Jedan od na ina optimizacije dela lanca snabdevanja primenom transportnog zadatka

SVETLANA A. DABI OSTOJI, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd
MOMILO D. MILJUŠ, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd
MILIVOJ A. POPOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd

Originalni naučni rad

UDC: 658.5

DOI: 10.5937/tehnika1606871D

Lanci snabdevanja predstavljaju koordinisani sistem ljudi, resursa, informacija i sl. uklju enih u kretanje materijala od izvora sirovina do isporuke proizvoda krajnjim korisnicima, tako da se obezbedi integracija svih u esnika i razmena informacija duž celokupnog lanca snabdevanja. Jedan od potencijalnih problema koji je predmet optimizacije u funkcionisanju lanca snabdevanja, ijim se poboljšanjem postiže niz efekata – ekonomskih, ekoloških i dr. jeste tzv. transportni problem. Izbor metode za optimizaciju navedenog problema ima znaajan uticaj na kvalitet rešenja, koji su u ovom radu prikazani na primeru modela lanca snabdevanja proizvo a a južnog vo a. U radu su primenjena dva algoritma za optimizaciju dela lanca snabdevanja: egzaktni i heuristi ki. Rezultat njihove primene je smanjenje transportnog rada, kao i uvid u sveopšti na in funkcionisanja transportnog dela lanca snabdevanja i mogu nosti njegovog unapre enja.

Ključne reči: lanac snabdevanja, transportni zadatak, optimizacija, heuristika

1. UVOD

Lanac snabdevanja (LS) je mreža organizacija i procesa koja objedinjuje razli ita preduze a (dobavlja e, proizvo a e, distributere, prodavce) sa ciljem da sirovine/materijale pretvore u gotove proizvode, kao i da ih dostave krajnjim korisnicima [1]. Prilikom realizacije operacija u LS-u potencijalno se može pojaviti znaajan broj problema, kao što su: kvar mašina/alata/opreme, zastoji u saobraćaju/kretanju, problemi sa utovarom/istovarom, kvalitetom itd. Posebnu grupu problema, zbog njihove znaajnosti, obuhvataju svi oni koji se mogu pojaviti u domenu realizacije transporta. Cilj ovog rada je rešavanje jedne grupe problema koja se odnosi na realizaciju transporta u LS-u, kao i na davanje predloga algoritama za njihovo rešavanje. Optimizacija dela LS rešavanjem transportnog zadatka (TZ) nije novitet u menadžmentu istog [2], [3]. Implementacija TZ-a neretko koristi kompleksne softverske alate ija upotreba nije tako esto zastupljena/koriš e-

na u naučnoj i stručnoj literaturi.

LS kao kompleksan sistem ima veliki broj u esnika i koordinacija njihovog rada ima znaajan uticaj na optimizaciju transporta, gde je primena TZ, kao alata optimizacije našla svoje mesto u praksi, pa se neretko neki od algoritama za rešavanje istog nalazi u sastavu odre enog softverskog paketa Transport Management System (TMS).

TZ ili transportni problem kako se esto naziva ovo polje operacionih istraživanja, ve dugo je definisana i izuavana oblast, a jedan od prvih koji se bavio istraživanjem ove problematike je ruski matemati ar Kantorovič [3]. Ovaj rad ima za cilj da predstavi algoritam za rešavanje TZ kroz njegovu primenu u LS, sa konkretnim primerom zadatka i prikazom i primenom dva pristupa u njegovom rešavanju, respektuju i uslove koji vladaju u analiziranom okruženju.

Rad se sastoji od šest poglavlja. Nakon uvoda, u drugom poglavlju se obra uje TZ kao pojam, definišu se po etne pretpostavke i daje matemati ka formulacija, kako opšteg oblika, tako i konkretnog primera. Tre e poglavlje prikazuje jedan od algoritama koji e biti primenjen u radu - egzaktni algoritam, daje opštu postavku kao i konkretno rešenje TZ-a iz primera. U etvrtom poglavlju obra en je heuristi ki algoritam.

Adresa autora: Svetlana Dabi Ostoji, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305

Rad primljen: 08.09.2016.

Rad prihva en: 01.12.2016

Ovde je predstavljena opšta formulacija algoritma, kao i konkretan primer rešenja prethodno definisanog TZ-a. Peto poglavlje daje uvid u rezultate dobijene primenom heuristi kog i egzaktnog algoritma na primeru rešavanja konkretnog TZ-a. U okviru šestog poglavlja data su zaklju na razmatranja i neki mogu i pravci daljih istraživanja na ovom polju.

2. TRANSPORTNI ZADATAK

U funkcionisanju LS-a se povezuju mnoge kompanije koje su uklju ene u realizaciju tokova materijala i informacija kroz niz logisti kih procesa, od prikupljanja sirovina do isporuke gotovih proizvoda krajnjem korisniku [1]. Relacije me u u esnicima lanca su višedimenzionalne, a jedan od bitnih izmeritelja je izražen kroz obim transportnog rada koji je neophodno izvršiti, da bi lanac funkcionisao kao jedinstven sistem, tj. od izvora sirovina, do isporuke gotovih proizvoda korisnicima [4].

Zbog svog zna aja, on zahteva optimizaciju, pa se tako i TZ može definisati kao problem raspodele robe od snabdeva a do krajnjeg korisnika preko proizvo a a, veleprodaje i maloprodaje, uz uslov da troškovi transporta ili transportni rad budu minimalni, a sa duge strane i uz cilj da se zadovolje zahtevi korisnika i davaoca usluge, izraženi kroz njihovu tražnju i ponudu za robom [4].

Za rešavanje navedenog problema, neophodno je definisati po etne pretpostavke, gde se nezavisno od na ina rešavanja definišu osnovna na ela cilja i uslova primene TZ-a. Postoje razli iti pristupi u rešavanju TZ-a i kako je navedeno, u radu su prikazana dva algoritma, optimizacioni (egzaktni) i heuristi ki, gde je pretpostavljeno slede e [5]:

- minimizacija ukupnih troškova transporta ili transportnog rada u celom LS-u;
- respektovanje ograni enja kapaciteta u esnika (objekata) LS-a;
- primena na ela jednozna nosti izmeritelja u celokupnom LS-u.

3. OPTIMIZACIONI ALGORITAM

Optimizacioni algoritam pripada grupi alata koja se, zavisno od karakteristika problema, koristi na razli itim nivoima odlu ivanja, a u okviru problema koje obuhvata ovaj rad, naj eš e u toku postupaka projektovanja novih, ili reorganizacije postoje ih transportnih sistema LS-a. Optimizacioni algoritam rešavanja TZ-a, tj. rešenje dobijeno njegovom primenom smatra se najboljim, a da bi se to prezentovalo, bi e prikazano dobijeno rešenje njegove primene na primeru koji je u radu obra en. Pre nego što se algoritam konkretizuje, neophodno je definisati opšti model (funkciju cilja i ograni enja optimizacionog algoritma) tj.

dati njegovu matemati ku formulaciju na slede i na in [3]:

$$\text{Min } F = a_{11}x_{11} + a_{12}x_{12} + a_{13}x_{13} + a_{21}x_{21} + \dots a_{ij}x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = b_i \quad (3)$$

gde su ograni enja:

$$x_{ij} \geq 0 \text{ za } i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$b_j \geq 0 \text{ za } j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$b_i \geq 0 \text{ za } i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

za $\forall i, j$

x_{ij} – koli ina robe koja se transportuje na relaciji od i do j

a_{ij} – rastojanje na relaciji od i do j

b_i – koli ina robe koja se zahtevana od potroša a

b_j – koli ina robe koja se plasirana od proizvo a a

i, j – indeksi (broja i) relacija izme u lanova LS-a

Primer egzaktnog rešavanja TZ-a prikazan je kroz transportni model kome odgovaraju slede i uslovi: proizvo a i distributer svežeg južnog vo a poseduje tri plantaže na lokacijama X1, X2, X3; na plantažama X1, X2 i X3 nalaze se koli ine vo a, prikazane u Tabeli 1. koje se transportuju do fabri kih pogona za preradu vo a, odakle bi se plasirao gotov proizvod, u vidu prera enog soka. Fabrike za preradu vo a su smeštene na lokacijama Y1, Y2 i Y3 sa kapacitetima prerade prikazanim u tabeli 2.

Tabela 1. Plasirane koli ine vo a sa plantaža (kg)

X1	X2	X3
275000	400000	300000

Tabela 2. Proizvodni kapaciteti fabrika za preradu vo a (kg)

Y1	Y2	Y3
200000	600000	225000

Proizvo a ima za cilj da sopstvenim voznim parkom realizuje snabdevanje, kako od plantaža do fabrika, tako i do distributivnih centara veleprodaje u gradovima Z1, Z2, Z3 i Z4. Pri tome on teži da optimizuje troškove transporta. Koli ine soka koje distributivni centri Z1, Z2, Z3 i Z4 potražuju su jednake i prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3. Potražnje distributivnih centara (l)

Z1	Z2	Z3	Z4
195000	195000	195000	195000

U tabeli 4 i 5 su predstavljena rastojanja izme u plantaža i fabrika i fabrika i distributivnih centara.

Tabela 4. Matrica rastojanja izme u plantaža i fabrika za obradu vo a (km)

	Y1	Y2	Y3
X1	21.00	50.00	40.00
X2	35.00	30.00	22.00
X3	55.00	20.00	25.00

Tabela 5. Matrica rastojanja izme u fabrika za obradu vo a i distributivnih centara (km)

	Y1	Y2	Y3
Z1	50.00	35.00	20.00
Z2	10.00	30.00	15.00
Z3	11.00	40.00	50.00
Z4	40.00	10.00	20.00

Kompanija svojom politikom poslovanja teži da primenom rešavanja TZ-a omogu i davanje odgovora na pitanje koliko kilograma (kg) vo a sa svake plantaže treba transportovati do svake fabrike i koliko litara (l) soka treba transportovati od svake fabrike do distributivnog centra, a da se minimizira potrebni transportni rad (tkm) uz uslov da se ispune zahtevi distributivnih centara (za svežim sokom), ali i kapaciteta u esnika u LS-u (plantaža, fabrika za obradu).

Osnovna pretpostavka pri postavci zadatka je da se od jednog kilograma vo a nakon obrade dobija 0,8 l soka (ovo je pretpostavka autora rada, imaju i u vidu veoma ostru konkurenciju u proizvodnji ove vrste gotovih proizvoda; cilj je proizvodnja sokova sa što ve im udelom vo a u njegovoj ukupnoj koli ini). Konkretni primer modela LS-a i njegove transportne mreže, kao i podaci o koli inama iz tabela 1, 2 i 3, tj. prikazani su na slici 1.

Slika 1 - Transportna mreža LS-a

Ovakvo prikazana mreža transportnih tokova ima za karakteristiku da plantaže otpremaju celokupnu koli inu proizvoda do fabrika zbog nepostojanja sopstvenog skladišnog prostora (hladnja a) pa je tada u pitanju gurani tok. Distributivni centri teže da minimiziraju svoj skladišni prostor i zahtevaju ta no odre enu koli inu soka od fabrike, tako da se radi o vu enom toku. Osim te karakteristike, uo ava se da je u pitanju tzv. otvoreni TZ, tj. da je ukupna proizvodnja vo a ve a od skladišnog kapaciteta fabrika za obradu vo a, pa se ovaj algoritam može koristiti i za dimenzionisanje potrebnog skladišnog prostora. Matemati ki prikaz opisanog primera dat je dvodelno, kao zbir dve funkcije cilja, sa odvojeno prikazanim ograni enjima, i to u obliku:

$$\text{Min } F = F_{(1)} + F_{(2)} \text{ [tkm]} \quad (7)$$

$$\text{Min } F_{(1)} = 21x_{11} + 50x_{12} + 40x_{13} + 35x_{21} + \dots + 25x_{33} \quad (8)$$

gde su ograni enja: (9)

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 275000 \text{ kg}; \quad x_{11} + x_{21} + x_{31} = 200000 \text{ kg}$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 400000 \text{ kg}; \quad x_{12} + x_{22} + x_{32} = 600000 \text{ kg}$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 300000 \text{ kg}; \quad x_{13} + x_{23} + x_{33} = 225000 \text{ kg}$$

$$\text{Min } F_{(2)} = 50x_{11} + 35x_{12} + 20x_{13} + 10x_{21} + \dots + 20x_{43} \quad (10)$$

gde su ograni enja: (11)

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 195000 \text{ l}; \quad x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 160000 \text{ l}$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 195000 \text{ l}; \quad x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 440000 \text{ l}$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 195000 \text{ l}; \quad x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 180000 \text{ l}$$

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} = 195000 \text{ l};$$

Rešavanjem zadatka dobija se funkcija cilja slede eg oblika:

$$F_{(1)} = 21 \times 200000 + 50 \times 0 + 40 \times 75000 + 35 \times 0 + 30 \times 25000 + 22 \times 150000 + 55 \times 0 + 20 \times 300000 + 25 \times 0 \text{ [tkm]}; \quad (12)$$

$$F_{(2)} = 50 \times 0 + 35 \times 15000 + 20 \times 180000 + 10 \times 0 + 30 \times 195000 + 15 \times 0 + 11 \times 160000 + 40 \times 35000 + 50 \times 0 + 40 \times 0 + 10 \times 195000 + 20 \times 0 \text{ [tkm]}; \quad (13)$$

$$F = F_{(1)} + F_{(2)} = 24000 + 15085 = 39085 \text{ [tkm]} \quad (14)$$

Rezultuju i transportni rad (izme u plantaža i fabrika za obradu vo a i izme u fabrika za obradu vo a i distributivnih centara), predstavljen je matricom i prikazan u tabelama 6 i 7.

Tabela 6. Transportni rad generisan izme u plantaža i fabrika za obradu vo a

[tkm]	Y1	Y2	Y3
X1	4200	0	3000
X2	0	7500	3300
X3	0	6000	0

Tabela 7. Transportni rad generisan izme u fabrika za obradu vo a i distributivnih centara

[tkm]	Y1	Y2	Y3
Z1	0	525	3600
Z2	0	5850	0
Z3	1760	1400	0
Z4	0	1950	0

Rezultat primene optimizacionog algoritma iznosi 39085 tkm što predstavlja optimalno rešenje kojim se minimizira transportni rad neophodan za realizaciju aktivnosti u LS-u, respektuju i ograni enja data zadatkom. Dobijeno rešenje se može predstaviti i grafi ki prikazom pomo u mreže na slici 2. Kao što je prethodno spomenuto, ovaj algoritam se može koristiti i za dimenzionisanje potrebnog skladišnog prostora fabrika za obradu vo a, što je prikazano na slici 3.

Slika 2 - Transportna mreža LS-a dobijena primenom optimizacionog algoritma

Slika 3 - Prikaz iskoriš enja skladišnog prostora fabrika za preradu vo a

Ovde je rešavan problem relativno "malih" dimenzija. Trebalo bi uzeti u obzir da postoji veliki broj ograni enja koja figurišu i u ovako jednostavnom primeru, jer složenost modela u velikoj meri ograni čava primenu optimizacionih modela za rešavanje TZ [5], a o tome e biti više diskutovano u okviru zaklju nih razmatranja ovog rada.

4. HEURISTI KI ALGORITAM

U praksi se pokazalo je su heuristi ki algoritmi prakti niji za primenu kod rešavanja razli itih problema, me u kojima su i oni koji se odnose na transport, a u pore enju sa drugim algoritmima optimizacije. Naime, primenom heuristi kih algoritama se dobijaju rešenja približna optimalnim. Kod primene heuristika se optimalnost, kompletnost, ta nost, i/ili preciznost kompenzuju za brzinu rešavanja problema, a kojim se dobija dovoljno dobro rešenje približno optimalnom [6].

To rešenje ne mora biti nužno najbolje, ili ak može biti samo aproksimacija ta nog rešenja, ali se i pored toga, takvo rešenje uzima u obzir zato što za njegovo nalaženje nije utrošeno mnogo vremena i/ili drugih resursa, što je vrlo esto ograni avaju i faktor pri odlu ivanju izbora algoritama za rešavanje TZ-a.

Za prethodno definisanu transportnu mrežu kompanije koja se bavi proizvodnjom i distribucijom vo a, TZ bi e rešen primenom tzv. pohlepnog (greedy) algoritma. To je svaki oblik algoritma koji rešava problem izborom lokalno optimalnog rešenja u svakom koraku, sa ciljem da e se na taj na in do i do globalnog optimuma [6].

Opšta matemati ka formulacija algoritma predstavljena je koracima [2]:

I korak:

za $\forall Z1, Z2, Z3, \dots, Zm$ prona i; (15)

$$C_1 = a_{11} + b_{11}$$

$$C_2 = a_{12} + b_{21}$$

$$C_k = a_{ij} + b_{ij}$$

$$3 C_k = C_{(k)}$$

II korak:

iz skupa $\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_k\} \forall Zm$ prona i : (16)

$$\min \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_k\} \forall a_{ij}, b_{ij}$$

Zm – distributivni centar m

X_n – plantaža n

C_k – suma rastojanja od izme u po etne ta ke (plantaže) i određišne ta ke (distributivnog centra) ($k = i \times j$)

a_{ij} – rastojanje od plantaže i do fabrike j

b_{ij} – rastojanje od fabrike i do DC j

i, j – indeksi (broja i) relacija izme u lanova LS-a

Ovim korakom pronalazi se najkra e rastojanje izme u izvorne ta ke (plantaže) i ta ke ponora (distributivni centri) i to preko svih raspoloživih fabrika za obradu.

Opšti oblik „pohlepnog“ algoritma najkra eg rastojanja podrazumeva da se za svaki distributivni centar na e najkra e rastojanje do svih plantaža, respektuju i

definisane transportnu mrežu i rastojanja između u esnika u LS. Ovakav algoritam u razmatranje/analizu uzima samo rastojanja, ali ne i količine koje treba da se transportuju [7], što bi u velikoj meri moglo da utiče na kvalitet rešenja. O tome će biti više diskutovano u okviru zaključnih razmatranja ovog rada.

Koraci u algoritmu kojim se određuju najkraća rastojanja su sledeći: prvi je po etni i njime se od odabrane tačke, npr. od plantaže X1 pridružuje najkraće rastojanje neke od (analiziranih) fabrika. U drugom koraku, od prethodno odabrane tačke algoritmom se pridodaje sledeće rešenje/rastojanje, čime se povećava vrednost funkcije cilja (rastojanje), ali samo uz uslov da je tako dobijeno rešenje bolje od ostalih (postizuje se ušteda), gde se, ukoliko je to slučaj takvo rešenje prihvata. Kada se oformi algoritam, naredni koraci se respektivno realizuju/ponavljaju, smanjujući indeks raspoloživih tačaka sve dok se ne zatvori mreža (dođe do distributivnog centra). Kada se na takav način odaberu relacije kojima se minimiziraju rastojanja, pokrene se algoritam koji tako uspostavljenim vezama (rastojanjima) dodeljuje količine koje se transportuju, gde se uoči prvi nedostatak ovog algoritma. Uspostavljenim vezama se ne može respektovati uslov ograničenja kapaciteta u esnika u LS, pa se radi toga naknadno, veštački dodaju veze kojima bi se usaglasili zahtevi korisnika i kapaciteti proizvodnje. Rešenja najkraćih rastojanja između u esnicima LS-a, dobijena u prvom koraku heurističkog algoritma prikazana su u tabelama 8, 9, 10 i 11, gde su u osenjenim poljima rešenja (minimumi) rastojanja od plantaža do distributivnih centara.

Tabela 8. Matrica rastojanja između u distributivnog centra Z1 i plantaža

Z1		
71.00	85.00	60.00
85.00	65.00	42.00
105.00	55.00	45.00

Tabela 9. Matrica rastojanja između u distributivnog centra Z2 i plantaža

Z2		
31.00	80.00	55.00
45.00	60.00	37.00
65.00	50.00	40.00

Tabela 10. Matrica rastojanja između u distributivnog centra Z3 i plantaža

Z3		
32.00	90.00	90.00
46.00	70.00	72.00
66.00	60.00	75.00

Tabela 11. Matrica rastojanja između u distributivnog centra Z4 i plantaža

Z4		
61.00	60.00	60.00
75.00	40.00	42.00
95.00	30.00	45.00

Prikazana rešenja predstavljaju najkraća rastojanja od svakog distributivnog centra, kao tačke završetka transporta, do njemu najbliže plantaže kao tačke započinjanja transporta. Funkcija cilja dobijena primenom heurističkog algoritma data je izrazom:

$$F = 21 \times 200000 + 22 \times 225000 + 20 \times 300000 + 50 \times 75000 + 30 \times 175000 + 10 \times 160000 + 10 \times 195000 + 20 \times 180000 + 40 \times 195000 + 30 \times 35000 + 35 \times 15000 = 40675 \text{ [tkm]}$$

Tako dobijenom funkcijom cilja heurističkog algoritma za rešavanje TZ-a dobijeni rezultat je minimalni transportni rad od 40675 tkm, što inicijalno ukazuje da je u pitanju veća vrednost nego kad se koristi optimizacioni algoritam. O poređenju ova dva algoritma biće više diskutovano u okviru narednog poglavlja. Istaknute vrednosti količina i rastojanja u funkciji cilja predstavljaju relacije dobijene algoritmom kojim se veštački dodaju veze radi usaglašavanja zahteva korisnika i kapaciteta proizvodnje. Pridružene/naglašene relacije između u esnicima u LS-u dobijene drugim korakom heurističkog algoritma prikazane su na slici 4. (kao posebno naglašene "podebljane" strelice).

Na slici 4. strelicama su prikazane relacije koje su u drugom iteraciji dodavane po etnom koraku algoritma, da bi se rešenjem poštovala ograničenja kada su u pitanju zahtevane i plasirane količine proizvoda.

Slika 4 - Transportna mreža LS-a dobijena primenom heurističkog algoritma

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da, za razliku od optimizacionog algoritma, heuristički algoritam ne daje uvid u pojedinačne relacije među u esnicima kojima bi se dobila informacija izmeću u kojih od njih se generiše više transportnog rada. Ovaj algoritam bavi se iznalaženjem lokalnog, ali ne i opšteg optimuma (u zadatom primeru - minimuma), što ga čini praktičnim za veliki broj u esnika u LS. U idealnom slučaju za dovoljno veliki broj u esnika odstupanje rešenja od optimalnog bilo bi neznatno [8]. U konkretnom primeru malih dimenzija, ovaj algoritam se pokazao inferiornim, dok sa druge strane nije zahtevao unos velikog broja ograničenja što ga čini praktičnim za operativnu upotrebu brzog donošenja odluka pri optimizaciji dela LS-a [9].

5. REZULTATI - DISKUSIJA

Rešavanjem TZ-a primenom dva različita algoritma na istom modelu LS-a dobijena su i dva (brojno) različita rezultata (izraženo u tkm) što je bio cilj rada. Prikazana su dva algoritma, sa kojima odgovarajućim rezultatima i razlikama, na osnovu kojih se donosi odluka o odabiru jednog od njih. Međutim, uvek se nameće pitanje u kojoj meri se dva rezultata da se razlikuju, tj. kada je biti opravdano koristiti jedan ili drugi algoritam. U prikazanom primeru optimizacioni algoritam ima za rešenje 39085 tkm, a heuristički algoritam 40675 tkm. Razlika je 1590 tkm (veći transportni rad kod primene heurističkog algoritma), što sa aspekta smanjenja troškova jeste dovoljan uslov da se kompanije odluče za egzaktni algoritam. Tako donesena odluka ima svoja ograničenja iz razloga što bi za pripremu rešavanja TZ-a većih dimenzija bilo potrebno značajno više vremena (posebno za definisanje ograničenja koja kompanije vrlo često nedovoljno poznaju). Egzaktni algoritam svoju prednost postiže primenom na strateškom nivou, prilikom planiranja buduće ili rekonstrukcije postojećeg transportne mreže u LS-u, a u cilju minimiziranja neophodnog transportnog rada. Sa druge strane, heuristički pristup više odgovara operativnom menadžmentu, za potrebe donošenja odluka u kratkom vremenskom periodu, gde bi se u gotovo u trenutku mogli sagledati parametri modela LS-a, na osnovu kojih bi se optimizovao transportni rad potreban za njegovu realizaciju.

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom je dat uvid u mogućnosti koje varijante rešavanja problema TZ-a nude pri upravljanju transportnim i proizvodnim sistemima u upravljanju LS. Njegova primena, nezavisno od algoritma (egzaktni ili heuristički), mogla bi da doprinese ostvarenju višestruke prednosti za kompanije. Prikazano je da se primenom rešavanja problema TZ može doprineti poboljšanju funkcionisanja LS, pre svega optimizacijom

ukupnog transportnog rada, čime se direktno utiče na troškove transporta, ali i skladištenja. Upravo smanjenje troškova (transporta) jeste najveći motiv kompanija da se posvete optimizaciji funkcionisanja LS-a, posebno ukoliko je to moguće sprovesti bez dodatnih razvoja softverskih alata, već korišćenjem postojećih. Svaki poslovni sistem, ukoliko dovoljno dobro poznaje svoje resurse i okruženje u kome posluje, može primenom jednog od navedena dva algoritma za rešavanje TZ-a da poboljša rad kompanije, i da se na taj način donesu odluke tipa primene outsourcing-a (angažovanje drugih davalaca) transportne ili skladišne usluge.

Buduća istraživanja i razvoj primene TZ-a u logistici odnose se na poboljšanje postojećih softverskih alata koji se trenutno koriste u oblasti upravljanja transportnom i proizvodnjom. Poseban pravac razvoja takođe bi trebalo da bude ostvaren u domenu razvoja softverskih paketa koji bi odgovarali većem broju malih i srednjih kompanija kojima trenutna rešenja tog tipa često nisu pogodna sa različitim aspektima.

LITERATURA

- [1] Processes, Systems, and Models, in Ivanov D. (Ed.), *Global Supply Chain and Operations Management - A Decision-Oriented Introduction to the Creation of Value*, Ch. 3, Springer International Publishing, Switzerland, 2016.
- [2] Hasan MK, Direct Methods for Finding Optimal Solution of a Transportation Problem are not Always Reliable, *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, Vol. 1, No. 2, pp. 46-52, 2012.
- [3] Karakitsiou A. *Modeling Discrete Competitive Facility Location*, Springer, New York, 2015.
- [4] Powell W, Simao H, Bouzaïene-Ayari B. *Stochastic Programming in Transportation and Logistics: A United Framework*, Department of Operations Research and Financial Engineering, Princeton University, 2012.
- [5] Fazekas M, Stopka O, Šulgan M. Utilization of greedy algorithm of the shopping center operation [internet] LOGI Scientific Journal on Transport and Logistics, The Institute of Technology and Business in České Budějovice, 2014 [citirano 01.09.2016]. Dostupno na: <http://logi.upce.cz/issues/2014-01/01.pdf>
- [6] Borodin A. *Greedy Algorithms and Why Simple Algorithms Can Be Complex*, Department of Computer Science, University of Toronto, 2009.
- [7] Sierksma G, Ghosh D. *Networks in action, Text and Computer Exercises in Network Optimization*, Springer, New York, 2010.

- [8] Alawneh A, Alrefaei M, Diabat A, Al-Aomar, R, Faisal MN. An LP Model for Optimizing a Supply Chain Management System for Steel Company, in Proc. *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Vol 2, IMECS*, Hong Kong, China, March 2014.
- [9] Maravelia T. *Mixed - integer programming methods for supply chain optimization*, University of Wisconsin, USA, 2011.

SUMMARY

ONE OF THE METHODS FOR OPTIMIZING A PART OF SUPPLY CHAIN BY USING TRANSPORTATION PROBLEM MODEL

Supply chain is coordinated system of people, resources, information, etc., involved in the movement of materials from a state of raw materials to final customer, and to ensure the integration of all participants and the exchange of information along the entire supply chain.. One of potential problem of SC that is the subject of optimization and with whose improvement is achieved a series of effects - economic, environmental, etc. is transportation problem. The choice of method for optimization of this problem has a significant impact on the quality of the solutions, which are shown in this paper on the example of the supply chain of fruit producing company. The paper applied two algorithms to optimize part of the supply chain: exact and heuristic. The result of their use is the reduction of the transport operation, as well as insight into the overall way that the transport part of the supply chain function, and the possibilities for its improvement.

Key words: *supply chain, transport assignment, optimization, heuristics*