

## INTERAKTIVNI PRISTUP PROJEKTOVANJU MREŽE ZA PRENOS EKSPRES POŠILJAKA \*

Aleksandar Čupić  
Saobraćajni fakultet u Beogradu

**Sadržaj:** *Ekspres prenos pošiljaka u većini zemalja podrazumeva prenos pošiljaka od vrata do vrata na najbrži mogući način. U radu se razmatra problem projektovanja mreže za prenos ekspres pošiljaka. Za rešavanje problema predložen je višekriterijumski model zasnovan na genetskim algoritmima (GA). Za predloženi model napisan je programski kod i izvršeni su računarski eksperimenti. U radu je demonstriran interaktivni pristup kojim je moguće rešiti definisani problem. Predloženi model je moguće implementirati i kod mreža sa većim brojem čvorova od posmatrane. U radu je predstavljena studija slučaja za prenos ekspres pošiljaka u Srbiji.*

**Ključne reči:** *Interaktivni pristup, višekriterijumko lociranje habova, ekspres prenos.*

### 1. Uvod

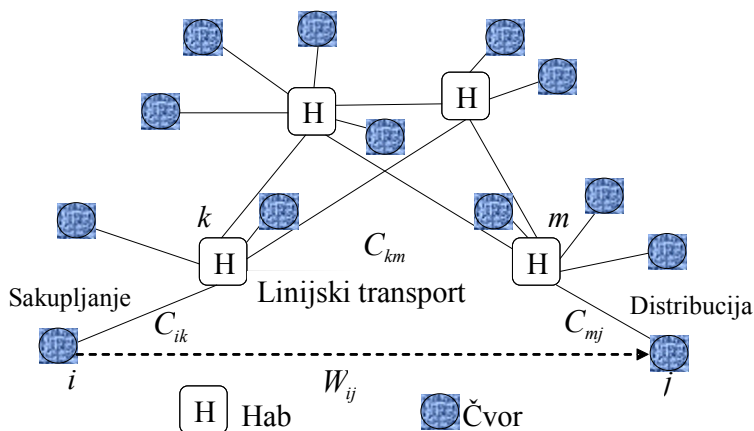
Problemi određivanja lokacije i broja habova javljaju se prilikom projektovanja sistema brze isporuke kao i prilikom projektovanja mreža u: poštanskom i telekomunikacionom, vazдушnom, železničkom i drumskom saobraćaju. Reč hab (engleski “hub”) označava objekat u kome se vrši pretovar robe (pretovar pismonosnih pošiljaka i paketa iz manjih transportnih sredstava u veće, pretovar robe iz kamiona u vagone/brodove ili transfer putnika (promena aviona, prelazak sa jedne autobuske linije na drugu) itd. Sistem habova omogućava operacije većih saobraćajnih sredstava i niže troškove po jednom prevezenom putniku ili jedinici transportovane robe. S druge strane, putnici ili roba putuju duže do željenog odredišta i menjaju saobraćajna sredstva u habovima [1] (slika 1).

Ekspres usluga prenosa paketa predstavlja klasičan primer organizacije prenosa preko hab mreže. Ona podrazumeva dostavu pošiljaka „od vrata do vrata” na najbrži mogući način. Za svaku ekspres pošiljku je definisan izvor i cilj kretanja, kao i vremenski interval tokom koga je treba isporučiti. U radu se pretpostavlja da budući habovi za ekspres pošiljke nemaju ograničnje u pogledu kapaciteta kao i da ne postoji ograničenje u pogledu dozvoljenog broja habova na mreži (maksimalni mogući broj habova jednak je

---

\* Ovaj tekst je rezultat rada na projektu 36002: "Planiranje i upravljanje saobraćajem i komunikacijama primenom metoda računarske inteligencije", koji se realizuje uz finansijsku podršku Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

broju čvorova u mreži). Broj i lokacija habova, kao i način na koji su čvorovi u mreži pridruženi pojedinim habovima bitno utiču na transportne troškove, vremena prenosa i kvalitet usluge. Problem lociranja habova prvi je formulisao O'Kelly [2], koji je ukazao da se radi o NP teškom problemu. Različitim aspektima problema lociranja habova bavio se veći broj autora ([2]-[12]).



Slika 1: Primer mreže sa habovima

Problem koji je razmatran u ovom radu može da bude definisan na sledeći način: Za poznate vrednosti broja ekspres pošiljaka koje se šalju i broja ekspres pošiljaka koje dolaze u pojedine čvorove i poznata rastojanja između svih parova čvorova, odrediti kroz više iteracija broj habova, lokaciju habova i pridružiti svaki čvor jednom habu tako da ukupni troškovi hab sistema budu najmanji mogući a kvalitet usluge najveći mogući. Razmatrani problem rešen je primenom genetskih algoritama, kompromisnog programiranja i interaktivnom metodom Nakayama-e i Sawaragi-a [13]. Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju je izložena matematička formulacija problema. Predloženo rešenje problema izloženo je u trećem poglavlju. Rezultati računarskih eksperimenata dati su u četvrtom poglavlju. Peto poglavlje se odnosi na zaključna razmatranja.

## 2. Matematička formulacija problema

Prilikom rešavanja realnih višekriterijumskih problema rešenje koje treba pronaći predstavlja tzv. rešenje za implementaciju („implementation” solution). Kako bi se usvojilo rešenje koje je najbolje sa korisničkog stanovišta, donosioci odluka moraju imati na raspolaganju više uporednih rešenja. Upoređivanje rešenja se može realizovati na interaktivan način gde donosioc odluka učestvuje u procesu pronalazjenja rešenja datog problema.

Problem koji se razmatra odnosi se na ekspres prenos u slučaju kada se transport, na teritoriji Srbije, vrši isključivo flotom drumskih vozila. Bez gubljenja na opštosti

razmatran je slučaj garantovanog uručenja u toku narednog radnog dana (D+1). Shodno tome u radu se razmatra problem lociranja habova za slučaj neorijentisane mreže (slika 1). Matematička formulacija višekriterijumskog lociranja habova pomoću genetskih algoritama data je detaljno u [4] i zbog obima neće biti predstavljena na ovom mestu. Treba navesti da se specifičnost predloženog rešenja problema ogleda, između ostalog, i u uvođenju dva tipa vozila (većeg – zapremine tovarnog prostora 86m<sup>3</sup> i manjeg - zapremine tovarnog prostora 42m<sup>3</sup>). Pre izračunavanja transportnih troškova izračunava se broj vozila koji zbog kapacitivnih zahteva saobraća između čvorova i habova kao i između habova međusobno. Osim toga, ukupno vreme koje je na raspolaganju habovima za kompletnu manipulaciju svim pošiljkama je standardizovano i isto na čitavoj mreži. Ustanovljen je i princip da, u cilju pravnomernog korišćenja preradnih kapaciteta, vozila stižu u habove sukcesivno tako da najpre stižu vozila iz čvorova koji su najmanje vremenski udaljeni.

U razmatranje su uvedene tri kriterijumske funkcije: kriterijumska funkcija  $f_1(\bar{x})$  reprezentuje ukupni profit operatera. Druga kriterijumska funkcija  $f_2(\bar{l})$  predstavlja prosečno vreme ponuđeno klijentima za predaju pošiljaka u toku jednog dana dok treća kriterijumska funkcija  $f_3(\bar{y})$  reprezentuje procenat klijenata kojima je ponuđena dodatna usluga predaje pošiljaka nakon kraja standardnog radnog vremena L.

Višekriterijumski problem lociranja habova na mreži za dostavu ekspres pošiljaka u ovoj radu je rešavan na interaktivan način metodom koju su predstavili Nakayama i Sawaragi [13] a koja je modifikovana u [14] kako bi mogla biti upotrebljena na celobrojnim problemima kakav se i rešava u ovom radu.

Cilj je pronaći dopustiva rešenja  $x \in X$  tako da važi nejednakost:

$$f_i(x) \geq \bar{f}_i \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (1)$$

gde je:

$f_i(x)$  – i-ti kriterijum

$\bar{f} = (\bar{f}_1, \bar{f}_2, \dots, \bar{f}_r)$  – nivoi aspiracije donosioca odluka.

Krajnje rešenje se nalazi u skupu dopustivih rešenja. U nastavku je dat kratak algoritam primene interaktivne metode za rešavanje posmatranog višekriterijumskog problema:

Korak 1. Odrediti idealnu tačku  $f^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_r^*)$ , gde je  $f_i^*$  dovoljno veliko, na primer,  $f_i^* = \max\{f_i(x) | x \in X\}$ . Ove vrednosti ostaju fiksirane tokom celokupnog procesa. Najčešće je relativno lako naći ove vrednosti (u našem slučaju one se pronalaze jednokriterijumskim pristupom [4,6]). Vrednosti  $f_i^*$  bi trebalo da budu dovoljno velike da pokriju gotovo sva dopustiva rešenja.

Korak 2. U  $k$ -toj iteraciji, donosioc odluka mora da odredi aspiracione nivoe  $\bar{f}_i^k$  za svaki kriterijum  $f_i$   $i = 1, 2, \dots, r$ . Vrednost  $\bar{f}_i^k$  je postavljena tako da:

$$\bar{f}_i^k < f_i^* \quad (2)$$

Korak 3. Postaviti težine:

$$w_i^k = \frac{1}{f_i^* - f_i^k} \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (3)$$

i rešiti problem:

$$\min_x \max_i w_i^k |f_i^* - f_i(x)| \quad x \in X \quad i \text{ je ceo broj } 1 \leq i \leq r \quad (4)$$

Neka je  $x^k$  rešenje izraza (4).

Korak 4. Na osnovu vrednosti  $f_i(x^k)$   $i = 1, 2, \dots, r$ , donosioc odluka klasifikuje kriterijume u tri grupe:

- grupa kriterijuma po kojima ona/on žele da ostvare bolje vrednosti kriterijumskih funkcija,
- grupa kriterijuma po kojima su ona/on spremni da prihvate nešto lošije vrednosti kriterijumskih funkcija,
- grupa kriterijuma po kojima su ona/on zadovoljni ostvarenim vrednostima kriterijumskih funkcija.

Ukoliko donosioc odluka ne iskaže želju za popravljanjem pronađenog rešenja ni po jednom kriterijumu proces se završava. U tom slučaju, dopustivo rešenje pronađeno nakon  $k$  iteracija,  $x^k$  se usvaja kao krajnje rešenje. U suprotnom, od donosioca odluka se traži definisanje novih aspiracionih nivoa za svaki kriterijum. U ovom koraku, novi aspiracioni nivoi se određuju kao:

$\bar{f}_i^{k+1} > f_i(x^k)$  ukoliko donosioc odluka želi da popravi  $i$ -ti kriterijum,

$\bar{f}_i^{k+1} < f_i(x^k)$  ukoliko donosioc odluka prihvata pogoršanje  $i$ -tog kriterijuma,

$\bar{f}_i^{k+1} = f_i(x^k)$  ukoliko donosioc odluka prihvata  $i$ -ti kriterijum kakav jeste.

Povećati brojač iteracija  $k = k+1$  i vratiti se na Korak 3.

### 3. Predloženo rešenje problema

Suprotno većini interaktivnih metoda koje prilikom korišćenja, gotovo po pravilu, od donosioca odluka zahtevaju obuku i detaljno upoznavanje sa modelom što otežava njihovu praktičnu primenu, predložena metoda je jednostavna i intuitivno jasna. Od donosioca odluka se zahteva da koristi već dobijene vrednosti najboljeg rešenja po svakom od kriterijuma kako bi izrazio svoje aspiracione nivoe koji se kasnije koriste za izračunavanje težina kriterijuma. Minimizacijom težinski ponderisanog rastojanja kriterijuma od idealne tačke se dobija novo rešenje koje se predlaže donosiocu odluka. Obzirom da postoji mogućnost definisanja nerealnih aspiracionih nivoea od strane donosioca odluka ne mogu se unapred dati garancije da će biti pronađeno rešenje koje zadovoljava tako postavljene aspiracione nivoe. Sa druge strane, metod pruža priliku donosiocu odluka da proučava mogućnosti i kontradiktornosti problema koji rešava (za koje nije znao na početku procesa rešavanja). Na osnovu realnog sagledavanja mogućnosti i ograničenja posmatranog problema donosiocu odluka je daleko lakše da postavi realistične zahteve kroz definisanje aspiracionih nivoea za kriterijume što dovodi do pronalazjenja zadovoljavajućeg krajnjeg rešenja.

Svaki problem

$$\max \{f_i(x) | x \in X \quad i \text{ je ceo broj} \}$$

je, takođe, rešavan korišćenjem genetskih algoritama. Koordinate idealne tačke  $f_i$  su proizvoljno usvojene kao gornja granica najvećih vrednosti koje su pronađene za  $i$ -ti kriterijum ( $i = 1, 2, \dots, r$ ). U slučaju kada imamo fiksne koordinate idealne tačke i zadate aspiracione nivoe u  $k$ -toj iteraciji, genetski algoritam se, takođe, može uspešno primeniti za rešavanje min-max problema

Treba napomenuti da prilikom izvršavanja opisanog interaktivnog procesa, ostaje do kraja nerešeno pitanje korektnog određivanja idealne tačke i rešavanja min-max problema (4). Oba problema se mogu redukovati na probleme nelinearnog celobrojnog programiranja koji su po svojoj prirodi veoma teški za rešavanje (naročito u slučaju realnih problema velikih dimenzija).

### 4. Numerički primeri

Za sprovođenje eksperimenata sa interaktivnim pristupom potrebno je učešće donosioca odluka. Uz konsultacije sa menadžmentom kompanije čiji podaci su korišćeni za eksperimentisanje (CityExpress) pristupilo se simuliranju procesa pronalazjenja rešenja u više iteracija. Inicijalni aspiracioni nivoei su definisani za dvokriterijumski slučaj (maksimizacija ukupnog profita i maksimizacija procenta klijenata koji mogu predati svoje pošiljke na prenos posle najkasnijeg trenutka  $L = 18:45$ ). Početne vrednosti su date kao izrazito zahtevne:

Željeni ukupni profit	1075
Željeni procentat klijenata	73

Problem (4) je rešen genetskim algoritmom uz definisanje koordinata idealne tačke (1080<sup>1</sup>,75) i gore navedenih aspiracionih nivoa. Dobijeno je sledeće rešenje:

#### Iteracija 1

Željeni ukupni profit	1075
Profit pronađenog rešenja	1047,78
Željeni procenat klijenata	73
Procenat pronađenog rešenja	59,47

Vrednosti aspiracionih nivoa i ostvarenih vrednosti najboljeg pronađenog rešenja po svakom od kriterijuma su date uporedno. Razlog takvom prikazu leži u činjenici da se od donosioca odluka traži da izrazi svoje zadovoljstvo ili nezadovoljstvo dobijenim rešenjem kroz prihvatanje ili neprihvatanje određene vrednosti kriterijuma.

Analizom dobijenih rezultata, nakon prve iteracije, može se primetiti da su inicijalne vrednosti aspiracionih nivoa postavljene previsoko pa kao takve ne mogu biti dostignute. Kako dobijeno rešenje nije zadovoljavajuće od donosioca odluka se traži da ponovo definiše nove aspiracione nivoe. Pretpostavlja se da će donosioc odluka, poput autora ove disertacije, želeti da prouči problem i izvrši veći broj eksperimenata pre usvajanja nekog od ponuđenih rešenja. Nakon druge iteracije, u kojoj su promenjena oba aspiraciona nivoa što ne mora uvek biti slučaj, dobijeno je sledeće rešenje:

#### Iteracija 2

Željeni ukupni profit	1050
Profit pronađenog rešenja	1022,94
Željeni procenat klijenata	70
Procenat pronađenog rešenja	65,30

Kako su i dalje dobijene vrednosti značajno odstupale od željenih pristupilo se trećoj iteraciji:

#### Iteracija 3

Željeni ukupni profit	1000
Profit pronađenog rešenja	974,47
Željeni procenat klijenata	69
Procenat pronađenog rešenja	66,02

Donosioc odluka bi trebalo da dođe do zadovoljavajućeg rešenja kroz veći broj iteracija. U tabeli 5.1. prikazani su aspiracioni nivoi donosioca odluka i dobijeni rezultati/rešenja (lokacije habova, ukupni profit i procenat korisnika) kroz devet iteracija.

---

<sup>1</sup> Svi ulazni podaci su na zahtev kompanije CityExpress normalizovani kako bi se sačuvala njihova poverljivost.

Tabela 1. Aspiracioni nivoi donosioca odluka i dobijena kroz devet iteracija rešenja

Iteracija	Aspiracioni nivo za kriterijum 1	Aspiracioni nivo za kriterijum 2	Lokacije habova <sup>2</sup>	Ukupni profit $f_1(\vec{x})$	Procenat klijenata koji mogu predati svoje pošiljke na prenos posle najkasnijeg trenutka 18:45 $f_3(\vec{y})$
1	1075	73	1,4,6,16	1047,78	59,47
2	1050	70	1,5,11,13,16	1022,94	65,30
3	1000	69	1,2,6,11,13,16	974,47	66,02
4	950	69	1,2,6,11,12,13,16	939,11	68,23
5	950	68	2,5,11,13,15,16	972,79	67,94
6	975	67	1,2,6,11,13,16	974,47	66,02
7	1000	66,5	1,5,6,11,13,16	995,66	65,30
8	1000	66	1,2,4,11,16	1014,65	66,02
9	1025	65,5	1,5,11,13,16	1022,94	65,30

Nakon interaktivnog rešavanja problema sa dva kriterijuma pristupilo se eksperimentima sa uključivanjem svih kriterijuma u razmatranje. Očekivano je da proces potraje duže zbog većeg broja kombinacija koje se mogu napraviti definisanjem tri aspiraciona nivoa.

Početne vrednosti inicijalnih aspiracionih nivoa definisanih za trokriterijumski slučaj (maksimizacija ukupnog profita, maksimizacije prosečnog vremenskog prozora za sakupljanje pošiljaka i maksimizacija procenta klijenata koji mogu predati svoje pošiljke na prenos posle najkasnijeg trenutka  $L=18:45$ ) su date kao izrazito zahtevne:

Željeni ukupni profit	1075
Željeni vremenski prozor	690
Željeni procenat klijenata	73

Problem (4) je rešen genetskim algoritmom uz definisanje koordinata idealne tačke (1080,685,75) i gore navedenih aspiracionih nivoa. Dobijeno je sledeće rešenje:

Iteracija 1

Željeni ukupni profit	1075
Profit pronađenog rešenja	1047,78

<sup>2</sup> Čvorovi su numerisani na sledeći način: 1 – Beograd; 2 – Subotica; 3 – Čačak; 4 – Jagodina; 5 – Požarevac; 6 – Niš; 7 – Zrenjanin; 8 – Bor; 9 – Vladičin Han; 10 – Užice; 11 – Valjevo; 12 – Šabac; 13 – Kruševac; 14 – Novi Pazar; 15 – Novi Sad; 16 – Kragujevac.

Željeni vremenski prozor	680
Vremenski prozor pronađenog rešenja	647,89
Željeni procenat klijenata	73
Procenat pronađenog rešenja	59,47

Analizom dobijenih rezultata, nakon prve iteracije, može se primetiti da su inicijalne vrednosti aspiracionih nivoa postavljene previsoko tako da ne mogu biti dostignute. Iz tog razloga se od donosioca odluka traži da ponovo definiše nove aspiracione nivoe. Prilikom definisanja aspiracionih nivoa treba uspostaviti strategiju po kojoj se oni menjaju kako ne bi dolazilo do ponavljanja istih vrednosti. Osim toga poželjno je izvršiti što veći broj eksperimenata što bi trebalo da doprinese boljem razumevanju posmatranog problema. Nakon druge iteracije, u kojoj su promenjena sva tri aspiraciona nivoa (ne mora uvek biti slučaj) dobijeno je sledeće rešenje:

#### Iteracija 2

Željeni ukupni profit	1050
Profit pronađenog rešenja	1022,94
Željeni vremenski prozor	650
Vremenski prozor pronađenog rešenja	650,26
Željeni procenat klijenata	70
Procenat pronađenog rešenja	65,30

Kako su i dalje dobijene vrednosti značajno odstupale od željenih pristupa se trećoj iteraciji:

#### Iteracija 3

Željeni ukupni profit	1025
Profit pronađenog rešenja	1021,59
Željeni vremenski prozor	650
Vremenski prozor pronađenog rešenja	658,22
Željeni procenat klijenata	67
Procenat pronađenog rešenja	65,30

Proces interaktivnog rešavanja problema dostave ekspres pošiljaka završen je nakon 15 iteracija. U tabeli 2. prikazani su aspiracioni nivoi donosioca odluka i dobijeni rezultati/rešenja (lokacije habova, ukupni profit, prosečni vremenski prozori za predaju pošiljaka i procenat korisnika).

Iz tabele 2. se može videti da je rešenje dobijeno u 14-oj iteraciji bolje od rešenja dobijenog u 13-oj iteraciji po prva dva kriterijuma dok su po trećem kriterijumu rešenja ista. Međutim, prilikom 13-e iteracije, za aspiracione nivoe (1005,665,68) fitness funkcije dobijene na osnovu (4) za ova dva rešenja su bile jednake i ona su se naizmenično pojavljivala prilikom eksperimenata.



Tabela 5.2. aspiracioni nivoi donosioca odluka i dobijena rešenja kroz 15 iteracija

Iteracija	Aspiracioni nivo za kriterijum 1	Aspiracioni nivo za kriterijum 2	Aspiracioni nivo za kriterijum 3	Lokacije habova	Ukupni profit $f_1(\vec{x})$	Prosečni vremenski prozor za sakupljanje pošiljaka (min) $f_2(\vec{l})$	Procenat klijenata koji mogu predati svoje pošiljke na prenos posle najkasnijeg trenutka 18:45 $f_3(\vec{y})$
1	1075	680	73	1,4,6,16	1047,78	647,89	59,47
2	1050	650	70	1,5,11,13,16	1022,94	650,26	65,30
3	1025	650	67	1,6,11,13,16	1021,59	658,22	65,30
4	1000	640	67	1,2,4,11,16	1014,65	654,48	66,02
5	975	650	67	1,2,4,6,11,16	978,35	647,97	66,02
6	950	630	68	1,2,6,11,12,13,16	939,11	653,40	68,23
7	925	630	70	1,2,8,11,12,13,16	935,79	648,27	68,23
8	940	645	69	1,2,3,4,6,7,15	939,75	653,48	67,68
9	960	655	68	1,2,5,11,12,13,16	951,51	651,60	66,90
10	970	650	68	2,5,11,13,15,16	972,79	637,62	67,94
11	965	665	69	1,3,4,5,11,14,16	964,03	674,39	71,01
12	985	670	71	1,3,4,5,11,14,16	964,03	674,39	71,01
13	1005	665	68	1,5,6,11,13,16	995,66	664,19	65,30
14	1015	665	67	1,5,6,11,16	1020,71	665,83	65,30
15	1020	670	66	1,4,11,14,16	1020,34	670,36	65,29

#### 4. Zaključak

Razmatrani hab lokacijski problem je težak za rešavanje i pripada klasi NP-teških problema. Predloženi evolutivni pristup je veoma značajan jer omogućava uspešno rešavanje datih problema bez obzira na dimenzije problema. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da broj uključenih kriterijuma, aspiracija donosilaca odluka kao i ostali parametri modela značajno utiču na broj i lokaciju habova na mreži. Predloženi koncept interaktivnog rešavanja problema pruža donosiocima odluka, kao glavnim korisnicima razvijenih programa, novu dimenziju u razumevanju problema koji pokušavaju da reše. Bez obzira na modifikacije koje su specifične za rešavani problem, moguće je relativno lako rekonfigurisati i dopuniti razvijeni program tako da bude primenljiv za rešavanje sličnih hab i drugih lokacijskih problema.

#### Literatura

- [1]. Teodorović, D. (2007) Transportne mreže *Saobraćajni fakultet*, Beograd.
- [2]. O'Kelly, M. E. (1986) *The location of interacting hub facilities*. Transportation Science 20: 92-106.

- [3]. Coello Coello, C.A., Van Veldhuizen, D.A., Lamont, G.B. (2002) Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems (Genetic and Evolutionary Computation), *Springer*, Heilderberg.
- [4]. Cupic, A., Teodorovic, D. (2013) *A multi-objective approach to the parcel express service delivery problem*. Journal of Advanced Transportation.
- [5]. Čupić, A., Teodorović, D. (2009) *Lociranje habova za ekspres pošiljke primenom genetskih algoritama*. Simpozijum o operacionim istraživanjima (SYM-OP-IS 2009), Ivanjica, 651-654.
- [6]. Čupić, A., (2014) *Višekriterijumski pristup projektovanju mreže za prenos ekspres pošiljaka primenom genetskih algoritama*. Simpozijum o operacionim istraživanjima (SYM-OP-IS 2014), Divčibare, 741-747.
- [7]. Daganzo, C. F., Newell, G. F. (1986) *Configuration of Physical Distribution Networks*. Networks 16(2): 113-132.
- [8]. Marin A., (2005) *Formulating and Solving Splittable Capacitated Multiple Allocation Problems*. Computers and Operations Research 32(12): 3093-3109.
- [9]. O’Kelly, M.E. (1987) *A quadratic integer program for the location of interacting Hub facilities*. European Journal of Operational Research 32: 393-404
- [10]. O’Kelly, M. E., H.J. Miller. (1994) *The hub network design problem - A review and synthesis*. Journal of Transport Geography 2 (1), 31-40.
- [11]. Stanimirović Z. (2007) Genetski algoritmi za rešavanje nekih NP-teških hab lokacijskih problema, Doktorska disertacija, *Matematički fakultet*, Beograd.
- [12]. Tapcuoglu, H., Corut, F., Ermis, M., Yilmaz, G. (2005) *Solving the uncapaciated hub location problem using genetic algorithms*. Computers & Operations Research 32, 967-984.
- [13]. Nakayama, H., Sawaragi, Y. (1984). *Satisficing Trade-off Method for Multiobjective Programming*. In Graver, M., Wierzbicki, A. P., eds, Interactive Decision Analysis: Proceedings, pages 113-122. Springer-Verlag, Berlin.
- [14]. Teodorović D., Krčmar-Nožić E. (1989) Multicriteria Model to Determine Flight Frequencies on an Airline Network under Competitive Conditions, Transportation Science 23(1): 14-25.

**Abstract:** *Parcel express service in many countries assumes door-to-door delivery of parcels and small packages in the fastest possible way. The paper deals with the problem of designing of parcel express network. The problem is solved by multi-objective model based on Genetic Algorithms (GA). The proposed model is accompanied by the corresponding software. The numerous numerical experiments were performed. We demonstrate in the paper an interactive manner in which a defined problem can be solved. The proposed model could be implemented in large-scale networks. The paper also shows a case study of parcel delivery service in Serbia.*

**Keywords:** *Interactive approach, multi-objective hub locations, express delivery.*

## **INTERACTIVE APPROACH TO THE EXPRESS PARCEL DELIVERY NETWORK PLANNING**

Aleksandar Čupić