

EVOLUCIJA NEPLANIRANE KOORDINACIJE KOMPANIJA ZA PRENOS EKSPRES POŠILJAKA U IGRI IZBORA TRŽIŠTA

Aleksandar Čupić
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,
a.cupic@sf.bg.ac.rs

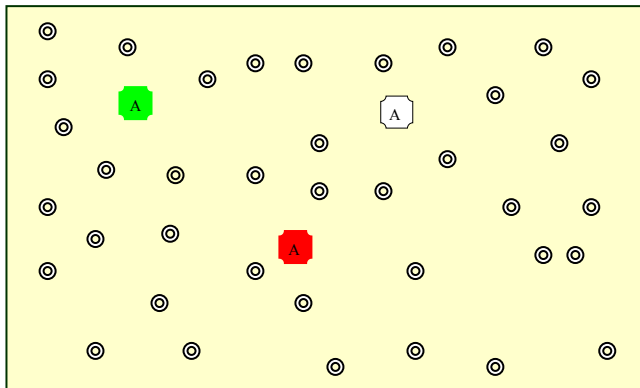
Sadržaj: *Ovaj rad proučava mogućnost korišćenja evolutivne neplanirane koordinacije između nezavisnih kompanija koje se bave ekspres prenosom pošiljaka (agenata) u igri izbora tržišta. Predloženi model predviđa ponavljanje nekooperativne igre između nekoliko agenata na većem broju tržišta. Od svih agenata se traži da simultano biraju skup tržišta (gradova) kako bi maksimizirali sopstvene prihode od naplate usluge prenosa na izabranom skupu tržišta. Pretpostavlja se da je ukupan broj pošiljaka koje svaki agent privuče na datom tržištu definisan ukupnim brojem agenata koji učestvuju na njemu, njihovim cenama i nivoima usluge koje nude. Na primer, ako je puno agenata izabralo neko tržište ukupan broj pošiljaka koje mogu da očekuju na njemu je manji. Ukoliko neki agent nudi nižu cenu prenosa onda može očekivati veći broj pošiljaka od strane korisnika itd. Poenta izbora tržišta je u izboru optimalnog skupa tržišta, za svakog pojedinačnog agenta uzimajući u obzir specifičnosti svakog od njih. Osim toga predlaže se i proširenje modela evolutivnim računanjem i fazi logikom.*

Ključne reči: *teorija igara, ekspres prenos, neplanirana koordinacija.*

1. Uvod

Tržište usluga ekspres prenosa se odlikuje postojanjem izrazito razvijene konkurentnosti između svih učesnika koji učestvuju na njemu. Postojanje konkurentskih kompanija u velikoj meri utiče na sve aspekte njihovog poslovanja (cenu prenosa pošiljaka, ponuđeni kvalitet usluga, obim preuzetih pošiljaka itd.) [1]. U takvim uslovima kompanije su suočene sa neizvesnošću kakve posledice će imati odluke koje su doneli u konkretnim situacijama i okolnostima. Kao što je često slučaj posledice poslovnih odluka ne zavise isključivo od jedne strane koja ih donosi već i od interakcije sa odlukama koje donose druge strane [2]. Obzirom da su interesi učesnika na tržištu ekspres pošiljaka gotovo po pravilu antagonistički odnosno da su kompanije koje na njemu posluju u konfliktu, da su poslovne odluke koje one donose međusobno zavisne i praćene neizvesnošću ovaj fenomen je moguće opisati igrom. Oblast operacionih istraživanja koja se bavi analizom ovakvih problema i nalaženjem optimalnih rešenja se naziva teorija igara [2].

Teorija igara predstavlja izuzetno značajno područje moguće primene evolucionog računanja. Poseban značaj ima proučavanje evolucije mogućih strategija koje primenjuju pojedini igrači.



Slika 1. *Agenti (A) i tržišta*

1.1 Pregled literature

Teorijom igara bavio se veliki broj autora rešavajući raznorodne probleme iz najrazličitijih inženjerskih grana pa i šire. Ishibuchi i ostali [3] su studirali evoluciju neplanirane koordinacije nezavisnih agenata. Oni su proučavali igru izbora tržišta od strane velikog broja nezavisnih agenata. Ovaj rad je, između ostalog, bio inspiracija za predlog ovog istraživanja tako da će u nastavku biti detaljnije opisan. Ishibuchi i ostali predlažu da igra, u kojoj učestvuju agenti bude nekooperativna, da se sastoji iz većeg broja rundi i da se ponavlja. U okviru svake runde, svi agenti koji teže da maksimiziraju profit, u istom trenutku biraju jedno od većeg broja mogućih tržišta, na kome će prodavati svoje proizvode. Cena proizvoda na tržištu je uslovljena ukupnom ponudom na tržištu (na određenom tržištu je visoka, ukoliko se na tržištu pojavi veoma mali broj agenata i obrnuto). Po sagledavanju efekata koje su postigli u određenoj rundi, agenti u sledećoj rundi ponovo biraju tržište na kome će prodavati proizvode. Agenti mogu da koriste različite strategije za izbor tržišta. Ishibuchi i ostali su, preuzimajući ulogu centralnog planera, primenom genetskih algoritama odredili najbolji raspored agenata po tržištima. Autori su pokazali da se ostvaruje približno isti prosečan profit po jednom agentu u slučaju „neplanske“ i u slučaju „planske koordinacije“.

Witteloostuijn i Boone [4] su u svom radu pomoću teorije igara pokazali na koji način inertni igrač može da istisne sa tržišta fleksibilnijeg i pored svojih nedostataka koji se nekad ne odnose samo na nefleksibilnost već i na više troškove poslovanja.

Pojedini autori su ovu teoriju koristili kako bi razjasnili sociološke i evolutivne fenomene koji se odnose na veću uspešnost kooperativnih jedinki u odnosu na nekooperativne u igri, Wang i ostali [5]. U najnovijim radovima iz 2016-e godine Adami i ostali [6] su se bavili evolucionom teorijom igara gde su agente za razliku od klasične teorije modelirali individualno simulirajući na taj način heterogenost populacije učesnika igre. Osim toga oni su menjali i skup učesnika u toku evolucije što je još jedan doprinos realističnosti dok su sa druge strane pokazali da takvo modeliranje zahteva korišćenje

evolutivnih simulacija koje, za razliku od striktno matematičkog pristupa, mogu da reše ovako kompleksne probleme.

Teorijom igara analizirane su i hazardne igre, tržišna konkurencija, trka u naoružanju, ekološki problemi i mnogi drugi problemi [2] gde je potrebno maksimizirati dobitak grupe ili jednog igrača. Veliki broj problema saobraćaja i transporta može da bude analiziran kao problem izbora tržišta odnosno teorijom igara (problem izbora rute, izbora vida prevoza u gradovima, izbora prevozioca, izbora parking mesta itd). Definisanjem agenata, tržišta i mogućih strategija agenata moguće je u potpunosti ili sa određenim adaptacijama primeniti metodologiju dostupnu u [3].

2. Neplanirana koordinacija u igri izbora tržišta

Tržište ekspres prenosa pošiljaka karakteriše veliki broj kompanija koje učestvuju na njemu. Njihove pozicije su različite iz više razloga: veličina i tehnološka razvijenost kompanije, struktura voznog parka, geografski položaj u odnosu na klijente itd. U praksi se često sreću situacije u kojima više kompanija ima interakciju čiji ishod zavisi od međusobnih strategija dve ili više strana koje imaju konflikt interesa. Rešenje ovih problema moguće je primenom teorije igara koju prema [2] definišu:

- igrači koji predstavljaju strane u konfliktu,
- dobitak/gubitak koji predstavlja rezultat igre i
- skup strategija (poteza, alternativa) koji predstavljaju ponašanje svakog igrača.

Prema istim autorima osnovna pitanja koja se postavljaju u teoriji igara a koja su interesantna za posmatrati problem su:

- Šta znači izabrati racionalnu strategiju ako ishod zavisi i od strategije protivnika i ako je informacija nepotpuna?
- Da li je za učesnike racionalno uzajamno saradivati da bi se dobio najveći uzajamni dobitak (najmanji gubitak) ili je racionalno da deluju agresivno bez obzira na mogući ishod?
- U kojim situacijama je racionalno i u kojima se isplati igrati agresivno, a u kojim je racionalno saradivati?
- Da li iz procesa interakcije spontano nastaju moralna pravila saradnje racionalnih egoista?
- Kakvo je realno ponašanje učesnika u odnosu na racionalne recepte koje nudi teorija igara?
- Ako je različito, u kom je to smeru (da li su učesnici agresivniji ili kooperativniji)?

Tokom odvijanja igre kroz veći broj rundi dolaziće do evolucije strategija izbora tržišta koje primenjuju pojedini agenti (ekspres kompanije). Posmatrajmo n agenata koji u svakoj rundi potpuno nezavisno donose odluke u pogledu izbora y od m tržišta ($y \leq m$). Agenti biraju novu strategiju izbora tržišta na slučajan način iz skupa unapred definisanih mogućih strategija. Takođe je prilikom izbora strategije preporučivo koristiti i genetski operator mutacije. Svaki agent ima svoj čvor iz koga odlazi na tržište i u koji se vraća što predstavlja sedište preradnog centra odnosno Hub-a. Agent je potpuno samostalan u donošenju svojih odluka. Ne postoji centralni planer koji bi donosio odluke za sve agente

i čije bi odluke agenti izvršavali. Profit koji ostvari agent u određenoj rundi zavisi od broja drugih agenata koji su odabrali isto tržište, kao i od transportnih troškova koje ima agent prilikom sakupljanja, sortiranja i distribucije pošiljaka. Svaka strategija koju odabere agent okarakterisana je određenom vrednošću fitness funkcije. Pod vrednošću fitness funkcije podrazumeva se profit koji je ostvario agent.

Neka su respektivno i i j indeksi agenata i tržišta ($i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$). Takođe označimo sa T ukupan broj rundi igre a sa t ($t = 1, 2, \dots, T$) označimo indeks runde.

Uvedimo u razmatranje binarnu promenljivu koja opisuje odluku i -tog agenta u t -toj rundi. Ova promenljiva se definiše na sledeći način:

$$x_{ij}^t = \begin{cases} 1 & \text{ukoliko } i - \text{ti agent izabere } j - \text{to tržište u } t - \text{toj rundi} \\ 0 & \text{u ostalim slucajevima} \end{cases} \quad (1)$$

$j = 1, 2, \dots, m$

S obzirom da i -ti agent treba da izabere y od m mogućih tržišta, mora da je ispunjena sledeća relacija:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij}^t \leq y \quad (2)$$

Ukupan broj proizvoda X_j^t sakupljenih od strane agenata na j -tom tržištu tokom t -te runde je jednak:

$$X_j^t = Q_j \frac{\frac{\sum_{i=1}^n p_i}{i=1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{p_i}} \quad (3)$$

Cena prenosa pošiljaka koju tokom t -te runde agent naplaćuje na svakom tržištu je fiksna za sva tržišta i iznosi p_i^t . Ukupan broj pošiljaka koje generiše tržište u čvoru j označen je sa Q_j .

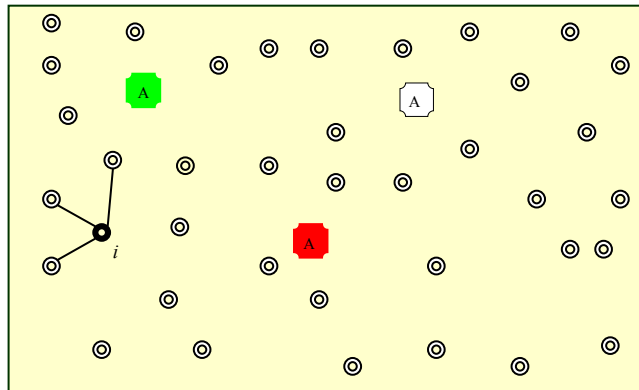
Transportni troškovi koje ima i -ti agent u t -toj rundi prilikom prenosa, prerade i distribucije pošiljaka a koji potiču od nastupa na određenom tržištu j izračunava se kao u [1]. Usled složenosti i obima matematičkog modela izračunavanja troškova u ovom radu biće samo obeleženi sa C_{ij}^t .

Profit koji ostvari i -ti agent tokom t -te runde na j -tom tržištu je jednak:

$$r_{ij}^t = X_j^t \bullet p_j^t - C_{ij}^t \quad (4)$$

Na osnovu relacija (3) i (4) može se zaključiti da profit agenta ne zavisi samo od izbora koji je napravio on sam već i od izbora koji su učinili svi ostali agenti. Označimo sa s_i^t strategiju izbora i -tog agenta u t -toj rundi (u suštini to je skup tržišta koje je izabrao agent). U inicijalnoj rundi igre agenti biraju tržišta na slučajan način. Obzirom da postoji m tržišta, verovatnoća izbora svakog tržišta je jednaka $1/m$. U posmatranom slučaju, profit bi predstavljao vrednost fitnes funkcije strategije koju je izabrao agent i možemo ga, za tržište j označiti kao $r_{ij}^t(s_i^t)$.

Označimo sa $N(i)$ susedstvo i -tog čvora (slika 2). Ukupan broj čvorova u susedstvu je jednak N . Ishibuchi i ostali [3] su predložili da susedstvo i -tog čvora predstavlja skup čvorova kome pripada i -ti čvor i njemu najbližih $N-1$ čvorova. Osim ovakve definicije, susedstvo čvora je moguće definisati i na neki drugi način.



Slika 2. Čvor (i) i njegovo susedstvo

Prilikom igranja sledeće runde agent može da zadrži istu strategiju odnosno isti skup čvorova, ili da izabere strategiju nekog od suseda iz svog susedstva i to za svako pojedinačno izabrano tržište odnosno grad koji pokriva svojom transportnom mrežom. Jasno je da, u slučaju kompanija koje se bave ekspres prenosom pošiljaka, svaki agent ima punu informaciju o strategijama koje su u prethodnoj rundi koristili njegovi susedi. Pretpostavimo da agent ima punu informaciju i o broju pošiljaka koje su, u pojedinim čvorovima, preuzeli njegovi susedi iako je to manje verovatno. Treba naglasiti da se može desiti da konkurencija u nekom mestu pravi profit (npr. zbog blizine preradnog centra) dok bi agent koji posmatra svog suseda napravio gubitke uključivanjem tog istog čvora u svoju transportnu mrežu. Označimo sa Pr verovatnoću sa kojom i -ti agent prilikom igranja sledeće runde menja postojeću strategiju s_{ij}^t za posmatrani čvor j strategijom s_{kj}^t svog suseda k ($k \in N(i)$). Verovatnoća zamene strategije izračunava se kako su predložili Ishibuchi i ostali:

$$P(s_{kj}^t) = \frac{r_{kj}^t(s_k^t) - r_{\min}^t(N(i))}{\sum_{k \in N(i)} \{r_{kj}^t(s_k^t) - r_{\min}^t(N(i))\}} \quad (5)$$

gde je $r_{\min}^t(N(i))$ minimalni profit ostvaren u susedstvu $N(i)$ tj.:

$$r_{\min}^t(N(i)) = \{r_k^t(s_k^t) : k \in N(i)\} \quad (6)$$

Po izvršenoj operaciji zamene strategije vrši se operacija mutacije. Strategija dobijena posle operacije zamene se sa verovatnoćom mutacije P_m zamenjuje nekom od ostalih strategija iz susedstva. Strategiju dobijenu posle operacije zamene i operacije mutacije označićemo sa s_{ij}^{t+1} . Drugim rečima, i -ti agent će u $(t+1)$ -oj rundi igre da, vezano za čvor j , koristi strategiju s_{ij}^{t+1} ($i = 1, 2, \dots, n$). Algoritam evolucije strategija izbora tržišta sastoji se od sledećih algoritamskih koraka [3]:

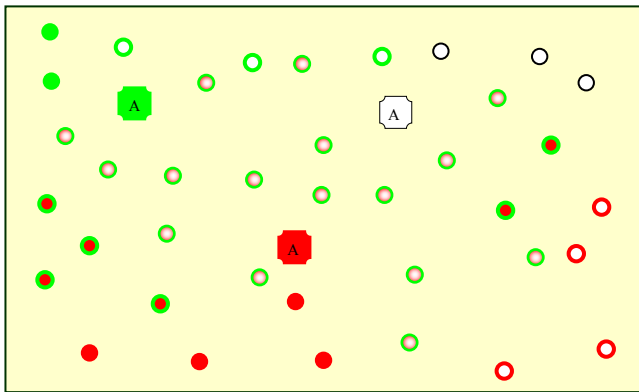
Korak 1: Odrediti na slučajan način inicijalnu strategiju svakog agenta.

Korak 2: Odigrati rundu igre sa izabranim strategijama i izračunati profit svakog agenta.

Korak 3: Sa verovatnoćom vršenja zamene zameniti strategiju agenta na svakom pojedinačnom tržištu sa jednom od strategija agentovih suseda.

Korak 4: Sa verovatnoćom vršenja mutacije zameniti strategiju agenta novom strategijom različitom od postojeće.

Korak 5: Ukoliko nisu ispunjeni definisani uslovi za završetak algoritma vratiti se na korak 2



Slika 3. Jedna etapa u evoluciji strategije izbora tržišta

Na prethodnoj slici može se videti ilustracija jedne etape u evoluciji strategije izbora tržišta. Čvorovi su u bojama koje reprezentuju svakog agenta tako da na slici 3. imamo jednobojne čvorove koji su pokriveni samo od strane jednog agenta, čvorove sa dve boje koje pokrivaju po dva agenta i čvorove u kojima posluju svi agenti. Očekivano

je da čvorovi koji su izrazito udaljeni i/ili sa malim brojem pošiljaka budu pokriveni manjim brojem agenata i obrnuto.

3. Proširenje modela evolutivnim računanjem i fazi logikom

Predloženi model ima nekoliko nedostataka koje bi trebalo prevazići proširenjima koja će biti data u nastavku. Na prvom mestu kompanije mogu imati potpuno različite logike prilikom formiranja strategija i reakcija na ponašanje korisnika. Različita logika nije posledica razlika u racionalnosti igrača već njihovih različitih pozicija na tržištu, lokacija preradnih centara i tehno-ekonomskih performansi samih kompanija. Rešenje koje se predlaže je uvođenje fazi logičkih pravila po kojima bi agenti menjali svoje strategija a koja bi se formirala za svakog pojedinačnog agenta na osnovu njegovih pokazatelja. Drugačije su verovatnoće promene strategije svakog agenta jer postoje više ili manje inertne kompanije.

Osim toga agenti mogu svoju strategiju da izražavaju i cenovnom i/ili politikom kvaliteta usluga. U realnom poslovanju srećemo kompanije koje su okrenute širenju mreže i prikupljanju što većeg broja pošiljaka uz pokrivanje što šireg područja. Takve kompanije najčešće nastupaju sa nižom cenom i sa, gotovo po pravilu, lošijim kvalitetom usluge. Sa druge strane neki agenti se koncentrišu na tzv. premium korisnike nudeći im kvalitetniju uslugu ali po višoj ceni. Nekada je razlika stvar dugoročne strategije odnosno misije kompanije, nekada je uslovljena strukturom voznog parka, rasprostranjenošću postojeće distributivne mreže itd. Zato je potrebno uvesti višekriterijalnost u posmatrani model onako kako je to opisano u [1]. Sa tim proširenjem agentima bi se dala sloboda da tokom rundi menjaju i cenu i ponuđeni kvalitet usluge što bi uticalo na broj klijenata koje bi oni privukli, transportne i troškove sortiranja što bi u rezultatu dalo promenu u profitu. Verovatnoća zamene strategije bi se računala za svaki pokazatelj s tim što bi se vršio izbor svakog pojedinačnog tržišta kao i kvaliteta usluge koji se na njemu nudi. Cena bi se nudila za svaku rundu ali bi bila ista za sva izabrana tržišta što odslikava praksu jedinstvenosti tarifa na celoj teritoriji. U slučaju posmatranja drugačijih kompanija u nekoj drugoj igri i cena bi mogla da se menja od tržišta do tržišta. Agenti su zainteresovani za konkurentne cene, procenat tržišta koje je konkurencija privukla tim cenama i kvalitetom usluga koje nudi. Na osnovu svih dostupnih informacija koje ima menadžment donosi odluku o promeni tarifne politike. Jedini način, po mišljenju autora ovog rada, da se taj proces ispravno predstavi je pisanje fazi-logičkih pravila za svakog igrača što bi se dobilo anketiranjem menadžmenta o načinu kako reaguju na zadate situacije na tržištu.

U predloženom modelu sva tržišta su ista u svemu osim po broju pošiljaka koje je na njima moguće sakupiti. Poznato je, međutim, da tržišta različito reaguju na ponuđene usluge. Na nekim tržištima je glavni parametar izbora agenta ponuđena cena usluge dok je na drugim to kvalitet usluge. Modifikacija bi se odnosila na izraz (3) gde bi svaki agent dobijao određeni procenat pošiljaka na nekom tržištu u zavisnosti od cene i kvaliteta koji nudi (ocenu kvaliteta usluge označimo sa KVi). Kvalitet koji agent nudi nekada nije tehnološki moguće promeniti (zbog vremena putovanja, preradnih kapaciteta i sl.) ili su troškovi takvog poduhvata izrazito visoki. Ta činjenica se mora uzeti u obzir prilikom definisanja verovatnoće promene strategije vezane za kvalitet usluge. Ukoliko se pokaže da je fleksibilnost agenata u pogledu promene kvaliteta usluge koju nude niska

tada treba ovaj parametar isključiti iz posmatranja ali isključivo kao deo strategije koju agent može da menja. Kvalitet usluge u svakom slučaju utiče na verovatnoću izbora određenog agenta od strane klijenta odnosno procenat osvojenog tržišta. Razlika između tržišta bi se dobijala definisanjem parova težinskih koeficijenata W_1 i W_2 koji izražavaju preferencije (cena, kvalitet) klijenata na tom tržištu (7):

$$X_j^t = Q_j \left[W_1 \frac{\frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}}{\frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}} + W_2 \cdot \frac{KV_i}{\sum_{i=1}^n KV_i} \right] \quad (7)$$

Osim po racionalnim parametrima klijenti se često odlučuju za nekog operatora ekspres prenosa i na osnovu subjektivnosti koja se najčešće prepoznaje kao lojalnost nekom operatoru. U tom smislu teško je osvajati nova tržišta jer agent mora da „preotima” klijente što mogu da potvrde svi ekspres operatori. Ovaj fenomen bi mogao biti uključen u model i prethodni izraz (7) kroz množenje sa indeksom lojalnosti koji bi za nastup na novom tržištu u sledećoj rundi, umanjivao, a prilikom ostanka na tržištu uvećavao, broj pošiljaka na koje agent može da računa. Na taj način bi agenti bili (de)stimulisani da osvajaju/zadržavaju tržišta. Obzirom da lojalnost korisnika varira od tržišta do tržišta ovaj indeks bi se posebno određivao za svako tržište.

Troškovi u predloženom modelu su uzeti kao isti za svakog agenta i zavise isključivo od njegove lokacije na mreži. Metodologiju obračuna troškova koja je detaljno opisana u [1] moguće je prilagoditi svakom agentu jer je daleko realnije da svaki agent, usled sopstvenih specifičnosti, ima drugačiju strukturu troškova.

Iz svega navedenog vidi se da je agentu jako teško da u uslovima postojanja konkurencije odredi optimalnu strategiju. Zato posmatrani problem treba rešavati evolutivnom igrom.

3.1 Klasifikacija predloženog modela po klasičnoj teoriji igara

Predložena igra nije sa nultom sumom (konstantnom). Može se reći da bi u određenim okolnostima povoljne strategije agenata dovele i do rasta ukupnog broja pošiljaka koje se šalju (usled boljeg upoznavanja klijenata sa uslugom putem marketinga, pada cena zbog konkurencije itd.) i/ili rasta kvaliteta. Modeliranje ovog fenomena bi previše zakomplikovalo model. Igra je bimetrična (dobitak jednog igrača nije jednak gubitku drugog) zbog razlike u ceni, troškovima itd. Ovakva igra je komplikovanija od igre sa nultom sumom jer se ne može primeniti princip minmaks-a.

Igra je nekooperativna jer i pored toga što bi se neki igrači mogli dogovarati njihovi dogovori bi se u slučaju kršenja ne bi rešavali arbitražom jer su zabranjeni zbog sprečavanja monopola. Osim toga svaki igrač se trudi da maksimizira svoj profit bez obzira kakav će rezultat ostvariti ostali igrači.

Ekspres prenos pošiljaka karakteriše visok stepen zamenljivosti usluga tj. jedan igrač može u velikom procentu da svojom uslugom zameni konkurentske tako da su moguće situacije sa slike 3 gde su određena tržišta pokrivena isključivom jednim agentom.

4. Zaključak

Predloženi model je moguće koristiti na više načina u zavisnosti od toga čiji se problem rešava. Prvi scenario je: sve kompanije su već na tržištu prenosa ekspres pošiljaka, imaju svoje transportne mreže koje nisu fiksne i preradne centre koji jesu (u posebnim slučajevima se mogu premeštati što zahteva dodatni trošak). Igra se sastoji u menjanju cena, skupa čvorova i shodno tome termina prijema/uručenja. Drugi slučaj je kada je jedan agent nov i ima slobodu da osim strategije bez dodatnih troškova na kraju igre dobije i topologiju transportne mreže i red vožnje na linijama koje tek treba da uspostavi. Poslednji slučaj je da su svi agenti novi, nova je usluga na tržištu i svi kreću „od nule” i definišu sve parametre svog poslovanja vezanog za tu uslugu.

Ovaj problem bi mogao postati još interesantniji ukoliko korišćenje pristupnih tačaka u poštanskom saobraćaju bude prepoznato od strane regionalnih operatora prenosa. To bi povećalo broj agenata prisutnih na tržištu i igru učinilo još složenijom i važnijom.

Potrebno je uporediti rezultate efekta neplanske sa planskom koordinacijom gde bi centralni planer rasporedio agente. Pristup planske koordinacije nije realan u slučaju ekspres usluge ali bi mogao biti upotrebljen za slučaj rezervisane usluge od strane regulatorne agencije.

Literatura

- [1] Čupić A. (2014) *Projektovanje transportnih mreža primenom evolucionog računarstva: Mreža za prenos ekspres poštanskih pošiljaka*, Doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [2] Krčevinac S., Čangalović M., Kovačević-Vujčić V., Martić M., Vujošević M. (2006) *Operaciona istraživanja 2*, FON, Beograd.
- [3] Ishibuchi H., Sakamoto R., Nakashima T. (2001) Evolution of unplanned coordination in a market selection game, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* **5**(5): 524 – 534.
- [4] Witteloostuijn A., Boone C. (1997) A game theory of organizational ecology: a model of managerial inertia and market selection, *Netherlands Institute of Business Organization and Strategy Research (NIBOR)*, Research Memorandum **5**.
- [5] Wang Z., Kokubo S., Jusup M., Tanimoto, J. (2015) Universal scaling for the dilemma strength in evolutionary games, *Physics of Life Reviews* **14**: 1-30.
- [6] Adami C., Schossau J., Hintze A. (2016) Evolutionary game theory using agent-based methods, *Physics of Life Reviews*, in press.

Abstract: *This paper examines the possibility of using evolution of unplanned coordination among independent express delivery companies (agents) in a market selection game. The proposed model is a non-cooperative repeated game with several agents on many markets. Every agent is supposed to simultaneously choose a set of markets (cities) for maximizing its own payoff obtained by selling its express delivery service at the selected markets. It is assumed that the total volume of parcels is determined by the total number of agents on that market, their prices and service levels. For example, if many agents choose a particular market, the number of parcels at that market is low for everyone. If an agent provides a lower cost for parcel delivery he can expect more parcels to transfer etc. The point of the market selection is to choose a set of markets for each agent that is optimal taking into account the specificities of each agent. In addition, it is proposed to expand model by evolutionary computation and fuzzy logic.*

Keywords: *game theory, express delivery, coordination.*

EVOLUTION OF UNPLANNED COORDINATION AMONG EXPRESS DELIVERY COMPANIES IN A MARKET SELECTION GAME

Aleksandar Čupić