

Heuristički algoritmi za optimizaciju telefonske mreže

Vujadin Lukić

Sadržaj — Ovaj rad sadrži matematski definisanu optimizaciju pri izradi projekta telefonske mreže, kao i obradu heurističkih algoritama pomoću kojih se može napraviti program koji će omogućiti izradu projekta telefonske mreže pomoću računara uz istovremenu optimizaciju te mreže.

Gljučne reči — heuristički algoritmi, mreža, optimizacija

I. UVOD

Pri izradi projekta telefonske mreže projektant se prevashodno oslanja na svoje iskustvo i na osnovu njega određuje trase telefonske mreže. Prema tome, različiti projektanti bi isprojetovali različite trase telefonske mreže. Iz toga proističe niz pitanja:

- Da li možda postoji povoljnije rješenje od ponuđenih, jer način na koji su nastali projekti ne daju potvrdu optimalnosti ponuđenog rješenja, a provjera optimalnosti ponuđenog rješenja iziskuje približne troškove troškovima izrade projekta. Ostaje nam samo da slijepo vjerujemo projektantu.,
- Da li bi brzina izrade projekta mogla biti kraća, jer često je potrebno, zbog nekih procjena projekat uraditi brzo, a sam način izrade projekta zahtjeva mnogo vremena što dovodi do toga da se vrše površne procjene koje znaju biti nerealne.,
- Da li ovakav način izrade projekata pruža mogućnosti za prostorno planiranje, gdje je potrebno na jednom prostoru smjestiti više različitih mrežnih resursa.,
- Da li je projektant pri izradi projekta vodio dovoljno računa o drugim resursima i njihovom razvoju, a što može biti kasnije problem.

i tako dalje.

Prema tome postavljena pitanja ostaju bez odgovora. Međutim, ukoliko bi se navedeni problem uveo u matematske okvire tada bi se stekli uslovi da se na dati problem primjeni neka od optimizacijskih metoda što bi dovelo do optimalnog rješenja i otklanjanja nedoumica koje se javljaju pri izradi projekta. A ako se to još rješava pomoću računara onda se dobijaju i brza rješenja i daleko tačnija, jer nismo ograničeni brojem koraka pri proračunu, a što je ograničenje pri ručnim proračunima.

II. JEDNAČINA OPTIMIZACIJE TELEFONSKE MREŽE

Troškovi izgradnje telefonske mreže V su funkcija dužine trase, količine materijala i cijene materijala. Optimizacija cijene materijala se vrši kroz raspisivanja javnih tendera za nabavku materijala. Količina materijala je funkcija zavisnosti od dužine trase kao i broja priključaka i njihove koncentracije. Broj priključaka i njihova koncentracija je nešto na šta se ne može uticati, a dužina trase se dobija iz funkcije $f(x,y,z)$ (slika. 1.) kojom je definisana trasa mreže. Nije teško zaključiti da se funkcija $f(x,y,z)$ sastoji iz segmenata koji su definisani jednačinom:

$$c_{11}x + c_{12}y + c_{13}z = C_i$$

pri čemu su :

c_{11} , c_{12} , c_{13} – koeficijenti pravca i to su promjenjive veličine koje zavise od vrste terena, kao i od izgrađene infrastrukture, a C_i je neka konstanta.

Na osnovu prethodnog slijedi da je

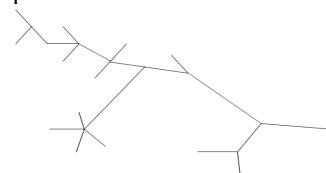
$$V = F[f(x,y,z), c_{ij}] = V(x,y,z, c_{ij}),$$

i to je veoma složena funkcija. Sada možemo definisati ciljnu funkciju telefonske mreže:

$$V(x,y,z, c_{ij}) = \min!$$

Sporedni uslovi su:

- A. Udaljenost od centrale do najdalje tačke mora biti manja od L : $f(x,y,z)_{ATC-kuća} \leq L$, $L > 0$,
- B. U zavisnosti od presjek provodnika S (proizvodno standardizovana vrijednost) određena je vrijednost L i to je logička funkcija.,
- C. Udaljenost kablova od drugih instalacija i objekata mora biti veća od propisima definisane vrijednosti: $d(x,y,z) \geq C$, $C > 0$
- D. Trasa kablova mora biti neprekinuta. Trasu kablova predstavlja neka funkcija $f(x,y,z)$ koja je grafički prikazana na slici.1.



Sl.1. Funkcija $f(x,y,z)$

Ako funkcija $f(x,y,z)$ u zatvorenoj oblasti D ima ograničene parcijalne izvode, što znači da postoji dovoljno veliki realni broj $M > 0$, koji ne zavisi od x, y i z takav da je :

$$\frac{\partial f(x,y,z)}{\partial x} + \frac{\partial f(x,y,z)}{\partial y} + \frac{\partial f(x,y,z)}{\partial z} \leq M, \quad \forall (x,y,z) \in D$$

tada je funkcija $f(x,y,z)$ neprekidna u oblasti D.

- E. U zavisnosti od okolnih instalacija koristiti određene vrste kablova, a to je logička funkcija
- F. Posebni uslovi:
- kablovi idu kraj puta
 $2 \text{ m} < d(x,y,z)_{\text{od puta}} < 4 \text{ m}$
 - svi sekundarni kablovi su kapaciteta 1×4
 $\text{Kapacitet}_{\text{sekundara}} = 1 \times 4$
 - svi nastavci iznad $N \times 4$ su ispod zemlje, a iznad tog kapaciteta u ormarima, i to je logička funkcija

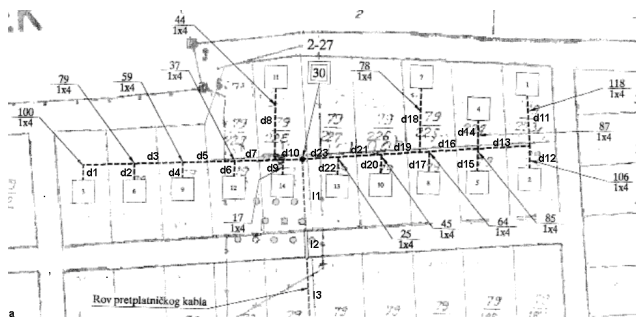
Iz uslova D imamo pomoćni uslov

$$\frac{\partial f(x,y,z)}{\partial x} + \frac{\partial f(x,y,z)}{\partial y} + \frac{\partial f(x,y,z)}{\partial z} \leq M, \quad \forall (x,y,z) \in D$$

na osnovu koga slijedi da se radi o nelinearnoj optimizaciji. Takođe, problem je još složeniji zbog postojanja logičkih funkcija. Na osnovu postavke jednačina i nejednačina optimizacije telefonske mreže može se zaključiti da se radi o veoma složenom problemu koji zahtjeva složenu matematsku analizu. Zbog toga, a zahvaljujući računarima problem je jednostavnije riješiti izradom heurističkih algoritama u kojima će biti sadržani i ciljna funkcija i sporedni uslovi.

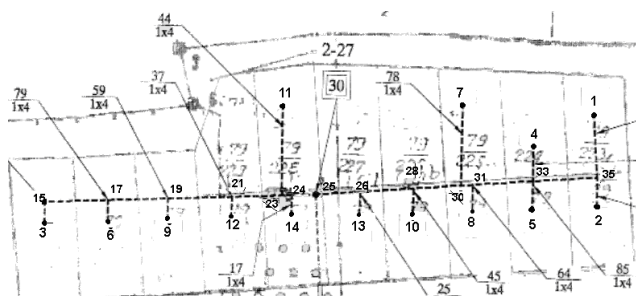
III. ALGORITAM

Posmatraće se jedan dio urađene telefonske mreže.



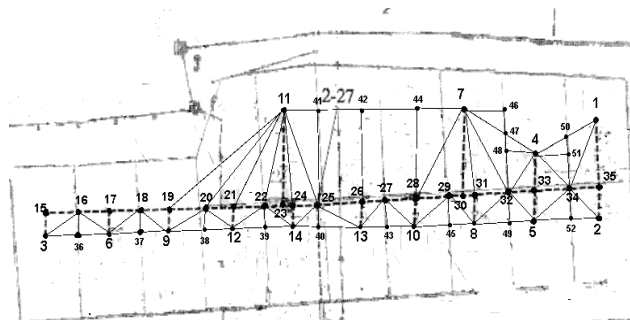
Sl.2. Razvijena šema jednog izvoda

Kada se posmatra Sl.2. radi jednostavnosti može se objekat posmatrati kao tačka, jer u principu i jeste bitna samo jedna tačka, a to je mjesto na koje će se dovesti sekundarni kabal i spojiti sa unutrašnjom instalacijom objekta, kao što je prikazano na sledećoj slici (Sl.3.)



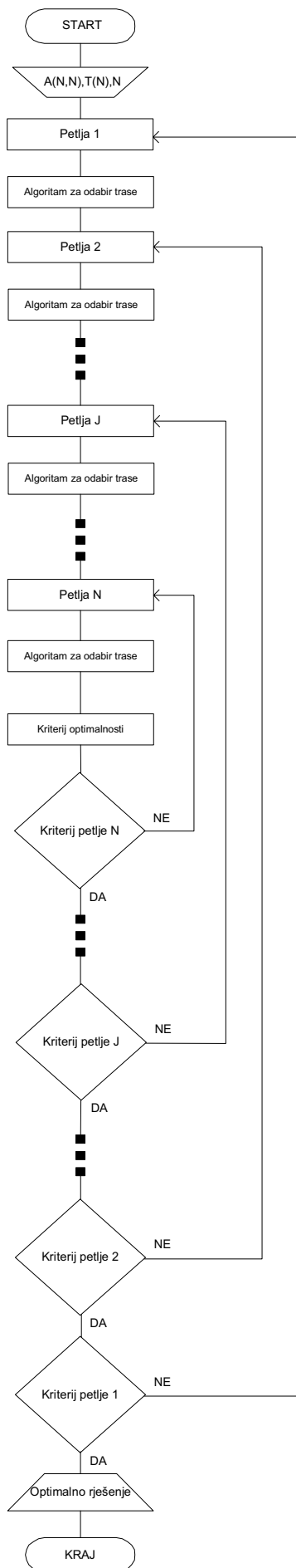
Sl.3. Pojednostavljena slika izvodnog područja

Kao što se vidi na Sl.3. je prikazana trasa sekundarnih kablova i mjesto izvoda, a označene su i tačke koje označavaju objekte, izvod i grananje trase ili promjenu karakteristika trase (karakteristike rova ili kategorije zemlje). Dio trase između dvije susjedne tačke nazvaćemo segment trase. Projektant je sticajem okolnosti izabrao baš ovu trasu, međutim, na terenu postoji više različitih trasa koje povezuju pojedine tačke, to jest postoji više različitih putanja kojima se mogu povezati neke dve tačke i to je za konkretan slučaj prikazano na sledećoj slici (Sl.4.).



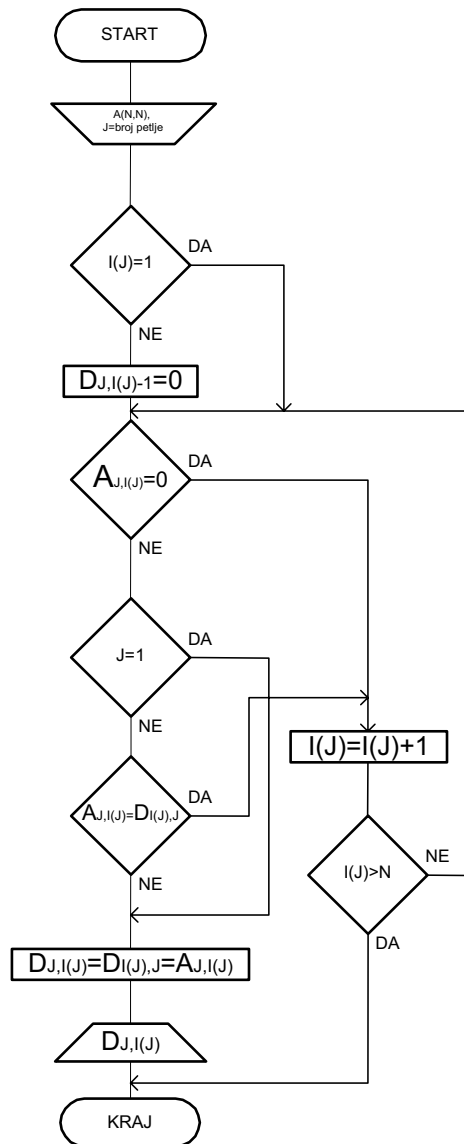
Sl.4. Različiti izbor trasa

Takođe, ni mjesto izvoda ne mora biti u tački 25 kao što je izabrao projektant. Na Sl.4. su tačkama označeni objekti (od tačke 1 do tačke 14), potencijalno mjesto izvoda (od tačke 15 do tačke 35) i mjesta spajanja segmenata trase različitih karakteristika (od tačke 36 do tačke 51). Redosled označavanja tačaka ne mora biti kao u ovom primjeru, jer bitno je samo da se za svaku tačku označi da li je ta tačka objekat, ili izvod, ili pak samo mjesto spajanja dva segmenta različitih karakteristika. Mreža može da se sastoji od više kablovskih pravaca, a oni pak od više izvoda. Ako se na svakom od tih izvoda prikaže više različitih trasa tada se može dobiti da ukupan broj tačaka N može biti i do 5000 tačaka za jednu mrežu. Kriterij za izbor tačaka su objekti (svaki objekat je jedna tačka), potencijalna mjesta izvoda ili su to mjesta gdje se trasa lomi ili račva ili se pak mijenjaju parametri trase (vrsta zemlje, vrsta rova i slično). Ukoliko se spoje međusobno te tačke dobiće se jedna mreža u kojoj je sadržana i optimalna trasa. Osnovni element pri izradi algoritma je tačka, a pri definisanju cijele trase krenulo se od pretpostavke da svaka tačka bira samo jedan segment trase koji je na nju naslonjen. Algoritam (Sl.5.) će omogućiti, uz pomoć obgrljenih petlji da svaka od mogućih trasa bude testirana pomoću kriterija optimalnost. Treba naglasiti da su: $A(N,N)$ matrica dužina segmenata trase između pojedinih tačaka; $T(N)$ matrica kojom je definisana tačka (objekat ili mjesto izvoda ili mjesto gdje se mijenjaju karakteristike trase), a N je broj tačaka. Kriteriji petlje određuju kada se završava petlja, a to će biti kada brojač u petlji postigne vrijednost N. Algoritam (Sl.6.) koji vrši odabir segmenta trase za tačku definiše matricu $D(N,N)$ koja sadrži samo one segmente od kojih se sastoji trasa. Trasa definisana matricom $D(N,N)$ predstavlja samo polazno rješenje. Ako uporedimo označene tačke na Sl.3. (stanje na terenu) sa označenim tačkama na Sl.4. vidimo da je na Sl.4. dodat veliki broj dodatnih tačaka koje su postavljene kao neke realne mogućnosti koje će biti birane za optimalno rješenje.



Sl.5. Algoritam optimalnosti

Polazno rješenje je napravljeno uz pomoć algoritma sa Sl.6. na osnovu svih tačaka (Sl.4.) i kao takvo u sebi sadrži i tačke koje su za to rješenje suvišne i mogu se eliminisati. Kao što je rečeno sa matricom $D(N,N)$ je u stvari napravljeno polaznog rješenje koje mora biti podvrgnuto kriteriju optimacije polaznog rješenja i kriteriju neprekidnosti trase nakon optimacije polaznog rješenja. Optimacija polaznog rješenja podrazumjeva uklanjanje svih čvorova koji nisu objekti (mjesto priključka), kao i njihovih veza sa drugim čvorovima, a da se pri tome obezbjedi neprekidnost trase. Kriterij neprekidnosti trase ispituje neprekidnost trase i svako početno rješenje koje nije neprekidno bude odmah odbačeno.



Sl.6. Algoritam za odabir trase

Kao što se vidi postoji N obgrljenih petlji (Sl.5), a to praktično znači da će se N -ta petlja obrnuti N^N puta, što za $N=5000$ predstavlja problem. Ovo se odnosi na samo jedno područje (jedna mreža). Problem je daleko veći, ako se posmatra jedna opština ili regionalna cjelina, a da ne pričamo o područjima jedne države i šire gdje N može imati, na primjer za manju opštinu oko 100000 tačaka. Da bi problem bio riješen moraće se potražiti neka metoda koja će ukloniti navedeni problem, a to je metod

diakoptike. On se zasniva na tome da se sistem razbije na manje podsisteme, te da se definišu odnosi unutar podsistema, kao i međurelacije između podsistema. Prvo se odrede vrijednosti veličina u podsistemima tako što se oni posmatraju kao cjeline, a zatim se ta rješenja koriguju pomoću međurelacija. Područje mreže neophodno je podijeliti na više manjih područja i definisati vezu između tih područja. U stvarnosti to i jeste tako. Naime, mreža se sastoji od izvoda koji su međusobno povezani. Ti izvodi u stvari pokrivaju jedno područje što znači da sve ovo ima smisla. To jest, cijelo područje mreže biće podjeljeno na izvodna područja i u tim izvodnim područjima će biti izvršena optimizacija trase za kablove na osnovu kriterija najmanje ekonomske dužine rova. Ovo je nivo sekundarne mreže. Međuveze između izvoda definiše primarna mreža. Trasa primarne mreže definišaće se tako što će se zamisliti da je područje jednog izvoda tačka (u principu, sa aspekta primarne mreže i jest samo bitno gdje se nalazi izvodna tačka), a to pruža mogućnost da se koristi isti algoritam kao i za sekundarnu mrežu, a kao kriteriji će biti najmanja ekonomska dužina rova i utrošak materijala. Na osnovu tog kriterija biće definisana lokacija izvodnih tačaka unutar izvodnog područja i trasa primarne mreže. Dakle, korišće se jedan algoritam i za primarnu i za sekundarnu mrežu s tim što su različiti kriteriji optimizacije. Naime, kod izvoda nakon optimizacije polaznog rješenja i kriterija neprekidnosti izračuna se dužina trase i rješenje poredi sa prethodnim rješenjem od kojih se pamti ono kod koga je dužina trase manja. Kada se dođe do optimalnih rješenja za izvode isti algoritam koristimo za primarnu mrežu s tim što sada kompletna trasa izvoda dobija obeležja koja ima objekat (mjesto priključka) i sprovede se isti postupak kao u određivanju trase izvoda s tim što je pored određivanja dužine trase kao kriterij potrebno koristiti i obračun troškova materijala da bi se odredila tačka izvodnog mjesta tako što ćemo za svaki izvod izvršiti proračun za sva potencijalna mjesta izvoda. Optimizacija polaznog rješenja, kriterij neprekidnosti, kao i proračun dužine trase i troškova materijala vrši se u dijelu algoritma sa Sl.5 koji se zove „kriteriji optimalnosti“. Ovaj postupak se odnosi na kablovski pravac. Ukoliko imamo više kablovskih pravaca tada će se na svaki kablovski pravac primjeniti ovaj postupak.

IV. ZAKLJUČAK

Ovi heuristički algoritmi imaju najveći smisao ukoliko se primjene u grafičkom okruženju, a doći će do najvećeg izražaja ako se primjene u GIS tehnologiji. To će pružiti mogućnost automatske izrade projekta koji će dati optimalno rješenje u nekom minimalnom vremenu. Iz sporednih uslova se vidi da će se morati uzeti u obzir i drugi resursi (uslovi pod tačkama C i F(a)), te će se na taj način urediti odnosi sa tim resursima. Ono što je najvažnije to je činjenica da se pruža mogućnost da se definiše ciljna funkcija, uz uslov da su popunjene GIS baze podataka, jer će tada postojati uslovi za definisanje parametra c_{11} , c_{12} , c_{13} , a samim tim i funkcije $f(x,y,z)$ iz koje će se moći odrediti dužina trase. Na ovaj način se obezbjeđuje brzo projektovanje što pak nudi mogućnost planiranja u širim razmjerama. Takođe, zbog sličnosti mrežnih resursa postoji mogućnost primjene i na druge resurse.

LITERATURA

- [1] Zajednica Jugoslovenskih PTT, "Upustvo o građenju mjesnih kablovskih mreža",
- [2] Vujadin Lukić, "Optimizacija telefonske mreže", elektronsko izdanje, ICAT 2007, Sarajevo, 2007.
- [3] Tanjga Rade, "Odlučivanje u menadžmentu", ISA, elektronsko izdanje, Banja Luka, 2006.
- [4] Čupić M., Tummala Rao V.M., "Savremeno odlučivanje: metode i primena", Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 1997.

ABSTRACT

This paper contains mathematically defined optimization in regard to the elaboration of a telephone network project as well as the procession of heuristic algorithms helping to create an application to enable the computer-based elaboration of the telephone network project along with the simultaneous network optimization. Heuristic algorithms for telephone network optimization

HEURISTIC ALGORITHMS FOR TELEPHONE NETWORK OPTIMIZATION

Vujadin Lukic