

## COURNOT-OV MODEL KONKURENTNOSTI PROVAJDERA SERVISA U MREŽAMA NAREDNE GENERACIJE

Vesna Radonjić Đogatović,  
Aleksandra Kostić-Ljubisavljević,  
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

**Sadržaj:** *U ovom radu su prikazani rezultati istraživanja dobijeni analiziranjem modela Cournot-ove igre primenjene za određivanje optimalnog korišćenja resursa i cene dva provajdera servisa na telekomunikacionom tržištu. Predloženi model odgovara zahtevima u pogledu koncepta kvaliteta servisa i tarifiranja mreža naredne generacije.*

**Ključne reči:** *Cournot-ov model, Iskustveni kvalitet, Kvalitet servisa, Mreže naredne generacije.*

### 1. Uvod

Konkurentnost između provajdera servisa (*Service Provider, SP*) u mrežama naredne generacije (*Next Generation Networks, NGN*) predstavlja aktuelnu i značajnu oblast istraživanja. Provajderi servisa su sa jedne strane međusobno konkurentni, a sa druge strane upućeni na saradnju. Tražnja za servisima se, u zavisnosti od cene i kvaliteta servisa (*Quality of Service, QoS*), raspoređuje između provajdera. Stoga, tarifni mehanizam treba razmatrati kao značajnu komponentu konkurentnosti provajdera servisa u NGN okruženju.

Teorija igara, kao matematički alat za analizu interaktivnih procesa donošenja odluka, može se primeniti za rešavanje različitih problema vezanih za tarifiranje u mrežama naredne generacije. Ona predstavlja skup alata za modelovanje koji mogu da pomognu razumevanju kompleksnih interakcija između racionalnih učesnika [1]. Cournot-ov model je pogodan za opisivanje strategijskog izbora provajdera servisa koji je usmeren na korišćenje resursa mreže i cene koja se prilagođava prema ukupnoj ponudi, tako da ceo propusni opseg može biti iskorišćen i svaki provajder dobija proporcionalan iznos prihoda od servisa [2].

U ovom radu je predložena Cournot-ova igra za modeliranje konkurentskih odnosa dva provajdera koji obezbeđuju isti servis na istom telekomunikacionom tržištu. Takođe je razmatrano postojanje Nash ekvilibrijuma u predloženom modelu.

Rad je koncipiran na sledeći način. U drugom poglavlju dat je pregled najvažnijih zahteva za kvalitetom servisa u NGN-u. U trećem poglavlju opisana je Cournot-ova igra i predložen je model za određivanje optimalnih cena servisa, koji se

zasniva na ovoj igri. U četvrtom poglavlju su definisane funkcije dobiti i tražnje korisnika, dok su u petom poglavlju analizirani numerički rezultati za tri slučaja predloženog modela. Zaključna razmatranja su data u šestom poglavlju.

## 2. Kvalitet servisa u mrežama naredne generacije

Koncept mreža naredne generacije razmatra nove tendencije u oblasti telekomunikacija, kao što je potreba za konvergencijom i optimizacijom, kao i izrazita ekspanzija digitalnog saobraćaja. Postoji nekoliko tehno-ekonomskih pokretača u mrežama naredne generacije:

- Usled velikih tehnoloških promena, kapitalni i operativni troškovi se izrazito smanjuju;
- S obzirom da korisnici mogu da biraju između velikog broja konkurentnih provajdera servisa kao i široke lepeze servisa, odnos kvalitet/cena se značajno poboljšao;
- Standardi brzo napreduju i time se olakšava interoperabilnost;
- Mreže naredne generacije ohrabruju uvođenje novih i raznovrsnijih servisa.

Koncepti kvaliteta servisa su izuzetno značajni radi obezbeđivanja adekvatne podrške velikom broju aplikacija. Potrebno je obezbediti servise sa jakim garancijama kvaliteta koji će ispuniti zahteve korisnika i samim tim opravdati njihovo poverenje u provajdera servisa. Iako QoS obezbeđuje važan okvir za provajdera servisa, nije uvek dovoljan za specificiranje performansi za određenu mrežnu tehnologiju [3, 4]. Potrebno je razmotriti i iskustvo korisnika kao i poslovne indikatore. Dok je QoS povezan sa performansama servisa i kao takav se može meriti i kontrolisati, iskustveni kvalitet QoE (*Quality of Experience*, QoE) se odnosi na iskustvo koje je korisnik imao pri upotrebi određenog servisa. QoE uzima u razmatranje zadovoljstvo korisnika tehnologijom, subjektivnu evaluaciju kao i stepen ispunjenja očekivanja korisnika [3, 5].

Provajderi servisa se trude da obezbede zahtevani QoS svojim korisnicima, sa ciljem ostvarivanja što veće profitabilnosti. Korisnike treba ohrabriti da izaberu servis koji odgovara njihovim zahtevima na adekvatan način, što se može najefikasnije postići kroz tarifiranje [6]. Očekuje se da će konkurencija primorati provajdere servisa da brzo kreiraju i usvoje različite tarifne koncepte da bi postigli ravnotežu između ispunjenja zahteva korisnika i povećanja sopstvenog profita [7]. Različiti modeli teorije igara se mogu primeniti za tarifiranje u mrežama naredne generacije.

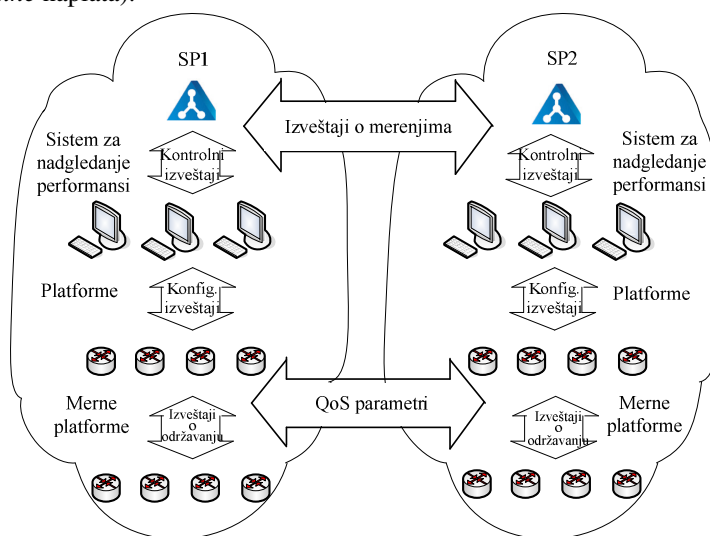
Porast tražnje usled popularnosti NGN aplikacija zahteva značajne investicije u infrastrukturu ali donosi i neizvesnu isplativost. Provajderi servisa stoga teže novom modelu mreže dajući pri tom prioritet upravljanim servisima čija je upotreba kontrolisana određenim tarifnim konceptom. Mnogi provajderi servisa posmatraju NGN servise kao sredstvo za privlačenje i/ili očuvanje najisplativijih korisnika. U mrežama naredne generacije od korisnika se očekuje da izabere onog provajdera koji nudi najbolji odnos između QoS i cene. Kao rezultat, provajderi koji posluju na istom tržištu će se nadmetati za korisnike prilagođavajući QoS i cenu svojih servisa.

QoS je definisan bilateralnim ugovorom ili sporazumom (*Service Level Agreements*, SLA). Iako je QoS uobičajeno reprezentovan kroz kašnjenje, varijaciju kašnjenja i gubitke, ti parametri nisu baš pouzdani i pogodni za precizno merenje [8]. Stoga su često korišćeni QoS parametri za određivanje da li je postignut zadovoljavajući nivo servisa: dostupnost mreže i propusni opseg.

Dostupnost mreže može značajno da utiče na QoS. Na primer, ako mreža nije dostupna, čak i na kratko, korisnik može doživeti nepredvidive i/ili neželjene performanse. Dostupnost mreže obuhvata dostupnost različitih komponenti mreže npr. višestrukih fizičkih konekcija, redundantnost mrežnih uređaja i sl [9]. Mrežni provajderi (*Network Provider, NP*) mogu povećati dostupnost svojih mreža implementacijom promena nivoa svake od ovih stavki.

Drugi značajan QoS parametar je propusni opseg. Potrebno je razlikovati raspoloživ i garantovan propusni opseg. U mnogim konceptima dinamičkog tarifiranja korisnicima je dozvoljeno da se nadmeću za raspoloživ propusni opseg i njihov ostvareni propusni opseg zavisi od nivoa saobraćaja koji su generisali drugi korisnici mreže u posmatranom vremenskom periodu. Termin garantovani propusni opseg označava garantovani minimalni opseg mrežnog provajdera. Servis sa garantovanim propusnim opsegom ima veći prioritet i veće cene u odnosu na onaj sa dostupnim opsegom. Različite aplikacije mogu imati različite zahteve u pogledu propusnog opsega [9].

Da bi podržale zahtevane servise, administracije mogu imati različite politike mapiranja QoS zavisno od strukture mreže. Neke od važnih obračunskih<sup>1</sup> funkcija koje proizilaze iz merenja QoS, izveštaja o performansama i kontrolnih izveštaja su pokazane na slici 1. Ove funkcije podržavaju sakupljanje podataka radi kasnije obrade (*offline* naplata) kao i interakcije u skoro realnom vremenu sa aplikacijam kao što su *prepaid* servisi (*online* naplata).



Slika 1. *Obračunske funkcije koje uzimaju u obzir ostvareni QoS* [10]

Najvažnije karakteristike mreža naredne generacije koje se tiču tarifiranja su, prema [11] sledeće:

- Potrebno je obezbediti obračunske funkcije u vidu *offline* i *online* tarifnih zapisa za svakog korisnika i za svaki servis;

<sup>1</sup> Upravljanje obračunom se odnosi na skup funkcija koje omogućavaju upotrebu servisa mreže which enables the use of the network service to be measured and the costs for such use to be determined [11].

- Neophodna je podrška različitih tarifnih politika, kao i politike naplate (npr. fiksno tarifiranje i tarifiranje prema korišćenju);
- Funkcionalni entiteti naplate u NGN treba da budu u mogućnosti da generišu detaljne zapise za sve naplate koje se dešavaju između korisnika i provajdera servisa, kao i između samih provajdera servisa;
- NGN treba da obezbede tarifiranje različitih nivoa QoS (uključujući korišćenje resursa mreže). Pod time se podrazumeva tarifiranje koje uvodi različite klase QoS u zavisnosti od tipa servisa (npr. multimedijalne komunikacije) ili medijuma za prenos (npr. govor, video, podaci).
- NGN treba da budu dovoljno fleksibilne da omoguće upotrebu različitih tarifnih modela. Tarifni modeli treba da zadovolje ravnotežu između ispunjenja zahteva korisnika i prihoda provajdera, uz efikasnu implementaciju;
- NGN treba u realnom vremenu da podrže selekciju i modifikacije obračunskih mehanizama u skladu sa zahtevima korisnika;
- NGN treba da obezbede odgovarajuće interfejsne između provajdera servisa i mrežnih provajdera.

### 3. Cournot-ov model

Cournot igra je pogodna za modeliranje strategijskih izbora provajdera servisa na telekomunikacionom tržištu sa malim brojem provajdera. U Cournot igri se pretpostavlja da provajderi, kao učesnici igre, deluju istovremeno. To je igra sa jednim krugom u kojoj je neophodno da svaki provajder servisa unapred definiše svoju strategiju, pri čemu se podrazumeva da nijednom provajderu nije poznat strategijski izbor drugog provajdera servisa.

Cournot igra sa dva učesnika, tj. dva konkurentna provajdera servisa<sup>2</sup> opisuje način na koji provajderi vrše optimizaciju korišćenja resursa sa ciljem maksimiziranja profita. Predloženi model razmatra prihode provajdera servisa koji direktno potiču od obezbeđivanja posmatranih servisa, kao i troškove korišćenja resursa mreže. U skladu sa pravilima ovog modela igre, svaki provajder servisa unapred mora odlučiti koliko će resursa mreže zakupiti. Profit svakog provajdera servisa zavisi i od strategijskog izbora njegovog konkurenta. Početna pretpostavka u ovom modelu je da profit provajdera servisa predstavlja razliku njegovih prihoda i troškova. Takođe, profit zavisi i od veličine zakupljenih resursa. Prema tome, funkcija profita provajdera  $i$  glasi:

$$\Pi_i = (P_i - C_i)\theta_i \quad (1)$$

$\theta_i$  – zakupljeni resursi, tj. prusni opseg od strane provajdera  $i$ ,

$P_i$  – cena po jedinici propusnog opsega koju plaća krajnji korisnik,

$C_i$  – troškovi zakupa resursa mreže za provajdera  $i$ . Dalje se pretpostavlja da važi  $C_i = C$  za svako  $i$ ,  $i = 1, 2$ .

Ako jedan provajder zauzme  $\theta_1$  propusnog opsega, ukupan propusni opseg će biti  $\theta = \theta_1 + \theta_2$  i tržišna cena će zavistiti od te veličine,  $P(\theta)$ . Otuda se cena po jedinici propusnog opsega može definisati na sledeći način:

<sup>2</sup> Pod terminom konkurentni provajderi servisa podrazumevaju se provajderi koji obezbeđuju iste ili slične servise korisnicima na istom telekomunikacionom tržištu.

$$P_i = \alpha - \frac{p}{\pi} \theta_1 - \frac{p}{\pi} \theta_2 = P \text{ za svako } i, i = 1, 2. \quad (2)$$

pri čemu su:

$p$  – maksimalna cena jedinice propusnog opsega  $\theta$ , koju je prosečan korisnik spreman da plati,

$\pi$  – maksimalni propusni opseg koji zahteva prosečan korisnik,

$\alpha$  – konstanta za koju važi  $\alpha > \frac{p}{\pi} (\theta_1 + \theta_2)$ . U ovom kontekstu,  $\alpha$  predstavlja marginalnu cenu.

Sa ciljem određivanja Nash ekvilibrijuma u Cournot igri, prvo treba odrediti prvi izvod funkcije profita za svakog provajdera servisa:

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial \theta_i} = 0 \quad (3)$$

Ovim uslovima se definišu krive reakcije za svakog provajdera servisa  $\theta_i(\theta_j)$ , koje predstavljaju njegov optimalan izbor u funkciji strategijskog izbora konkurentnog provajdera servisa. Ekvilibrijum se postiže u preseku ovih krivih. Ova igra ima Nash ekvilibrijum  $(\theta_1^*, \theta_2^*)$  takav da ukoliko provajder  $i$  izabere  $\theta_i^*$  tada provajder  $j$  ima interes da izabere samo strategiju  $\theta_j^*$ , pri čemu  $i, j \in \{1, 2\}$   $i \neq j$ . Na osnovu toga, jedinstveni ekvilibrijum se određuje rešavanjem sistema jednačina:

$$\theta_1 = \frac{1}{2} \left[ \frac{\pi}{p} (\alpha - C) - \theta_2 \right], \quad \theta_2 = \frac{1}{2} \left[ \frac{\pi}{p} (\alpha - C) - \theta_1 \right]. \quad (4)$$

Otuda je Nash ekvilibrijum Cournot igre:

$$\theta_1^* = \theta_2^* = \frac{1}{3} \frac{\pi}{p} (\alpha - C) \quad (5)$$

Ukupni zauzeti propusni opseg je  $\theta_1^* + \theta_2^* = \frac{2}{3} \frac{\pi}{p} (\alpha - C)$ . Optimalna cena jedinice propusnog opsega koja odgovara ovako određenom Nash ekvilibrijumu je:

$$P^* = \alpha - \frac{p}{\pi} (\theta_1^* + \theta_2^*) = \frac{1}{3} (\alpha + 2C). \quad (6)$$

Ova analiza se može proširiti na više od dva provajdera servisa. Sa povećanjem broja provajdera servisa, optimalna cena se smanjuje.

#### 4. Funkcije dobiti i tražnje korisnika servisa

U ovom radu razmatra se konkurentski odnos dva provajdera servisa koji se nadmeću za udeo na NGN tržištu. U ovom slučaju se može primeniti princip reciprociteta u smislu da ukoliko jedan provajder servisa poveća ili smanji cenu servisa, to utiče ne samo na tražnju konkurentnog provajdera servisa već i na promene cene konkurentnog provajdera. Predloženi model indirektno uzima u obzir odnose oba provajdera servisa prema mrežnom provajderu čije resurse mreže provajderi servisa koriste.

Ukupna tražnja za propusnim opsegom u velikoj meri utiče na profit provajdera servisa. Zbog toga je važno odrediti ukupnu tražnju za servisom za svakog provajdera na NGN tržištu i uključiti je u izraz za profit provajdera servisa:

$$\Pi_i = D_i (P_i - C_i) \theta_i \quad (7)$$

Korisnička tražnja  $D$  ukazuje na zadovoljstvo korisnika posmatranim servisom, koje zavisi od odnosa kvaliteta i cene i predstavlja funkciju dobiti korisnika  $U$  i cene  $P$ . U ovoj analizi izabrali smo sledeću formu funkcije korisničke tražnje [12]:

$$D(P) = 1 - e^{-U^A P^B}, \quad (8)$$

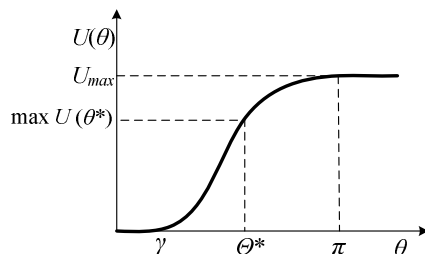
pri čemu su  $A$  i  $B$  pozitivni parametri koji odražavaju osjetljivost korisnika na odnos između kvaliteta i cene servisa:  $A$  pokazuje osjetljivost korisnika na promene QoS, dok  $B$  predstavlja nivo osjetljivosti korisnika na promene cene servisa. Na primer, ukoliko  $A$  ima veću vrednost, korisnici su osjetljiviji na promene QoS. S druge strane, veća vrednost  $B$  ukazuje na veću osjetljivost korisnika na promene cene. Za razliku od parametra  $\theta$ , koji je QoS parametar,  $A$  i  $B$  su QoE parametri. Jednačina (8) predstavlja uopšten izraz za tražnju koji potvrđuje intuitivno ponašanje korisnika: korisnička tražnja za servisom se povećava sa povećanjem kvaliteta i/ili smanjenjem cene servisa.

U ovom radu smo uzeli u obzir kriterijum elastičnosti sa ciljem određivanja funkcija dobiti korisnika servisa sa različitim zahtevima. Korisnici su klasifikovani na elastične, delimično elastične i neelastične korisnike. Za svaki tip korisnika definiše se posebna funkcija dobiti (Slike 2-4). Dobit korisnika se izražava kao funkcija raspoloživog propusnog opsega koji se dodeljuje korisniku, čime se izražava osjetljivost korisnika na promene QoS. Za svaki tip korisnika pretpostavlja se gornja granica propusnog opsega,  $\pi$ , čijim povećanjem dobit korisnika ostaje ista.

Neelastični korisnici imaju stroge zahteve u pogledu kašnjenja i manje stroge zahteve u pogledu gubitaka. Njihovi zahtevi za propusnim opsegom variraju u intervalu između  $\gamma$  i  $\pi$ . Pretpostavka je da manji propusni opseg od  $\gamma$  ne donosi dobit korisniku. Funkcija dobiti neelastičnih korisnika uobičajeno se opisuje sigmoidnom funkcijom (Slika 2):

$$U_n = \frac{p}{1 + e^{\left(\frac{\gamma + \pi}{2} - \theta\right)}} \quad \gamma \leq \theta \leq \pi \quad (9)$$

pri čemu je  $p$  maksimalna cena koju je korisnik spreman da plati za jedinicu propusnog opsega.

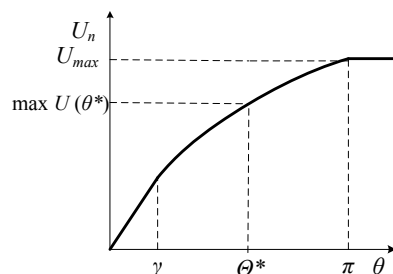


Slika 2. Funkcija dobiti neelastičnih korisnika [13]

Funkcija dobiti koja odražava ponašanje delimično elastičnih korisnika je logaritamska funkcija [13]. Elastični korisnici ne tolerišu gubitke ali mogu da prihvate kašnjenje u određenoj meri [14]. Delimično elastični korisnici takođe ne tolerišu gubitke ali imaju strožije zahteve u pogledu kašnjenja [6].

U zavisnosti od zahtevanog QoS, svaki delimično elastičan korisnik zahtevaće minimalni propusni opseg  $\gamma$ . Funkcija dobiti delimično elastičnih korisnika može se predstaviti kao (Slika 3):

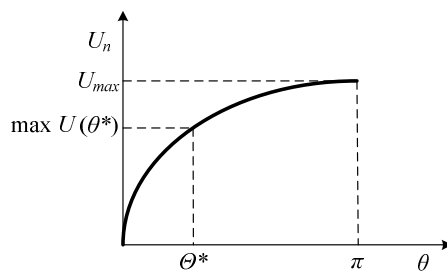
$$U_n = p \gamma (\log(\theta/\gamma) + 1), \quad \gamma \leq \theta \leq \pi \quad (10)$$



Slika 3. Funkcija dobiti delimično elastičnih korisnika [6]

Za elastične korisnike se ne definiše donja granica propusnog opsega (za razliku od neelastičnih i delimično elastičnih korisnika), već samo maksimalni potreban propusni opseg  $\pi$  (Slika 4). Matematički izraz za funkciju dobiti elastičnih korisnika glasi:

$$U_n = p k_s \log(1 + \theta) \quad 0 \leq \theta \leq \pi, \quad k_s = 1/\log(1 + \pi) \quad (11)$$



Slika 4. Funkcija dobiti elastičnih korisnika [14]

Pretpostavka je da je oblik ovih funkcija (Slike 2-4) isti za sve korisnike sa istim svojstvom elastičnosti. Međutim,  $\gamma$ ,  $\pi$  i  $p$  se mogu razlikovati čak i za korisnike koji pripadaju istom tipu.

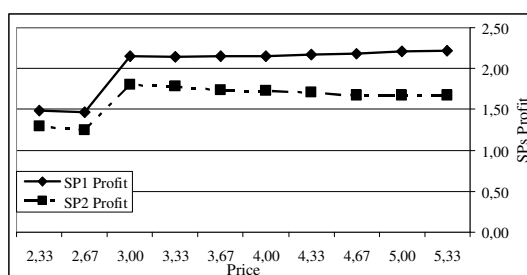
## 5. Numerički rezultati

Za potrebe analize predloženog modela i određivanja optimalnog rešenja razvili smo softver u programskom jeziku Visual Basic. Ulazni parametri su  $p_i$ ,  $\gamma_i$ ,  $\pi_i$ ,  $\alpha$ ,  $C_i$ ,  $A_i$  i  $B_i$  za  $i = 1, 2$ . Dodatni parameter je proporcija elastičnih, delimično elastičnih i neelastičnih korisnika za svakog provajdera servisa. Softver podrazumeva mogućnost promene ovih parametara u određenom opsegu. Kao ilustraciju predloženog modela analiziramo tri specifična slučaja. Na slikama 5-7 predstavljena su ekvilibrijumska rešenja za predloženi Cournot model.

U prvom slučaju smo pretpostavili da posmatrani provajderi servisa imaju korisnike sa različitim QoE parametrima:  $A_1=0.6$ ,  $B_1=0.4$  (QoE parametri provajdera 1 – SP1) i  $A_2 = 0.4$ ,  $B_2 = 0.6$  (QoE parametri provajdera 2 – SP2). Svi ostali ulazni parametri su isti za oba provajdera servisa:  $p_1 = p_2 = 5.5 \div 10 \text{MU}^3$ ,  $\gamma_1 = \gamma_2 = 10 \text{Mbit/s}$ ,  $\pi_1 = \pi_2 =$

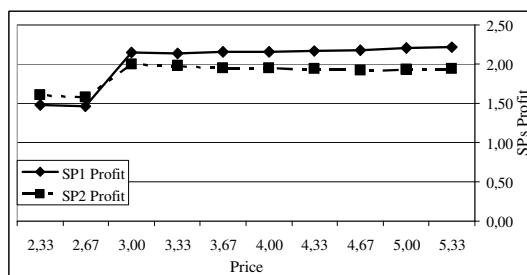
<sup>3</sup> MU (money unit) – novčana jedinica.

5.5÷10Gbit/s,  $\alpha = 6.4 \div 10\text{MU}$  i  $C_1 = C_2 = 0.3 \div 3\text{MU}$ . U ovom slučaju smo takođe pretpostavili jednak broj svih tipova korisnika klasifikovanih prema kriterijumu elastičnosti. Na osnovu numeričkih rezultata prikazanih na slici 5, maksimiziranje profita provajdera servisa SP1, čiji su korisnici osetljiviji na promene QoS od promena cena, postoje dva optimalna rešenja:  $P_1 = 5\text{MU}$ ,  $\theta_1 = 2.3\text{Gbit/s}$  i  $P_1 = 5.33\text{MU}$ ,  $\theta_1 = 2.33\text{Gbit/s}$ . Za drugog provajdera servisa, SP2 čiji su korisnici osetljiviji na promene cena, maksimiziranje profita se postiže za  $P_2 = 3\text{MU}$  i  $\theta_2 = 2.1\text{Gbit/s}$ . U ovom slučaju, nijedan provajder servisa ne može da poveća svoj profit povećavanjem cena servisa. Ovo je očigledno za SP2 čiji se profit smanjuje sa povećanjem cena. Profit SP1 se ne smanjuje, ali je izražen trend stagnacije njegovog profita za cenu veću od 5MU (i propusni opseg veći od 2.3Gbit/s).



Slika 5. Profiti provajdera servisa u funkciji cene za prvi posmatrani slučaj

U drugom posmatranom slučaju, korišćeni su isti ulazni parametri kao u prvom slučaju sa razlikom u raspodeli broja elastičnih, delimično elastičnih i neelastičnih korisnika. Za SP1 smo pretpostavili jednak broj svih tipova korisnika, kao i u prvom slučaju, dok smo za SP2 pretpostavili sledeću proporciju: 50% elastičnih korisnika, 25% delimično elastičnih korisnika i 25% neelastičnih korisnika. Numerički rezultati u ovom slučaju (Slika 6) ukazuju na iste optimalne vrednosti cena i propusnog opsega za oba provajdera servisa. Međutim, može se primetiti da je profit SP2 veći nego u prvom slučaju, što je rezultat većeg broja elastičnih korisnika.

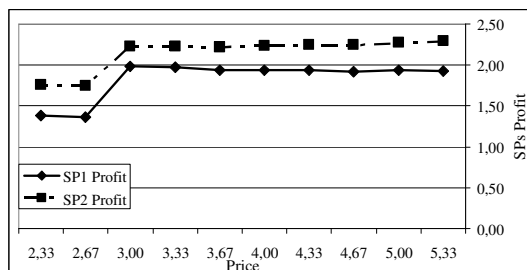


Slika 6. Profiti provajdera servisa u funkciji cene za drugi posmatrani slučaj

U trećem slučaju, pretpostavili smo iste QoS parametre za oba provajdera servisa, tj.  $A_1 = A_2 = B_1 = B_2 = 0.5$ . Svi ostali ulazni parametri su isti kao u drugom slučaju. Sada se profit SP1 maksimizira za  $P_1 = 3\text{MU}$  i  $\theta_1 = 2.1\text{Gbit/s}$ , dok su optimalne vrednosti cene i propusnog opsega za SP2:  $P_2=5.33\text{MU}$  i  $\theta_2=2.33\text{Gbit/s}$ . S obzirom na povećanje profita SP2 i manji profit za SP1 (Slika 7) u poređenju sa prethodnim slučajevima, može



se zaključiti da veći broj elastičnih korisnika donosi veći profit posmatranom provajderu servisa.



Slika 7. Profiti provajdera servisa u funkciji cene za treći posmatrani slučaj

Na osnovu numeričkih rezultata i analize svih prethodnih slučajeva, očigledno je da profit provajdera servisa direktno zavisi od parametara QoE i elastičnosti korisnika.

## 6. Zaključak

Provajderi servisa pokušavaju da se nametnu na telekomunikacionom tržištu uvođenjem novih servisa, smanjivanjem operativnih troškova i strategijskim pozicioniranjem u odnosu na konkurenciju. U ovom radu se razmatraju najvažniji zahtevi vezani za kvalitet i tarifiranje servisa u mrežama naredne generacije.

U radu je opisan i analiziran model Cournot-ove igre čiji su učesnici provajderi koji obezbeđuju isti servis na NGN tržištu. Pretpostavlja se da oba provajdera istovremeno izlaze sa cenama servisa. Predloženi model uzima u obzir profit od obezbeđivanja servisa i troškove korišćenja resursa mreže. U Cournot-ovom modelu optimalne cene zavise od zauzetog propusnog opsega. Predloženi model je verifikovan kroz numeričke rezultate. U ovom radu je izvršena posebna analiza rezultata sa pretpostavkom različitih raspodela korisnika klasifikovanih prema kriterijumu elastičnosti i različitih vrednosti QoE parametara za posmatrane provajdere servisa.

## Zahvalnica

Ovaj rad je deo istraživanja u okviru projekta TR32025 Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije.

## Literatura

- [1] J. N. Webb, *Game Theory - Decisions, Interaction and Evolution*, Springer, 2007.
- [2] C. Courcoubetis, R. Weber, *Pricing Communication Networks*, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [3] ITU-T NGN FG Proceedings Part II, - ITU, 2005, - available at: [www.itu.int/ITU-T/ngn/files/NGN\\_FG-book\\_II.pdf](http://www.itu.int/ITU-T/ngn/files/NGN_FG-book_II.pdf)
- [4] ITU-T E.800-series Recommendations - Supplement 8, "Guidelines for inter-provider quality of service", Geneva, 2009.

- [5] ITU-T Delayed Contribution D.197, Definition of Quality of Experience, Source: Nortel Networks, - Canada (P. Coverdale), 2004.
- [6] V. Radonjić, V. Acimovic-Raspopović Responsive Pricing Modeled with Stackelberg Game for Next Generation Networks // *Annals of Telecommunications*, – Springer, 2010. - vol. 65, - no. 7-8, P. 461-476.
- [7] B. M. Ninan, M. Devetsikiotis, „Game-Theoretic Resource Pricing For The Next Generation Internet“, *Performance Evaluation and Planning Methods for the Next Generation Internet*, edited by A. Girard, B. Sanso and F. Vazquez Abad Eds., Springer, 2005, pp. 141-163.
- [8] S. Chatterjee, J. Byun “Quest for the End-To-End Network QoS”, Americas Conference on Information Systems – AMCIS Proceedings, 2002, pp. 1918-1925.
- [9] ITU-T Recommendation Y.1541, Network performance objectives for IP-based services, 2006.
- [10] K. Yamori, H. Ito, Y. Tanaka, ”Optimum Pricing Methods for Multiple Guaranteed Bandwidth Service”, Proc. of the 2005 Networking and Electronic Commerce Research Conference, Italy, 2005, pp.349– 355.
- [11] ITU-T Recommendation M.3400, “TMN Management Functions”, 2000.
- [12] L. Badia *et al.*, “Pricing VoWLAN Services through a Micro-Economic Framework,” *IEEE Wireless Commun.*, vol. 13, no. 1, 2006, pp. 6–13.
- [13] S. Sengupta, M. Chatterjee, „Differentiated Pricing Policies in Heterogeneous Wireless Networks”, *Heterogeneous Wireless Access Networks Architectures and Protocols*, edited by Ekram Hossain, Springer 2008, pp. 393-417.
- [14] F. P. Kelly, "Charging and rate control for elastic traffic", *European Transactions on Telecommunications*, vol. 8, 1997, pp. 33-37.

**Abstract:** *This paper presents research results obtained by analyzing Cournot game model applied to determine the optimal use of resources and costs of two service providers in the telecommunication market. The proposed model matches the requirements for next generation networks in terms of quality of service and pricing.*

**Keywords:** *Cournot model, Next Generation Networks, Quality of Experience, Quality of Service.*

**COURNOT MODEL FOR COMPETITIVE SERVICE PROVIDERS IN NEXT GENERATION NETWORKS**

Vesna Radonjić Đogatović, Aleksandra Kostić-Ljubisavljević