnog centra.
Fig. 3. Optimal solution to the considered facility location problem (1-4,5',6,7). Overhaul facilities are marked by red color. Nodes from blue area are serviced by overhaul facility in that area. Capacity usage numbers are marked near each overhaul facility. Numbers marked near nodes which are not overhaul facility, represent percentage (>50%) of the clients serviced by corresponding overhaul facility. The rest of the clients from the same node are serviced by overhaul facility from neighboring blue area.

Na osnovu rešenja predstavljenog na slici 3 (tabela 3, poslednja vrsta), najduži transport mašine do remontnog centra neće biti veći od 19 km u jednom smeru. Trenutna situacija je da najduži transport iznosi 84 km. Da bi slika 3 bila jasnija, primetimo je 99,5% klijenata iz čvora 6 servisirani od strane remontnog centra u čvoru 5, a da je ostatak klijenata servisiran u remontnom centru lociranom u čvoru 8. Klijenti locirani u čvorovima 17, 24, 31, 37, 42, 45, 50 i 58 su takođe servisirane od strane dva remontna centra. Kao što je bilo i očekivano, najveća vrednost funkcije cilja dobijena je za model (1-4,5',6,7), a najmanja za model (1-4,5'). Brzina određivanja rešenja je najmanja za model (1-4,5'), što je i prirodno, jer ima manji broj ograničenja da se zadovolje. Međutim, vreme rešavanje modela (1-4,5',6,7) je manje od vremena rešavanja problema (1-4,5',6) iako je broj ograničenja veći. To se može objasniti time što je domen pretraživanja u (1-4,5',6) veći, pa duže traje njegovo pretraživanje i nalaženje optimalnog rasporeda centara i njihovih klijenata.

5. ZAKLJUČAK

Vrednost funkcije cilja dobijene celobrojnim programiranjem je veća ili jednaka vrednosti funkcije cilja dobijene kada se ne zahteva celobrojnost promenljivih (tada je i brzina rešavanja problema manja). Za 50 proizvoljnih izbora 14 remontnih centara na mreži od 59 naselja, vrednost prosečne funkcije cilja je više od dva puta veća od vrednosti funkcije cilja pri optimalnom rešenju.

6. LITERATURA

[1] Al-Khedhairu A. (2008). Simulated annealing metaheuristic for solving p-median problem. International Journal of Contemporary Mathematical Sciences 28: 1357-1365.

[2] Janicijević P. (1998). Location-based unit of the postal network. IV postal concealing, Technological future of the Post, Zlatibor.

[3] Kariv S, Hakimi S. (1979). An algorithmic approach to network location problems. Part 2: the *p*-medians. SIAM Journal of Applied Mathematics 37: 539-560.

[4] Kirkpatrick S, Gelatt CD, Vecchi MP. (1983). Optimization by simulated annealing. Science 220: 671-680.

[5] Levanova T, Loresh MA. (2004). Algorithms of ant system and simulated annnealing for the *p*-median problem. Automation and Remote Control 65: 431-438.

[6] Miloshev K. (2008). Using *K*-median graph problem to find optimally located off-site data vaulting facilities, in 'Proceedings of Fourth International Conference Computer Science', Greece, 243-247.

[7] ReVelle C, Swain RW. (1970). Central facilities location. Geographical analysis 2: 30--42.

[8] Ruslim NM, Ghani NA. 2006. An application of the p-median problem with uncertainty in demand in emergency medical services, in 'Proceedings of the 2nd IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Applications', Malaysia, available from: http://math.usm.my/research/OnlineProc/OR06.pdf.

[9] Tomić M. (2007). Optimization of overhaul capacities for agricultural engineering adjusted according to the needs of family farms. Ph.D thesis, University of Novi Sad, Serbia.

[10] Varnakov VV, Streljcov VV, Popov VN, Karpenkov VF. (2001). Technical maintained agricultural mechanization, Moscow, Russia.

[11] Yates J, Batta R, Karwan M. (2011). Optimal placement of sensors and interception resource assessment for the protection of regional infrastructure from covert attack. Journal of Transportation Security 4: 145-169.

[14] Wolfram S. (2011). Mathematica: Virtual book. Available from: http://reference.wolfram.com/mathematica/tutorial/VirtualBook/Overview.html

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING ON THE OVERHAUL FACILITY LOCATION PROBLEM

Dedović N, Matić-Kekić Snežana, Tomić M, Savin L, Simikić M[1].
[1]University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Trg Dositeja Obradovića 8, Novi Sad
E-mail: dedovicn@polj.uns.ac.rs

SUMMARY

This study introduces the mathematical models that solve the real location problems on transportation network with 59 nodes. The aim is to determine the number and locations of overhaul facilities and to minimize the weighted distance between potential clients and overhaul facilities. The solutions obtained by applying the integer and mixed-integer programming are mutually compared on the transportation networks combining the following requirements: a) all clients need to be fully serviced; b) the capacity of overhaul facilities must not be exceeded; c) each overhaul facility must provide at least minimum working capacity (75%); d) partial servicing is allowed (clients from the same node can be serviced by more than one overhaul facility). It is assumed that all overhaul facilities have the same equipment and that needs for servicing are known. Mixed-integer programming always provided solutions to the problems in a reasonable time which was much smaller in comparison to integer programming. After 50 random selections of 14 overhaul facilities, the average objective function was more than two times higher than the objective function from the optimal solution.

Key words: location problem, mixed programming, OR in agriculture

Napomena: rad je nastao kao rezultat istraživanja na projekima TR31046 „Unapređenje kvaliteta traktora i mobilnih sistema u cilju povećanja konkurentnosti, očuvanja zemljišta i životne sredine“ i TR37017 „Modeliranje stanja i strukture padinskih procesa primenom GNSS i tehnologija skeniranja laserom i georadarom“ , koje finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

Primljeno: 20.01.2014 Prihvaćeno:05.03.2014.