

MREŽNI MODELI LOKACIJE I NJIHOVE PRIMENE

NETWORK LOCATION MODELS AND THEIR APPLICATION

Prof. dr Mirko Vujošević, dipl. ing.

Biljana Panić, dipl. ing.

Laboratorija za operaciona istraživanja "Jovan Petrić", FON, Jove Ilića 154, Beograd



REZIME:

U radu se ukazuje na činjenicu da je istraživanje lokacijskih modela izazovno sa teorijskog i praktičnog stanovišta a zatim se daje kratak pregled ovih modela i opis nekoliko interesantnih primena. Najpre su prikazane moguće i najčešće klasifikacije lokacijskih problema. Naglasak je stavljen na diskretne modele koji se oslanjaju na predstavljanje realnog sistema grafom ili mrežnom strukturom. Date su verbalne formulacije osam osnovnih modela i opis nekoliko složenijih koji su iz njih proizašli. Na kraju je dat kratak pregled nekoliko uspešnih primena ovih modela.

Ključne reči: Lokacija, diskretni modeli, primene.

ABSTRACT:

In this paper we firstly point that studying location models is challenging from both theoretical and practical point of view and then offer a brief review of those models followed by a description of several interesting applications. At the very beginning possible and the most frequent classifications of location problems are shown. The focus is primarily placed on discrete models which are based on showing the real system in the form of graph or network structure. Verbal formulations are shown of eight basic models as well as the description of a few more complex models, arising from basic ones. Finally, a brief review is offered of several successful applications of such models.

Key words: Location, discrete models, applications

1. UVOD

U okviru teorije lokacije razmatraju se pitanja koliko novih objekata smestiti u prostor u kome već postoje drugi objekti, pri čemu između objekata postoje izvesne relacije koje takođe mogu biti predmet odlučivanja [1,2,3,4]. U ovom radu se razmatranje ograničava na diskretan prostor koji se može modelovati pomoću težinskih grafova, odnosno mreža [2,3]. Čvorovima se predstavljaju postojeći i/ili novi objekti, a granama njihove relacije: dva čvora su u relaciji ako i samo ako između njih postoji grana. Čvorovi koji predstavljaju postojeće objekte se odnose na one realne objekte nad kojima se vrši neka aktivnost ili usluga, odnosno na objekte u kojima postoje klijenti koji traže izvesnu uslugu. Nekada isti objekat može da prima i pruža usluge istovremeno. Težina pridružena čvoru predstavlja broj klijenata ili tražnju za uslugom iz tog čvora. Novi objekat, koji se zove postrojenje ili, u zavisnosti od konkretnog problema, drugačije, predstavlja se čvorom iz kojeg će usluga biti pružena.

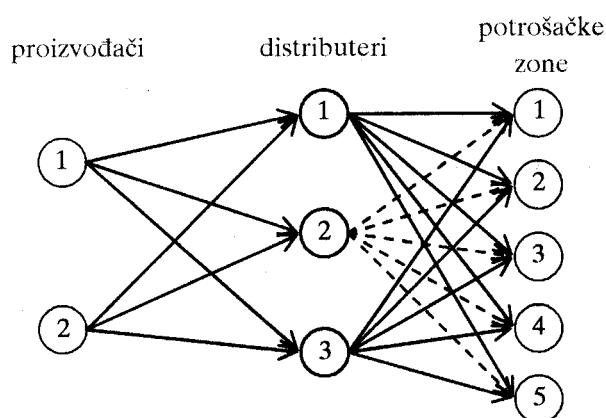
Grane grafa ukazuju na odnose između objekata i obično su usmerene. Težine pridružene granama od novog do postojećeg čvora predstavljaju troškove pružanja usluge u slučajevima kada se razmatraju problemi minimizacije troškova, što se u praksi najčešće sreće.

Pored određivanja lokacije novog objekta, tj. određivanja čvora na mreži u koje će se smestiti postrojenje, javljaju se i problemi raspoređivanja klijenata po postrojenjima. Naravno, razmatraju se i problemi drugačije prirode o čemu će u daljem tekstu biti više reči.

Kao ilustraciju, ovde navodimo problem određivanja optimalnih lokacija za distribucione centre koji posreduju između proizvođača i potrošača [5,6]. Na slici 1. prikazani su mogući tokovi materijala od proizvođača do potrošačkih zona. Postoji više različitih proizvoda koji se mogu proizvoditi u nekoliko proizvodnih pogona čiji su kapaciteti ograničeni i poznati. Poznate su i tražnje za svakim proizvodom u okviru svake potrošačke zone. Tražnja se zadovoljava

preko distribucionih centara smeštenih između proizvođača i potrošača, pri čemu postoji dodatno ograničenje da jedan potrošač može da se snabdeva iz samo jednog distribucionog centra. Svaki distribucionni centar ima donju i gornju granicu ukupne količine svakog proizvoda koji može da distribuira. Poznati su: fiksni troškovi vezani za angažovanje svakog distribucionog centra; troškovi po jedinici distribuiranog proizvoda preko određenog distribucionog centra; varijabilni troškovi transporta od postrojenja do zone potrošača (uglavnom uračunati u proizvodne troškove).

Zadatak je napraviti optimizacioni model koji će pomoći u donošenju odluke koji će distribucionni centar biti izabran i koja će grupa potrošača biti uslužena preko tog centra. Optimalna odluka zavisi od načina transporta za svaku vrstu proizvoda. Odluka treba da se donese tako da se postignu minimalni ukupni troškovi snabdevanja i proizvodnje, pri ograničenim proizvodnim kapacitetima i imajući u vidu posebne zahteve svakog distribucionog centra. Detaljniji prikaz ovog modela i rešenje uz korišćenje komercijalnog softvera [7] dati su u radu [6].



Slika 1.

Posledice odluke o izboru lokacije novog objekta, pozitivne i negativne, po pravilu su dugoročnog karaktera jer značajno utiču na efikasnost i efektivnost razmatranog realnog sistema [5]. Ovo znači da su lokacijske odluke strateškog karaktera i da zato zahtevaju prethodne temeljne analize. U analizama se naglasak stavlja na ekonomska i tehničko-tehnološka pitanja. Treba imati u vidu da se u nekim problemima izbora lokacije kao najviši prioritet stavljaju ekološki ili sociološki aspekti odluke. Ipak, veći deo teorije lokacije bavi se problemima koji se oslanjaju na

klasične matematičke modele u kojima se traži optimalno rešenje po jednom izabranom kriterijumu uz zadovoljenje postavljenih zahteva i ograničenja.

Pored toga što nije jednostavno napraviti matematički model koji dobro predstavlja realni problem lokacije, postoje mnogi još nerešeni problemi i u rešavanju optimizacionih zadataka. Radi se, često, o zadacima koji su prema svojim osobinama svrstani u takozvane teške zadake o čemu će kasnije biti više reči.

U ovom radu se daje kratak pregled mrežnih modela lokacije i njihovih primena. Sledeća glava pruža nekoliko mogućih opštih klasifikacija lokacijskih problema. Zatim se u trećoj glavi daju opisi karakterističnih optimizacionih modela. Optimizacioni zadaci su postavljeni samo u opisnoj formi dok se odgovarajući matematički modeli mogu naći u citiranoj literaturi [8,2,3]. Nekoliko primena opisano je u četvrtoj glavi. Detaljniji uvid u teoriju lokacije može se naći na internet stranici Radne grupe za analizu lokacija Evropske asocijacije za operaciona istraživanja [4,9].

2. KLASIFIKACIJA LOKACIJSKIH MODELA

Jedan od prvih koraka u svakoj teoriji jeste opis i klasifikacija predmeta istraživanja prema izabranim atributima ili kriterijumima. Moguće su različite klasifikacije lokacijskih modela. Već je, implicitno pomenuta jedna klasifikacija kojim se modeli grupišu u sledeće dve grupe: (a) modele čijim rešavanjem treba propisati lokaciju jednog ili više novih objekata koji treba da izvrše određene usluge ili aktivnosti na najefikasniji način, i (b) modele čijim se rešavanjem propisuje koji će postojeći objekti obavljati zadate aktivnosti.

Jedna od prvih klasifikacija problema lokacije jeste na osnovu toga da li je novi objekat željen, neželjen ili poluželjen. Željeni objekti pružaju dobre usluge postojećim objektima i osnovni cilj rešavanja problema lokacije jeste da željeni objekat bude što bliže postojećim. Tipični primeri željenih objekata su: distribucionni centar, služba za hitnu pomoć, prodavnica, vatrogasna služba, služba za održavanje, dečji vrtić, škola itd. Neželjeni objekti ugrožavaju postojeće i treba da su što dalje od njih. Tipičan primer je skladište opasnog materijala. Poluželjeni objekti su oni za koje se traži da budu što dalje od postojećih ali ipak ne predaleko. Tipičan primer su deponije za smeće koje treba da su što dalje od stambenih jedinica ali ne predaleko s obzirom na svakodnevne transportne troškove odnošenja smeća.

Najčešće klasifikacije tradicionalnog lokacijskog problema obavljaju se na osnovu sledećih njihovih osobina [10]:

Topološke karakteristike. Prostor u kome su smešteni objekti može biti kontinualan ili diskretan. Uobičajena klasifikacija po ovoj karakteristici je na kontinualne i diskretne modele, ili kontinualne i mrežne modele. Poseban slučaj mrežnih modela su tzv. hab modeli.

Namere ili ciljevi. Razlikuju se modeli prekrivanja (covering models), modeli p-centara i modeli p-medijana koji će kasnije biti detaljnije objašnjeni.

Metode rešavanja. Optimizacioni modeli koriste pristupe operacionih israživanja kao što su linearno, celobrojno ili mešovito celobrojno programiranje za traženje alternativnih rešenja prema zahtevima i ciljevima koji mogu biti u sukobu. Pored njih, koriste se i opisni ili kvalitativni modeli koji se oslanjaju na pretežno kvalitativne analize, simulaciju i druge pristupe za postupno usaglašavanje rešenja koje do izvesnog stepena zadovoljava postavljene zahteve. Za složene probleme lokacije razvijene su interaktivne metode zasnovane na korišćenju kvalitativnih metoda i optimizacionih tehnika.

Karakteristika postrojenja. Ograničenja u postrojenjima mogu da definišu modele sa ili bez ograničenog kapaciteta. Druga klasifikacija u odnosu na karakteristike objekta je mogućnost kooperacije između objekata.

Obrazac tražnje. U razmatranom modelu tražnja može da bude elastična, što znači da može da se menja u zavisnosti od odluke o lokaciji postrojenja, ili neelastična, odnosno nezavisna od odluke o lokaciji.

Tip lanca snabdevanja. Modeli lokacije mogu biti jednostepeni ili jednonivoski (single-stage), u kojima se razmatraju problemi u kojima korisnici direktno dobijaju uslugu iz distribucionih centra, i višestepene ili višenivoske (multi-stage) u kojima se razmatraju tokovi usluge kroz nekoliko hijerarhijskih nivoa.

Vremenski horizont. U statičkim modelima se odluke o lokaciji donose jedanput na osnovu razmatranih parametara i performansi. U dinamičkim modeli se uzima u obzir promenljivost parametara i performansi i periodično preispituju odluke u cilju prilagođavanja (adaptacija).

Ulazni parametri. Priroda ulaznih parametara može biti deterministička ili stohastička. Deterministički modeli su jednostavniji i lakši za rešavanje ali su realniji modeli sa parametrima stohastičke prirode.

Pored ovih, u [11] se daje klasifikacija na osnovu broja proizvoda, odnosno broja različitih usluga koje treba obezbediti. Modeli mogu biti za jedan ili više proizvoda. Često se polazi od pretpostavke da se više proizvoda može agregirati u jedan, na osnovu njihove tražnje, troškova, ili kapaciteta. Ako to nije moguće, definišu se modeli koji razmatraju postojanje više proizvoda.

Interesantna je i podela na probleme u privatnom i javnom sektoru [12,13]. Pretpostavlja se da je u privatnom sektoru osnovni cilj maksimizacija profita ili minimizacija troškova, dok je u javnom sektoru cilj optimizacija neke od mera korisnosti.

Još nekoliko načina klasifikacije dato je u [2]:

Broj objekata na mreži. Klasifikacija se pravi u zavisnosti od toga da li treba locirati samo jedan, ili više objekata.

Dozvoljena mesta za lociranje objekata. Objekte je moguće locirati u bilo kojoj tački (kontinualni problem), ili ih je moguće locirati samo u određenim, unapred definisanim tačkama (diskretni problem)

Vrsta objekata. Razlikuju se sledeći problemi: (a) medijane (potrebno je locirati jedan ili više objekata na mreži, tako da se minimizira prosečno rastojanje između objekata i korisnika usluga), (b) centri (potrebno je locirati jedan ili više objekata tako da se minimizira rastojanje do najudaljenijeg korisnika) i (c) objekti sa prethodno definisanim performansama sistema (potrebno je locirati jedan ili više objekata na mreži, tako da se zadovolje unapred definisani standardi u pogledu pređenih rastojanja, vremena putovanja, vremena čekanja na uslugu ili nekog drugog atributa – problem zahtevanja) [3].

Tip algoritma za rešavanje. Egzaktni algoritmi garantuju dobijanje rešenja dok se primenom heurističkih algoritama dobija rešenje koje je ili blisko optimalnom ili čak optimalno ali za to ne mora da postoji dokaz.

Broj kriterijumskih funkcija. Lokacija objekta može da se posmatra kao jednokriterijumski ili višekriterijumski zadatak optimizacije. Treba uočiti da su višekriterijumski zadaci optimizacije matematički slabo

struktuirani i da se konačno rešenje realnog problema donosi na osnovu subjektivnih preferenci donosioca odluke.

3. DISKRETNI MREŽNI LOKACIJSKI MODELI

Osnovni diskretni mrežni lokacijski modeli su: model prekrivanja skupa, model maksimalnog prekrivanja, model p-centra, model p-disperzije, model p-medijane, model fiksnih troškova, model haba (hub) i maksisum model. U svim ovim modelima, poznata je mreža, lokacije korisnika koji treba da budu usluženi i lokacije postojećih postrojenja. Potrebno je locirati nova postrojenja, ili relocirati postojeća, da bi se zadovoljili neki postavljeni uslovi. Prema načinu na koji razmatraju udaljenost, prva četiri modela su svrstana u modele maksimalne udaljenosti, a druga četiri u modele ukupne ili prosečne udaljenosti.

3.1. Problem prekrivanja skupa (Set Covering Location Problem - SCLP)

U ovom modelu polazi se od stava da su svi čvorovi koji su udaljeni od nekog izabranog čvora manje od unapred zadate udaljenosti D_c prekriveni. Tražnja u mestima koja odgovaraju prekrivenim čvorovima, smatra se zadovoljenom. Zadatak je locirati minimalan broj postrojenja kojima se prekrivaju svi čvorovi tražnje. Prvi lokacijski model prekrivanja bio je model prekrivanja skupa (Toregas, 1971). U matematičkom modelu, broj lociranih postrojenja definiše funkciju cilja, a ograničenjima se osigurava da svaki čvor tražnje bude pokriven bar jednim postrojenjem.

Problem prekrivanja skupa, iako se lako shvata i formuliše, spada u klasu takozvanih nedeterministički polinomijalno (NP) teških problema (NP-hard). Za te probleme je karakteristično da sa rastom dimenzije (broj čvorova u grafu) računarski resursi za nalaženje optimalnog rešenja pri korišćenju danas najboljih poznatih algoritama rastu eksponencijalno. To znači da se može desiti da se ni uz pomoć najjačih svetskih računara ne može garantovati nalaženje optimalnog rešenja čak i za neke relativno male realne probleme! Nevolja je što mnogi lokacijski problemi spadaju takođe u grupu NP teških problema. Zato se za njihovo rešavanje razvijaju različite heuristike.

3.2. Problem maksimalnog prekrivanja (Maximal Covering Location Problem - MCLP)

U modelima prekrivanja skupa potrebno je prekriti sve čvorove tražnje i u njima nema ograničenja budžeta. U praksi, resursi su ograničeni, pa je formulisan model maksimalnog prekrivanja (Church and ReVelle, 1974). U ovom modelu je ograničen broj postrojenja koja je moguće locirati, pa je cilj maksimizirati tražnju koja može biti prekrivena lociranjem p postrojenja. Očigledno, može se desiti da ne budu prekriveni svi čvorovi, tj. da ne bude zadovoljena sva tražnja.

3.3. Problem p-centra (p-center Problem)

Prethodna dva modela, SCLP i MCLP, podrazumevaju da je udaljenost prekrivanja fiksna. Za slučajeve kada je cilj, a ne fiksno, definisan je p-centar problem. Problem p-centra (Hakimi, 1964) minimizira maksimalnu udaljenost mesta tražnje od postrojenja čiji je broj prethodno definisan. Problem može biti neotežan, kada se sva mesta tražnje jednako tretiraju, i otežan kad se uzima u obzir i vrednost tražnje [3].

Funkcija cilja je maksimalna udaljenost između svakog čvora tražnje i njemu najbližeg slobodnog postrojenja otežana tražnjom koja odgovara tom čvoru. Ograničenja su da treba locirati tačno p postrojenja i da svaki čvor tražnje bude snabdeven iz samo jednog postrojenja. Ovaj model odgovara realnim problemima lociranja službe za pružanje pomoći kao što je lokacija vatrogasnih stanica (jer vatrogasna kola treba što pre da stignu do najudaljenijeg objekta) ili službe za hitnu pomoć (kada je zahtev sličan prethodnom). Ova klasa problema se naziva minimax problemi jer treba minimizirati maksimalnu udaljenost.

3.4 Problem p-disperzije (p-dispersion Problem)

U ovom modelu se razmatraju udaljenosti između novih postrojenja i zadatak je da se oni rasporede tako da najmanja udaljenost između svakog para postrojenja bude što veća (maxmin problem, maksimizirati najmanju udaljenost) (Kuby, 1987). Funkcija cilja je minimalna udaljenost između dva najbliža postrojenja a ograničenjem se zahteva da se locira p postrojenja. Postoji i dodatno ograničenje kojim se određuje minimalna udaljenost između svakog para postrojenja.

3.5. Problem p-medijane (p-median Problem)

Ovaj i naredna tri modela spadaju u podgrupu modela ukupne, ili prosečne udaljenosti.

Za probleme lokacije distributivnih centara važnije je posmatrati ukupne troškove transporta do prodavnica nego trošak transporta do najudaljenije prodavnice. Dakle, za svako postrojenje (distribucioni centar) računa se suma otežanih udaljenosti do čvorova (prodavnica) čija se tražnja zadovoljava iz tog postrojenja. Optimizacioni zadatak je da se nađe takav raspored novih postrojenja da ukupna suma udaljenosti bude što manja. Funkcija cilja je tipa sume pa se ova klasa problema naziva minisum, treba minimizirati sumu. Ograničenja su identična ograničenjima modela p-centar. Može se dokazati da se optimalna rešenja u ovom modelu uvek nalaze u čvorovima datog grafa. Dodatno, polazi se od sledeće tri pretpostavke. Prvo, fiksni troškovi za sve potencijalne lokacije su jednaki. Drugo, potencijalna postrojenja imaju neograničene kapacitete. Treće, podrazumeva se da se još na početku zna koliko postrojenja treba otvoriti (p).

3.6. Lokacijski problem fiksnih troškova (Fixed Charge Location Problem)

U ovom modelu se izostavljaju navedene tri pretpostavke iz prethodnog modela p-medijane. Dakle, lociranje novih postrojenja stvara fiksne troškove, postrojenja mogu imati ograničene kapacitete i nije određen broj postrojenja koje treba locirati. Zadatak je da se odredi broj postrojenja i njihove lokacije sa ciljem da ukupni troškovi kao zbir fiksnih i varijabilnih troškova budu što manji. Ako se uzimaju u obzir ograničenja na kapacitete postrojenja, može se desiti da tražnja iz nekog čvor neće biti zadovoljena iz najbližeg postrojenja.

3.7. Hab lokacijski problem (Hub Location Problem)

Ovi problemi su originalno rešavani u vezi sa organizacijom logističke podrške u vazдушnom saobraćaju. Razlikuju se dve vrste aerodroma, pa prema tome, i dve vrste čvorova u odgovarajućoj mrežnoj strukturi. Danas se mnogi logistički sistemi projektovani tako da se veći kapaciteti nekih centara zajednički koriste na način koji obezbeđuje da prosečni troškovi ili ukupno vreme snabdevanja budu manji. Troškovi transporta su u većini realnih problema proporcionalni ili jako korelisani sa udaljenošću. U tom smislu, u

većini modela se kao funkcija cilja postavlja suma troškova kretanja između ne-hab i hab čvorova koji ga snabdeva, troškova kretanja od poslednjeg haba do odredišta transportnog toka i troškova kretanja između habova, pri čemu se uzimaju u obzir i popusti na troškove ako postoje. (O'Kelly, 1987). Model podrazumeva da je deo mreže koji čine habovi potpun graf, pa put između bilo koja dva čvorova prolazi kroz najviše dva različita haba. Ograničenja su ista kao kod modela p-medijane. Iako su ograničenja ista, razlike između ova dva modela su velike. Prvo, kod p-hab modela tražnja je tok iz čvorova u čvor, a ne jednostavna tražnja iz čvorova. Drugo, funkcija cilja je kvadratna i treće, transport iz najbližeg čvorova ne mora biti optimalan.

3.8. Maxisum lokacijski problemi (The Maxisum Location Problem)

Maxisum lokacijski problemi traže lokaciju p postrojenja, tako da ukupna, tražnjom otežana udaljenost između postrojenja i mesta tražnje, bude maksimalna. Ovi modeli se, po pravilu, odnose na lokaciju neželjenih objekata.

3.9. Ostali lokacijski modeli

Pored osnovnih, postoje i modeli lokacije i rutiranja, lokacijski modeli dizajniranja mreže, višeciljni modeli, modeli dinamičke lokacije, modeli stohastičke lokacije i drugi [14]. Osnovni modeli podrazumevaju da se tražnja zadovoljava direktno iz postrojenja. U praksi najčešće postoje centri skladištenja sa proizvodima iz više postrojenja iz kojih mogu da transportuju proizvode do više potrošača, kao što je ilustrovano na primeru prikazanom na slici 1. Funkcionisanje takvog sistema ne zavisi samo od udaljenosti postrojenja od potrošača nego i od efikasnosti ruta koje treba da pređu vozila da bi zadovoljila više potrošača. Modeli lokacije i rutiranja uzimaju i ovo u obzir i omogućuju donošenje tri važne odluke: gde locirati postrojenja, kako alocirati potrošače na postrojenja i kako rutirati vozila.

Za neke probleme je neophodno predvideti i dizajnirati celu mrežu. Prethodno pomenuti modeli podrazumevaju grafove sa postrojenjima i potrošačima u čvorovima, ali je za neke probleme podjednako važno utvrditi koje nove grane treba uključiti u mrežu, kao i da li postrojenja mogu biti locirana i negde na grani a ne samo u čvoru. Time se bave modeli projektovanja mreža [14].

Vrlo često na odluke o lokaciji utiču brojni suprotstavljeni faktori, pa je potrebno postaviti i više ciljeva koje treba zadovoljiti. Zbog toga su razvijeni višeciljni ili višekriterijumski modeli koji se, uglavnom, rešavaju ili nalaženjem Pareto optimalnih rešenja, ili leksikografski [5,3].

Modeli pomenuti u ovom radu su statički; u praksi se uglavnom javlja potreba za praćenjem promena u vremenu, pa su razvijeni dinamički modeli lokacije [14]. Takođe, modeli su deterministički, dok se u praksi češće javlja potreba za stohastičkim modelima.

4. PRIMENE OSNOVNIH DISKRETNIH MREŽNIH LOKACIJSKIH MODELA

U nastavku će biti prikazano nekoliko izabranih karakterističnih primera primene diskretnih mrežnih lokacijskih modela. Najviše radova se odnosi na primenu modela p-medijane, ili neke modifikacije ovog modela.

4.1. Planiranje prodajnih teritorija

Primena modela p-medijane za planiranje prodajnih teritorija u Nemačkoj je opisana u [15]. Planiranje prodajnih teritorija se ovde posmatra sa aspekta lokacije postrojenja, odnosno agenata, i to kroz grupisanje manjih geografskih prodajnih jedinica u veće jedinice. Poznato je n prodajnih jedinica u okviru prodajne teritorije, donji i gornji nivo prodaje na toj teritoriji i zna se da trgovački putnik - agent pripada odgovarajućoj teritoriji, a nalazi se u jednoj od prodajnih jedinica. Takođe je poznata maksimalna dozvoljena udaljenost od jedinice u kojoj je trgovački putnik, do ostalih jedinica koje on snabdeva, ili vreme koje on sme da provede u putovanju. Cilj je smestiti m novih prodajnih teritorija minimizirajući ukupnu udaljenost od jedinice u kojoj je smešten trgovački putnik do jedinica koje snabdeva u okviru te nove prodajne teritorije. Trgovački putnik snabdeva sve jedinice kojima je on bliže nego bilo koji drugi trgovački putnik i taj skup jedinica čini novu prodajnu teritoriju. Broj novih teritorija ne mora biti poznat na početku, već se može utvrditi u toku rešavanja tako da se postigne što bolja vrednost ciljne funkcije. Lokacija trgovačkog putnika, takođe, ne mora biti zadata na početku.

Ovo je klasičan problem p-medijane, pri čemu su modelu dodata ograničenja koja se odnose na donji i gornji nivo prodaje i ograničenje koje definiše da ako trgovački putnik snabdeva neku jedinicu, onda ne pos-

toji neki drugi trgovački putnik koji je bliže toj jedinici. Problem je rešen uz pomoć heurističke procedure primenom softvera BusinessManager, razvijenog od strane Geomer GmbH u Nemačkoj.

4.2. Promena mreže – relokacija

Model p-medijane je primenjen na relokaciju vatrogasnih stanica u Barseloni [16]. Projekat je urađen pod pokroviteljstvom Ministarstva za obrazovanje Španije i Odeljenja za protivpožarnu zaštitu u Barseloni. Planirano je da se relociraju vatrogasne stanice u gradu (ukupno sedam stanica) jer je njihova postojeća lokacija bila uslovljena istorijskim razlozima i podacima iz 1960. godine.

Barselona je podeljena na 201 transportnu zonu. Za svaku zonu je bio poznat broj stanovnika i procenjeno vreme putovanja između zona. Vreme putovanja se razlikuje u zavisnosti od doba dana, pa je dan (24 časa) podeljen na sedam intervala. Model p-medijana podrazumeva da su vremena putovanja između čvorova poznata. U ovom slučaju, vreme potrebno da se stigne iz jednog čvora u drugi zavisi od doba dana, pa su zbog toga razvijeni scenariji za svaki od sedam intervala.

Predstavljene su dve formulacije modela p-medijana za rešavanje ova dva problema, a zatim su oni rešeni primenom heurističkog metoda zasnovanog na proceduri koju su razvili Teitz i Bart 1968. Razmotrana su rešenja na osnovu dva kriterijuma.

Prvi je minimaks kriterijum, tj. za svaki mogući scenario se računa početno rešenje tako da se minimizira prosečno vreme putovanja. Dobija se sedam različitih rešenja za svaki scenario. Zatim se formira matrica u kojoj su izračunata vremena putovanja za svaki scenario (period u toku dana) za svaku lokaciju. Za svaku lokaciju se utvrđuje maksimalno vreme putovanja (za određeni scenario). U sledećoj fazi se jedan čvor dislocira na drugo mesto, pa se procedura ponavlja. Ako je maksimalno vreme putovanja manje nego u prethodnom slučaju, to rešenje se zadržava, pa se u okviru njega dislocira neki drugi čvor, a ako nije, vraća se na prethodno, pa se neki drugi čvor dislocira. Cilj je naći rešenje sa najkraćim maksimalnim vremenom putovanja.

Drugi kriterijum je kriterijum minimalnog žaljenja. Za svaki scenario se dobija početno rešenje rešavanjem klasičnog p-medijana modela, pa se formira matrica kao u prethodnom slučaju. Za svaku kombinaciju se računa žaljenje koje je razlika između najkraćeg vremena za dati scenario i vremena dobi-

jenog za određenu lokaciju. Zatim se za svaki scenario utvrđuje maksimalno žaljenje, pa se ponavlja procedura kao za prvi kriterijum. Cilj je da se nađe rešenje sa najmanjim žaljenjem.

4.3. Lokacija službi za hitnu medicinsku pomoć velikog obima

U literaturi se mogu naći mnogobrojni modeli za lokaciju medicinskih ustanova i to najčešće bazirani na modelima prekrivanja, p-medijane i p-centra. Modeli lokacije stanica hitne medicinske pomoći za slučaj nesreća većih razmera (zemljotresi, požari, teroristički napadi itd) razmatrani su u radu [10]. Nesreće većih razmera imaju svoje specifičnosti, pa se problem lokacije medicinskih stanica za te slučajeve ne može rešavati na uobičajeni način. Osnovna karakteristika takvih situacija, sa aspekta snabdevanja, je nepredvidiva i velika tražnja koja se, pri tome, vrlo retko dešava. Uprkos tome, nije dopustivo da tražnja bude nezadovoljena. Zbog toga je neophodno razmotriti brojne faktore koji mogu uticati na nastanak ovakvih situacija i voditi računa o njima prilikom rešavanja problema lokacije.

Opšti model koji uzima u obzir navedene specifičnosti problema razmatran je u citiranom radu. Zatim je model modifikovan u model maksimalnog prekrivanja, p-medijane i p-centra. Kod primene modela maksimalnog prekrivanja, predviđa se više scenarija i za svaki se pronalazi optimalna lokacija. Slično slučaju Barselone, utvrđuje se žaljenje ukoliko se stanice lociraju na osnovu jednog scenarija, a desi se drugi. Cilj je naći lokaciju sa minimalnim žaljenjem.

4.4 Planiranje zaštite objekata

Problemi iznenadnih ometanja rada postojećih, ali povredljivih, sistema snabdevanja usled sabotaža ili terorističkih napada razmatraju se u radu [17]. Autori posmatraju jednostavan sistem snabdevanja sa p postrojenja i skupom korisnika, gde se svaki korisnik snabdeva iz najbližeg postrojenja. Pretpostavlja se da postoje uticaji koji žele da nanesu što veću štetu sistemu, pa je cilj da se nađe rešenje koje minimizira maksimalnu štetu. Ako se najbliže postrojenje onesposobi, korisnik se snabdeva iz sledećeg najbližeg postrojenja. Pretpostavlja se da će oni koji pokušavaju da onesposobe sistem, kada se neko postrojenje obezbedi i ojača, napadati neke druge sisteme koji nisu obezbeđeni. Takođe se polazi od pretpostavke da ima dovoljno sredstava da se obezbedi samo

ograničen broj postrojenja, q , i da su, takođe, ograničena sredstva za oštećenje sistema, pa je moguće oštetiti samo ograničen broj postrojenja, r . Cilj je da se odredi skup od q postrojenja koji će biti obezbeđen, tako da, nakon napada, ostatak sistema funkcioniše što efikasnije.

Problem je rešavan primenom modela dvonivoskog programiranja (bilevel programming), gde se gornji nivo problema odnosi na odluke o tome koja postrojenja će se štititi i ojačavati, dok se donji nivo odnosi na odluku napadača koje nezaštićeno postrojenje će da napadne. Primenjen je algoritam zasnovan na pretraživanju binarnog stabla koji u ovom slučaju iterativno rešava model medijane r - zabrana (r -interdiction median - RIM).

4.5. Izbor potrošača

Izbor potrošača u konkurentskom okruženju razmatran je u [13]. Prvo je analizirano ponašanje potrošača sa aspekta spremnosti da se pređe određeni put do prodajnog mesta. Zatim je utvrđeno koji faktori, sem udaljenosti, utiču na odluku potrošača i oni su uvršteni u novi diskretni konkurentski lokacijski model maksimalnog zauzimanja (Maximum Capture Discrete Competitive Location Model). Model je primenjen na dva scenarija u Velikoj Britaniji i Španiji. Zatim su u model uvrštena i ograničenja zasnovana na konceptu ulaska na tržište, koji je prvi put uveden kao stohastičko ograničenje. Razvijen je novi model – lokacijski model maksimalnog zauzimanja sa ograničenjima. Na kraju su predstavljene dve metaheuristike za njegovo rešavanje.

5. ZAKLJUČAK

U praksi se susreću raznovrsni lokacijski problemi koji se rešavaju manje ili više uspešno. Razvoj teorije lokacije je stvorio osnove da se novim problemima priđe na osnovu bogatog teorijskog i praktičnog iskustva. Analitičarima stoje na raspolaganju rezultati koji ukazuju na pravac modeliranja problema i na metode i algoritme koje ima smisla koristiti u rešavanju odgovarajućih optimizacionih zadataka. Dodatno, danas postoji puno raspoloživog softvera kao podrška za rešavanje problema lokacije.

Bez obzira na bogato iskustvo iz literature, svaki poseban praktični problem lokacije traži istraživački pristup, razvoj adekvatnog modela i izbor pogodnih metoda analize i rešavanja. Zbog toga problemi lokacije ostaju izazov i sa teorijskog i sa prak-

tičnog aspekta. U ovom radu je prikazano samo nekoliko osnovnih modela radi prvog uvida u oblast i eventualnog podstreka da se naučnim pristupom rešavaju praktični problemi. Pokazano je da navedeni lokacijski modeli imaju mogućnost široke primene u raznim oblastima. Ipak, može se zaključiti da oblast lokacijskih problema, s obzirom na raznovrsnost zadataka, još uvek nije dovoljno istražena i pruža veliki prostor za dalja istraživanja.

6. LITERATURA

- [1] Love R.F., Morris J.G., Wesolowski G.O., Facilities Location: Models and Methods, Elsevier, New York, 1988.
- [2] Teodorović, D., "Transportne mreže", Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1996.
- [3] Vujošević M., Panić B., Stanojević M., "Rešavanje problema lokacije u lancima snabdevanja primenom softverskog paketa OPL STUDIO", Tehnika, Saobraćaj, 52-2005, broj 3, str. 13-18,
- [4] <http://www.vub.ac.be/EWGLA/STUDIES/main.html>
- [5] Vujošević M., Panić B., Stanojević M., "Rešavanje problema lokacije u lancima snabdevanja primenom softverskog paketa OPL STUDIO", Tehnika, Saobraćaj, 52-2005, broj 3, str. 13-18,
- [6] Panić B., Vujošević M., "Pregled mrežnih lokacijskih modela", X simpozijum o menadžmentu SYMORG, Zlatibor, june 2006
- [7] ILOG (2002). "Powering Your Decisions", ILOG Optimization Suite, www.ilog.com
- [8] Panić B., Vujošević M., "Pregled mrežnih lokacijskih modela", X simpozijum o menadžmentu SYMORG, Zlatibor, june 2006.
- [9] <http://www.vub.ac.be/EWGLA/literature.html>
- [10] Jia, H., Ordóñez, F., Dessouky, M., "A Modeling Framework for Facility Location of Medical Services for Large-Scale Emergencies", IFORS, Hawaii, July, 2005. <http://illposed.usc.edu/~fordon/docs/Location-Facility091505.pdf>
- [11] Klose, A., Drexel, A., "Facility location models for distribution system design", European Journal of Operational Research, Volume 162, Issue 1, 1 April 2005.
- [12] Brandeau, M., Chiu, S., "An Overview of Representative Problems In Location Research", Management Science, Vol. 35, No 6 (1989).
- [13] Colome Perales, R., "Consumer Choice in Competitive Location Models", Tesi Doctoral, Universitat Pompeu Fabra, Department d'Economia i Empresa, January 2002.
- [14] Current, J., Daskin, M., Schilling, D., "Facility Location: Applications and Theory", Springer-Verlag, New York, 2001
- [15] Kalcsics, J., Melo, T., Nickel, S., Gundra, H., "Planning Sales Territories - A Facility Location Approach", <http://www.uniduisburg.de/or2001/pdf/Sek%2004%2020Kalcsics%20Melo%20Nickel%20Gundra.pdf>
- [16] Serra, D., Marianov, V., "The P-Median Problem in a Changing Network: The Case of Barcelona", VII International Symposium on Locational Decisions, Canada, Edmonton, July 23, 1996., <http://www.recerat.net/bitstream/2072/329/1/180.pdf>
- [17] Scaparra, M., Church, R., "A Bi-level Mixed Programme for Critical Infrastructure Protection Planning", Kent Business School, Working Paper No. 116 January, 2006., <http://www.kent.ac.uk/KBS/research-information/working-papers/Scaparra-and-Church-No-116.pdf>

Institut za istraživanja i projektovanja u privredi

okuplja eksperte iz raznih oblasti, koji u proseku imaju preko 15 godina iskustva u pružanju naprednih konsultantskih usluga tehničke prirode i primeni inženjerskih znanja na razvoju i osvajanju proizvoda i tehnologija. Široka kompetencija, bogato iskustvo i saradnja sa preko 30 vodećih kompanija u zemlji i inostranstvu, kvalifikuju nas kao pouzdane partnere u sledećim oblastima inženjeringa:



Projektovanje informacionih sistema
Implementacija standarda serije ISO 9000
Projektovanje i izrada baza podataka i softvera
CAD/CAM/CAE projektovanje (CATIA, AutoCAD)
Projektovanje sistema održavanja

Imperativ permanentnog obrazovanja i obuke elja da se podigne opšti nivo funkcionalnih znanja i sposobnosti poslovanja pojedinaca i preduzeća, opredelila je Institut da u delokrug svog rada uključi:

Izdavaštvo, Obuka kroz seminare, Organizacija i tehnička podrška naučno-stručnim skupovima

www.iipp.co.yu