

## Mreža linija avioprevoznika u uslovima konkurencije

DANICA D. BABIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Saobraćajni fakultet, Beograd  
MILICA Đ. KALIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Saobraćajni fakultet, Beograd

Originalni naučni rad  
UDC: 656.7.022

*Mreža linija je ključni deo strategije avioprevoznika, a izabrana struktura mreže linija neće imati samo uticaja na troškove avioprevoznika, već može stvoriti i određene prednosti kad su prihodi u pitanju. Projektovanje mreže linija podrazumeva da avioprevoznik donosi odluke o tome koja će tržišta opsluživati i na koji način. Problemi koji se postavljaju pred avioprevoznika su: a) na koji način opsluživati izabrana tržišta, b) koji kvalitet usluge pružiti korisnicima, c) koji su efekti izabrane ponude na prihod i troškove avioprevoznika i d) kakav je uticaj konkurencije na izbor mreže linija avioprevoznika. U radu je urađena analiza postojećih poslovnih modela prevoznika i njihovih odgovarajućih struktura mreža linija. Istaknuta je povezanost između izbora strukture mreže linija sa poslovnim politikom avioprevoznika i na jednostavnom modelu pokazana veza između strukture mreže linija i kvaliteta usluge na deregulisanom tržištu.*

**Ključne reči:** poslovni model, struktura mreže linija, konkurencija

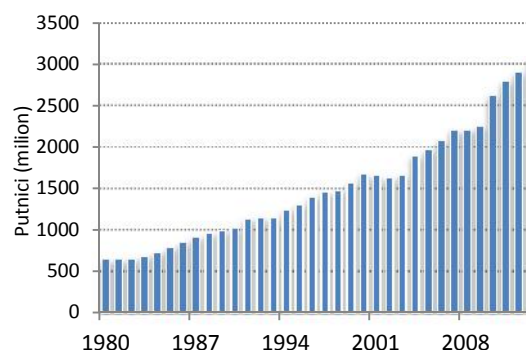
### 1. UVOD

U periodu nakon deregulacije vazdušnog saobraćaja, svakih 15 godina broj putnika koji koriste usluge vazdušnog saobraćaja na svetskom nivou se udvostručuje (slika 1), a isti trend se očekuje i u narednih 15 godina [1]. Nepredviđene krizne situacije, kao što su svetska ekonomska kriza, "arapsko proleće" i drugi događaji koji u određenim periodima usporavaju ovaj trend, samo dodatno pokazuju koliko ljudi vrednuju mogućnost da putuju avionom i obave svoje poslovne obaveze, posete rodbinu i prijatelje ili odu na odmor.

U kojoj meri će potražnja za vazdušnim saobraćajem rasti, koliko brzo i gde, zavisi od velikog broja faktora koji se mogu podeliti na demografske, socio-ekonomske i faktore koji se odnose na uslugu [2].

Prema [1] u periodu 2013-2032. godine očekuje se porast vazdušnog saobraćaja na svetskom nivou u proseku od 4,7% godišnje. Nešto veći porast vazdušnog saobraćaja očekuje se između razvijenih tržišta (Severna Amerika i Evropska unija) i onih u procesu razvoja (preostali deo Evrope, Daleki Istok, Latinska Amerika itd.), koji iznosi u proseku 4,9% godišnje. Najveći po-

rast saobraćaja očekuje se da ostvare avioprevoznici iz Azije ili preciznije sa Bliskog istoka i on iznosi 7,1%.



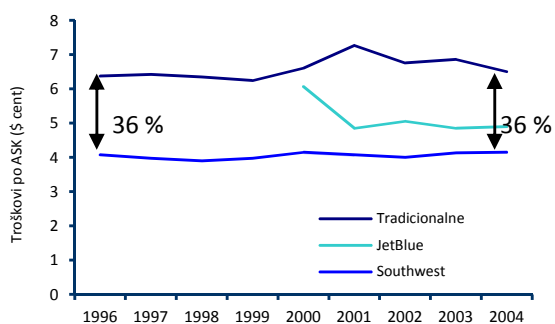
Slika 1 - Broj putnika u vazdušnom saobraćaju u svetu u periodu 1980-2013. godina [3]

Socijalna kriza, koja se poslednjih godina širi u svim delovima sveta, značajno utiče na dalje produbljivanje već postojeće ekonomske krize na globalnom nivou i stvaranje jako nestabilnih tržišnih uslova u kojima posluju avioprevoznici. Analizom stanja u EU može se uočiti velika raznolikost u uspešnosti prevoznika da opstanu na tržištu. Dok je kod pojedinih prevoznika pitanje daljeg opstanka, drugi ostvaruju uspešne rezultate uprkos važećim okolnostima. Situacija u vazdušnom saobraćaju EU ukazuje na činjenicu da nije presudno to šta se dešava na tržištu, već šta se dešava unutar samog avioprevoznika i njegovih konkurenata.

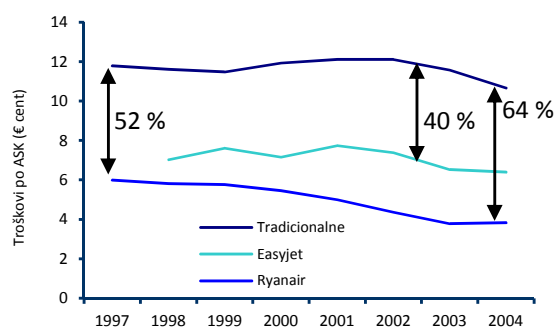
Adresa autora: Danica Babić, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305  
Rad primljen: 06.10.2014.  
Rad prihvaćen: 04.11.2014.

Budući da oporavak od ekonomske krize ide sporo i da je taj efekat dodatno usporen sve većom dužničkom krizom u evrozoni, ohrabruje podatak da su vodeći tradicionalni prevoznici u EU u 2012. godini prevezli oko 3% više putnika u odnosu na 2011, a da je prosečni koeficijent popunjenosti na letovima dostigao 79%. Međutim, avioprevoznici u Evropi ostvarili su gubitak od 1.3 milijarde eura je u 2012. godini zbog smanjenih prihoda i značajno uvećanih troškova goriva<sup>1</sup> [4].

Postizanje efikasnosti u operativnim troškovima jedan je od najvažnijih uslova za avioprevoznika kako bi bio konkurentan i opstao na tržištu. Međutim, postizanje efikasnosti u operativnim troškovima ne znači i istovremeno da prevoznik ima i najniže operativne troškove, već je važno da nivo ostvarenih troškova oslikava nivo kvaliteta koji se nudi putnicima.



a)



b)

Slika 2 - Jedinični troškovi tradicionalnih avioprevoznika i LCC u periodu 1996-2004: a) SAD; b) Evropa [5]

Danas se za skoro sve avioprevoznike može reći da su značajno smanjili svoje troškove u odnosu na period od pre dvadesetak godina. Jaka konkurencija od strane niskotarifnih (LCC) prevoznika naterala je tradicionalne prevoznike da menjaju svoj dotadašnji način poslovanja ili da se povuku sa tržišta. Strateški, tradicio-

nalni prevoznici reagovali su na različite načine, ali su ipak imali nešto zajedničko, a to je smanjivanje troškova. Osim povećane konkurencije, na smanjenje troškova avioprevoznika uticala je i jedna od najvećih ekonomskih kriza u kojoj su se našli. Njihovi konkurenti, LCC, su to takođe uradili i postali još efikasniji i produktivniji, tako da analizirajući njihove jedinične troškove može se videti da je razlika još uvek velika i u korist LCC, ukazujući da prostora za daljim smanjenjem troškova još postoji slika 2 [5]. Isti trend se nastavio u periodu od 2004. do 2012. godine u Evropi. I jedni i drugi su do izvesne mere smanjili svoje troškove, ali i prihode zbog pojačane konkurencije, ekonomske krize itd. Međutim, relativni odnos između njihovih jediničnih troškova, ostao je isti i u 2012. je iznosio 65%.

U daljem tekstu data je analiza postojećih poslovnih modela prevoznika i njihovih odgovarajućih struktura mreža linija. Istaknuta je povezanost između izbora strukture mreže linija sa poslovnim politikom avioprevoznika i na jednostavnom modelu pokazana veza između strukture mreže linija i kvaliteta usluge na deregulisano tržištu.

## 2. MREŽA LINIJA

Sloboda koju su avioprevoznici dobili nakon deregulacije tržišta vazdušnog saobraćaja podrazumevala je velike promene u poslovnim modelu i primenu one strategije koja će na najbolji mogući način zadovoljiti putničku potražnju. Najveći efekti tih promena vide se u izmenjenoj strukturi mreža linija prevoznika. Mreža linija je ključni deo strategije avioprevoznika, a izabrana struktura mreže linija neće imati samo uticaja na troškove avioprevoznika, već može stvoriti i određene prednosti kad su prihodi u pitanju.

Kao dominantan izbor mreže linija među prevoznicima ističu se hub-and-spoke (HS), od strane tradicionalnih, i od-tačke-do-tačke (PP), od strane niskotarifnih. Projektovanje mreže linija podrazumeva da avioprevoznik donosi odluke o tome koja će tržišta opsluživati, na koji način, koje su posledice uvođenja/izbacivanja pojedinih ruta i u slučaju obavljanja operacija kroz više habova, koje su posledice promene tokova na samoj mreži. Te odluke se pre svega odnose na pronalaženje pravog balansa između opsluživanja različitih segmenata tržišta, sa jedne strane, i ispunjavanja ekonomskih interesa avioprevoznika, sa druge strane.

### 2.1. Mreža linija od-tačke-do-tačke (pp) i niskotarifni poslovni model

Mreža linija od-tačke-do-tačke obuhvata linijsku i unakrsnu strukturu mreže. Linijska struktura mreže je bila karakteristična za evropske prevoznike u periodu

<sup>1</sup>Troškovi goriva su povećani 4 puta u odnosu na 1990. godinu, a njihov udeo u ukupnim operativnim troškovima prevoznika povećao se sa 11% na 33% za 20 godina [4]

pre deregulacije. U linijskoj strukturi vazduhoplov poleće iz svog baznog aerodroma i pravi nekoliko međusletanja na putu do svog krajnjeg odredišta. Iako još uvek ima avioprevoznika širom sveta koji i dalje koriste ovaj način, mnogi prevoznici napustili su linijsku strukturu, zbog visokih troškova i neekonomičnosti. Troškovi imaju tendenciju da budu visoki, jer aerodromski troškovi uključuju troškove na većem broju aerodroma na jednoj ruti, dok su prihodi često veoma mali, zbog niske frekventnosti pružanja usluga na ovim rutama.

Unakrsna ili rešetkasta struktura mreže uglavnom obuhvata rute kratke i srednje dužine, usmerene ka velikim gradovima. Aerodromi u mreži su direktno povezani, a redovi letenja mogu, ali ne moraju da budu usklađeni na većim aerodromima, radi povezivanja letova [6]. Danas su najveći primeri primene ovog tipa mreže niskotarifni prevoznici, kao na primer, *easyJet* u Evropi i *Southwest* u SAD. Njih karakteriše veliki broj aktivnosti po aerodromu (u proseku 45-50 poletanja dnevno, a na nekim aerodromima imaju i preko 100 poletanja dnevno) i činjenica da svaki aerodrom povezuju sa što većim brojem drugih aerodroma u mreži. Povezivanje aerodroma koji se već opslužuju, obično ne generiše velike troškove, ni u operativnom ni u marketiškom smislu (povećava se iskorišćenje resursa na zemlji na oba aerodroma, a nema potrebe za dodatnim reklamiranjem) za razliku od uspostavljanja nove rute ka aerodromu koji do tada nije opsluživan. Prednost ovog tipa mreže je mogućnost ostvarivanja veće iskorišćenosti vazduhoplova i posade jer je minimizirano vreme koje vazduhoplovi provedu na zemlji.

U praksi se pokazalo da bez obzira u kojoj se meri LCC pridržavaju njihovog izvornog poslovnog modela<sup>2</sup> zajedničko im je PP struktura mreže. Ona se pokazala kao ključni faktor za postizanje niskih operativnih troškova čak i u periodima ekonomske recesije koja je prisutna poslednjih godina.

Osim pomenute strukture mreže linija, LCC nude takvu uslugu svojim putnicima, koja podrazumeva ukidanje svih suvišnih usluga u zamenu za niske cene prevoza. Ta usluga obuhvata: manju frekvenciju na rutama, nepostojanje besplatnog pića i hrane na letovima, isključivo elektronsku prodaju karata, veći broj sedišta u putničkoj kabini, nepostojanje klasa u putničkoj kabini itd.

Poslovni model LCC, zajedno sa PP mrežom linija, pokazao se kao opravdan na onim tržištima gde je

<sup>2</sup>Ne postoji opšti oblik poslovnog modela LCC, već svaki od njih ima različit pristup tržištu. Može se samo govoriti o pojedinim segmentima njihovog poslovnog modela koji su im zajednički.

ranije uvođenje direktnih letova bilo neodrživo zbog male tražnje i visokih cena karata koje su nudili tradicionalni prevoznici. Niske cene karata, nisu samo stimulisale tražnju na određenim tržištima, već se pokazalo da ovaj pristup značajno povećava i samo opslužno područje nekog aerodroma [7].

## 2.2. Hub-and-spoke (hs) mreža linija i tradicionalni poslovni model

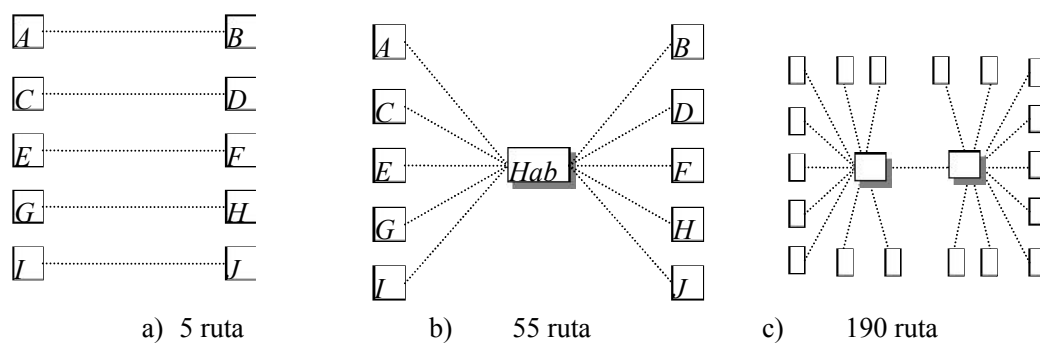
Mnoge rute nemaju dovoljno veliku potražnju da bi bilo opravdano uvođenje direktne linije sa zadovoljavajućom frekvencijom tako da je HS mreža linija omogućila prevoznicima da putnicima ponude povezane letove kojima bi opsluživali i takve gradove. Većina avioprevoznika primenjuje neku od verzija HS tipa mreže. Veći avioprevoznici imaju i do pet habova, dok manji obično imaju samo jedan hab, lociran u centralnom delu regiona koji opslužuju.

HS mreža se sastoji od haba, koji predstavlja centralni aerodrom, i velikog broja grana koje se radijalno šire u odnosu na njega, do mnogobrojnih okolnih aerodroma (*spokes*) (slika 3b). Glavna prednost ove mreže je da broj potencijalnih konekcija na hab aerodromu eksponencijalno raste sa porastom broja tržišta koja se opslužuju sa datog haba.

U izloženom primeru na slici 3a i 3b, ako se direktne veze zamene povezivanjem parova gradova preko haba, postići će se jedanaest puta veći broj povezanih parova gradova. Prema tome, u opštem slučaju ako mreža ima  $n$  čvorova, avioprevoznik može da obezbedi povezivanje za  $n*(n-1)/2$  parova gradova pomoću haba. Kada se tome doda i  $n$  parova gradova za i iz haba, najveći mogući broj povezanih gradova biće  $n*(n+1)/2$ .

Pored toga, dodatne prednosti HS mreže su i veći prihodi, veća efikasnost i manji broj potrebnih vazduhoplova da bi se opslužila mreža u poređenju sa mrežom PP. Usmeravanjem putnika u hab, prevoznik postiže znatno veću gustinu saobraćaja u odnosu na PP mrežu i to mu omogućava ostvarivanje nižih troškova po putniku [8]. Veća gustina saobraćaja dozvoljava prevozniku da ponudi i veću frekvenciju letova na svojim rutama, što dodatno privlači nove putnike da koriste njegovu uslugu.

Kako bi putnicima omogućili maksimalan broj mogućih konekcija u habu, avioprevoznici letove grupišu u tzv. talase (*flight banks, waves*). U habu letovi se organizuju tako što prvo veliki broj letova dolazi, putnicima se daje dovoljno vremena da se rasporede po letovima kojima će nastaviti svoje putovanje, a zatim, veliki broj letova odlazi sa tog istog aerodroma. Dva uzastopna talasa, prvi, dolazeći, a drugi odlazeći, čine kompleks.



Slika 3 - Poređenje linearne i HS mreže [4]

Svaki kompleks je određen i vremenskim okvirom, koji je definisan kao period od momenta prvog sletanja na hab u dolazećem talasu, do momenta poslednjeg poletanja u sledećem odlazećem talasu. Što je taj vremenski okvir širi broj raspoloživih konekcija biće veći, i obrnuto. Uži vremenski okvir nudi manji broj konekcija, ali smanjuje ukupno vreme putovanja i atraktivniji je za putnike. Avioprevoznik sa dobro razvijenom HS mrežom linija može da obeshrabri ulazak mnogih konkurenata na tržište ili bar da poveća troškove ulaska na njegov hab. Isto tako, njegov ulazak na novo tržište može biti efektivniji budući da može ponuditi dobru povezanost i visok nivo usluge kroz svoju HS mrežu.

Prema svemu gore izloženom može se zaključiti da je poslovni model tradicionalnih prevoznika utemeljen na pružanju visokog nivoa usluge. Korišćenjem HS mreže linija, putnicima se pruža jako veliki izbor destinacija, zajedno sa velikom fleksibilnošću planiranja putovanja i raspoloživim kapacitetom. Tako visok nivo izbora koji se pruža korisnicima, podrazumeva posedovanje različitih aviona u floti, sa različitim performansama i kapacitetom, što generiše visoke troškove radne snage, operativne troškove i troškove kapitala. Međutim, ono što ističe HS mrežu u odnosu na PP mrežu jeste velika kompatibilnost letova, kao i mogućnost eksploatacije ekonomije opsega, što omogućava maksimiziranje prihoda na celoj mreži kroz primenu jako složenih sistema upravljanja prihodom.

### 3. PREGLED LITERATURE

Razvoj mreže avioprevoznika bio je predmet mnogih istraživanja, posebno u periodu nakon deregulacije vazdušnog saobraćaja. Autori koji su svoj doprinos dali istraživanjima mreža linija avioprevoznika imali su različite pristupe kada je u pitanju razumevanje ove problematike i mogu se podeliti na ekonomiste, operacione istraživače i saobraćajne inženjere. Rešenja koja su predložena, generalno se mogu podeliti u dve grupe:

I analitički modeli koji uključuju ekonomski pristup optimizacije mreže linija i

II modeli transportnih sistema koji uključuju heuristički pristup projektovanja mreže linija.

U analitičke modele, kojima pripada i model prikazan u ovom radu, spada model koji je razvijen u [8] koji su istraživali strategiju upotrebe HS mreže kao mehanizma odbrane od ulaska konkurencije na oligopolno tržište. Pokazano je da prelaskom sa linearne na HS mrežu linija prevoznik smanjuje ukupne troškove, ali avioprevoznik mora težiti što većoj koncentraciji letova u habu kako bi postigao stratešku prednost. U [9] je istraživano kako avioprevoznik bira mrežu linija i određuje cene na rutama na deregulisanom tržištu, pod pretpostavkom da su potražnja i troškovi simetrični na ruti. U radu je pokazano da Nešova ravnoteža postoji za PP i za HS mrežu linija, ali da izbor HS mreže linija vodi ka pareto dominaciji. Koristeći model [10] Brueckner i Zhang analizirali su vezu između strukture mreže linija i reda letenja (frekvencije) avio-prevoznika u uslovima monopola [11]. U svom radu potvrdili su da je kod HS mreže veća frekvencija u odnosu na PP mrežu linija, a da uprkos nižim troškovima koje HS mreža linija omogućava prevoznicima, oni opravdavaju naplatu većih cena karata na rutama većim frekvencijama. U [12] autor je analizirao na koji način struktura mreže linija utiče na projektovanje reda letenja i izbor veličine aviona od strane avio-prevoznika u uslovima monopola.

Napravljen je ekonomski model kojim prevoznik bira veličinu aviona i ciljani broj prevezenih putnika kojim će maksimizirati svoj profit. Analiza je pokazala da je HS mreža prihvatljivija kada je potražnja mala, kada su troškovi obavljanja leta visoki i kada putnici više vrednuju visoku frekvenciju bez obzira da produženo vreme trajanja leta. Koristeći model iz [12] kao polaznu osnovu, Pai je u svom radu proširio istraživanje na analizu mreže linija na osnovu demografije tržišta, karakteristika aerodroma, karakteristika prevoznika i karakteristika rute [13]. Istraživanjem je pokazano da frekvencija i veličina aviona rastu sa porastom veličine populacije, porastom prosečnog ličnog dohodka, povećanjem broja menadžera u ukupnom broju zaposlenih, kao i sa povećanjem udela mlađih od 25 godina u ukupnoj populaciji. Takođe, pokazano je da povećanje kašnjenja na nekom od aerodroma smanjuje frekvenciju i veličinu aviona, dok

povećanje otkazanih letova povećava frekvenciju i veličinu aviona. U [14] su analizirane moguće promene strukture mreže linija avioprevoznika kao rezultat deregulacije tržišta između SAD i Evropske unije. Analiza ukazuje na to da kada su potražnja i ekonomija gustine relativno visoki, avioprevoznici iz SAD neće pojačati konkurentnost u odnosu na EU prevoznike. Takođe, pokazalo se da je uvek profitabilnije udruživanje u alijanse sa EU prevoznicima, nego boriti se sa njima na tržištu. Model za optimizaciju mreže linija kojim se vrši raspodela novih ruta unutar mreže, na liberalizovanom tržištu, pri čemu se uzima u obzir ograničenje kapaciteta na aerodromima razvijen je u [15]. Model koji je razvio Takebayashi pokazuje kako avioprevoznici menjaju strukturu mreže linija, kontrolišući cene na rutama i frekvenciju, i uzimajući u obzir ponašanje putnika, pod pretpostavkom da konkurentni prevoznici imaju različite operativne troškove [16]. U radu je pokazano da ulazak LCC na neko tržište svakako vodi ka poboljšanju socijalne dobrobiti.

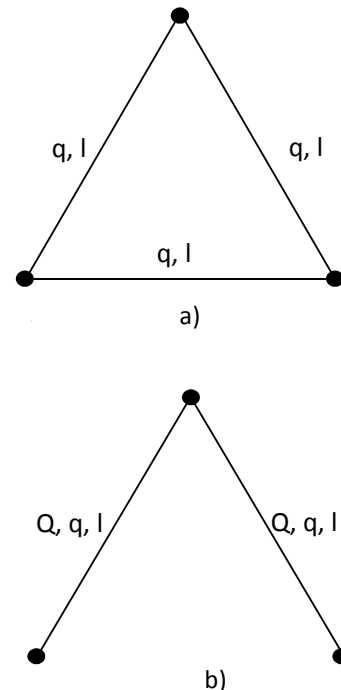
Model prikazan u sledećem poglavlju je nastavak istraživanja prikazanih u [17] i [18]. Model razvijen u [17] rešava problem na duopolskom tržištu, gde avioprevoznici koristeći PP mrežu linija konkurišu jedan drugom u ceni i redu letenja. Autor je u [18] problem proširio na HS mrežu linija, uzimajući u obzir cenu prevoza, frekvenciju i lojalnost putnika.

#### 4. OPIS MODELA

Model je razvijen na jednostavnoj mreži od tri čvora, A, B i H kojima su predstavljeni aerodromi. Između parova aerodroma (AB, AH i BH) postoji putnička potražnja ( $q$ ) i jednaka je za svaki par aerodroma. Takođe, dužine grana ( $l$ ) u mreži su jednake. Kada je u pitanju mreža linija PP, avioprevoznik obavlja direktne letove između svih parova aerodroma (slika 4a) dok kod HS mreže linija avioprevoznik obavlja sve letove preko haba H (slika 4b). Prema tome, rute AH i BH se uvek opslužuju direktno, dok se ruta AB može opsluživati direktno ili indirektno preko H, u zavisnosti od tipa mreže. Takođe, kod HS mreže u avionu se na svim letovima nalaze zajedno transferni putnici (AB) i putnici koji lete direktno (AH i BH). Transferni putnici koji lete na ruti AB preko H označeni su sa  $Q$ . Takođe je pretpostavljeno da datu mrežu opslužuju dva, konkurentna avioprevoznika i oni će u daljem tekstu biti obeleženi sa 1 i 2.

Pretpostavljeno je, takođe, da putnici sami donose odluku o tome kojim će prevoznikom leteti na osnovu svoje percepcije kvaliteta nivoa usluge koja im je ponuđena na alternativnim rutama. U ovom modelu pretpostavka je da putnici biraju prevoznika prema visini troškova koje će imati izborom ponuđene alternative. Troškovi koje će putnik imati izborom usluge jednog

ili drugog prevoznika uključuju: a) cenu karte na izabranoj ruti, b) vremenski gubitak uzrokovan redom letenja izražen kroz trošak i c) stohastički vremenski gubitak, takođe, izražen kroz trošak.



Slika 4 - Struktura mreže: a) Od tačke do tačke (PP); b) Hub-and-spoke (HS)

Što je vrednost ovog zbira manja to je nivo kvaliteta usluge veći. Funkcija troška putnika data je izrazom:

$$\begin{aligned}
 U &= p + \frac{\delta \cdot T}{4 \cdot f} + \frac{\mu \cdot 57 \cdot \eta^9}{f} - a = \\
 &= p + \frac{\gamma}{f} + \frac{k \cdot \eta^9}{f} - a
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Gde je  $k = \mu \cdot 57$  i  $\gamma = \delta T / 4$ .

Prosečni vremenski gubitak uzrokovan redom letenja predstavlja razliku između željenog vremena poletanja i vremena najbližeg leta koji je prevoznik ponudio. Osnovna pretpostavka je da su vremena poletanja ravnomerno raspoređena u toku dana, a dužina trajanja dana je označena sa  $T$ . Ako je sa  $f$  označena dnevna frekvencija na nekoj ruti, onda je vremenski interval između dva leta označen sa  $T/f$ , a prosečno vreme do najbližeg leta je jednako četvrtini ove vrednosti, odnosno  $T/4f$  [19].

Stohastički vremenski gubitak je kašnjenje putnika nastalo usled nemogućnosti da se ukrca na najbliži željeni let koji je avioprevoznik ponudio jer su sva sedišta popunjena [19]. Sa  $\eta$  je označen prosečni koeficijent popunjenosti aviona. Može se primetiti da

oba vremenska gubitka zavise od ponuđene  $f$  prevoznika na ruti koja dalje zavisi od potražnje na ruti. Na ovaj način uspostavljena je veza između vremenskih gubitka putnika i potražnje.

Svaki sat odstupanja stvarnog vremena poletanja od željenog indukuje određeni trošak za putnika označen sa  $\delta$ , a svako odbijanje putnika na najbližem letu indukuje trošak za putnika označen sa  $\mu$ . Na osnovu ovako definisane funkcije troška putnika, može se zaključiti da avioprevoznik koji ima najatraktivniju ponudu sa aspekta cene karte i frekvencije na ruti privući će najveći broj putnika. Međutim, u realnosti jedan deo putnika ostaje lojalan određenom prevozniku čak i kada konkurentni prevoznik ima sličnu ponudu, tj. sličnu cenu i frekvenciju (članstvo u programu lojalnosti, nacionalna pripadnost i sl). Kako bi se uzelo u obzir pomenuto ponašanje putnika u mnogim radovima [12], [17] i [18] uvedena je u razmatranje posebna promenljiva  $a$  koja izražava nivo lojalnosti putnika prema određenom prevozniku. Takođe, pomenuta promenljiva se može posmatrati i kao trošak prelaska putnika kod drugog prevoznika. Pretpostavka je da ova promenljiva ima ravnomernu raspodelu u domenu  $[-\alpha/2, \alpha/2]$ , gde je parametar  $\alpha$  izražen u novčanim jedinicama.

Budući da se ova promenljiva dodaje u funkciju troška putnika samo jednog prevoznika, znak "-" u domenu vrednosti za promenljivu  $a$  označava da putnik nije lojalan tom prevozniku, već konkurentnom. Za  $a=0$  putnik je indiferentan prema prevoznicima. Da bi putnik odabrao avioprevoznika 1 umesto 2 neophodno je da bude ispunjena sledeća nejednakost:

$$p_1 + \frac{\gamma}{f_1} + \frac{k \cdot \eta^9}{f_1} - a \left( p_2 + \frac{\gamma}{f_2} + \frac{k \cdot \eta^9}{f_2} \right) \quad (2)$$

odnosno

$$a) p_1 - p_2 + (\gamma + k \cdot \eta^9) \cdot \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right) \quad (3)$$

Na osnovu izraza (3) vidi se da je minimalni nivo lojalnosti putnika prema prevozniku 1,  $a=f(p_1, f_1)$ , odnosno da bi putnik izabrao avioprevoznika 1, njegov minimalan nivo lojalnosti će rasti sa porastom cene karte  $p_1$  prevoznika 1, a opada sa porastom njegove frekvencije  $f_1$ , uz uslov da su vrednosti  $p_2$  i  $f_2$  konstantne. Gustina raspodele promenljive  $a$  je  $1/\alpha$ , i na osnovu izraza za minimalni nivo lojalnosti (3), moguće je izvesti funkciju potražnje za avioprevoznika 1 i ona glasi:

$$q_1 = \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \left[ p_1 - p_2 + (\gamma + k \cdot \eta^9) \cdot \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right) \right] \frac{1}{\alpha} da \quad (4)$$

Rešavanjem integrala dobija se sledeći izraz za funkciju potražnje:

$$q_1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{\alpha} \left[ p_1 - p_2 + (\gamma + k \cdot \eta^9) \cdot \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right) \right] \quad (5)$$

Zbir potražnje  $q_1$  i  $q_2$  jednak je ukupnoj potražnji na ruti  $q$ , budući da je pretpostavka da putnici biraju jednog ili drugog prevoznika (niko ne odustaje od putovanja niti bira neki drugi vid prevoza).

Analogno, potražnja na ruti AB u HS mreži se računa prema istom izrazu samo su korišćena velika slova u oznakama za cenu karte i frekvenciju kako bi se napravila razlika u odnosu na direktne rute i ona glasi:

$$Q_1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{\alpha} \left[ P_1 - P_2 + (\gamma + k \cdot \eta^9) \cdot \left( \frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_2} \right) \right] \quad (6)$$

Jedinični troškovi leta po pređenoj sedište-milji procenjeni su na osnovu stvarnih podataka i izraženi stepenom funkcijom čiji je stepen  $k=-1$ :

$$JTL = 6,47 + 390,50 \cdot \frac{1}{\text{BrojSedista}} = b + \frac{c}{s} \quad (7)$$

Kriva jediničnih troškova leta po raspoloživom sedištu milji (ASM) opada sa porastom broja sedišta u avionu ukazuje na postojanje ekonomije obima ako prevoznik koristi veći avion. Slobodan parametar  $b=6,47$  predstavlja varijabilni deo jediničnih troškova, dok parametar  $c=390,5$  predstavlja fiksni deo jediničnih troškova.

Potreban broj sedišta u avionu ( $s$ ) različito se računa za direktne i indirektno rute. Na indirektnoj ruti u HS mreži potreban broj sedišta u avionu jednak je količniku ukupne potražnje na ruti (putnici koji lete na direktnom letu  $q$  i transferni putnici koji lete na ruti AB, preko haba H,  $Q$ ) i proizvoda koeficijenta popunjenosti i frekvencije i računa se prema sledećoj formuli:

$$s_{HS} = \frac{(q + Q)}{\eta \cdot f} \quad (8)$$

Na ruti u PP mreži na veličinu aviona utiče samo potražnja putnika koji lete direktno na toj ruti:

$$s_{PP} = \frac{q}{\eta \cdot f} \quad (9)$$

Prema svemu gore nevedenom, može se primetiti da predloženi model uzima u obzir i ponudu i potražnju, imajući u vidu da izbor strukture mreže linija avioprevoznika direktno utiče i na troškove prevoznika i na troškove putnika, tj. koliko je putnik zadovoljan pruženom uslugom.

## 4.1. Scenario (PP, PP)

U scenariju (PP, PP) oba prevoznika imaju potpuno povezanu mrežu linija, odnosno svi gradovi u mreži opslužuju se direktnim letovima. Profit prevoznika 1 ( $P_{1PP}$ ) izračunava se kada se od prihoda oduzmu troškovi leta na sve tri linije:

$$P_{1PP} = 3 \left[ q_1 \cdot p_1 - \left( b + c \cdot \frac{1}{s_1} \right) \cdot l \cdot s_1 \cdot f_1 \right] \quad (10)$$

Da bi se odredile vrednosti cene karte,  $p_1$ , i frekvencije,  $f_1$ , za koje se maksimizira profit avioprevoznika 1 pretpostavljeno je da je frekvencija neprekidna promenljiva. Nakon zamene jednačine za funkciju potražnje (5) i veličinu aviona (9) u jednačini profita (10) i njenim diferenciranjem po promenljivama  $p_1$  i  $f_1$  dobijene su sledeće jednačine prvog reda:

$$3 \left\{ -\frac{1}{\alpha} \left( p_1 - \frac{b \cdot l}{\eta} \right) + \frac{1}{2} - \frac{1}{\alpha} \left[ p_1 - p_2 + (\gamma + k \cdot \eta^9) \cdot \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right) \right] \right\} = 0 \quad (11)$$

$$3 \left[ \left( p_1 - \frac{b \cdot l}{\eta} \right) \cdot \left( \frac{\gamma + k \cdot \eta^9}{\alpha} \cdot \frac{1}{f_1^2} \right) - c \cdot l \right] = 0 \quad (12)$$

Pretpostavka je da avioprevoznik 1 simultano bira cenu  $p_1$  i frekvenciju  $f_1$  kako bi maksimizirao svoj profit  $P_{1PP}$ . Budući da se profit maksimizira za slučaj postojanja ravnoteže između prevoznika, odnosno kada su  $p_1 = p_2$  i  $f_1 = f_2$ , rešavanjem jednačina prvog reda (11) i (12) dobijaju se sledeći izrazi za izračunavanje vrednosti cene i frekvencije:

$$p^* = \frac{\alpha}{2} + \frac{b \cdot l}{\eta} \quad (13)$$

$$f^* = \sqrt{\frac{(\gamma + k \cdot \eta^9)}{2 \cdot c \cdot l}} \quad (14)$$

Oznaka \* ukazuje na vrednosti cene i frekvencije koje dovode do maksimiziranja profita oba prevoznika ako se opslužuju sva tržišta direktnim letovima. Prevoznici mogu jedan drugom da konkurišu u ceni (da izaberu manju ili veću cenu od  $p^*$ ), ali će to rezultirati narušavanjem ravnoteže.

Ako jedan prevoznik izabere veću cenu od  $p^*$ , a drugi zadrži cenu  $p^*$ , prvom prevozniku će se smanjiti potražnja za uslugom, a samim tim i profit. Ako oba prevoznika izaberu istu cenu, ali manju od  $p^*$  zadržaće istu potražnju (imaće isto učešće u potražnji), ali će smanjiti svoje profite.

Na osnovu (13) može se zaključiti da će cena na ruti rasti ako raste lojalnost putnika prema avioprevozniku ( $\alpha$ ) i ako se povećavaju varijabilni troškovi ( $b$ ) i dužina rute ( $l$ ), što je i očekivano. Ukidanjem diferencijacije proizvoda, odnosno ako je  $\alpha=0$ , cena na

ruti zavisice od dužine rute, varijabilnih troškova i koeficijenta popunjenosti.

U jednačini za izračunavanje cene  $p_1$  vidi se da su varijabilni troškovi i dužina rute direktno srazmerni ceni prevoza, dok je koeficijent popunjenosti obrnuto srazmeran i njegovim smanjenjem doći će do porasta cene karte. To ukazuje na činjenicu da ako su letovi puni, odnosno  $\eta=1$  prevoznik će moći da ponudi najnižu moguću cenu, pri nepromenjenim ostalim uslovima. Međutim, ako prevoznik ima praznih sedišta na letu, onda je potrebno ostvariti dovoljno veliki prihod od prodatih karata da bi se svi troškovi pokrili, a taj prihod je moguće ostvariti samo sa većom cenom karte.

Izraz za izračunavanje frekvencije (14) ukazuje na to da će frekvencija rasti ako fiksni troškovi ( $c$ ) i dužina rastojanja ( $l$ ) opadaju, a prosečni trošak uzrokovan vremenskim gubicima putnika raste i obrnuto, što je i očekivano.

Takođe, smanjivanjem koeficijenta popunjenosti letova doći će do opadanja frekvencije, budući da smanjenje ovog parametra ukazuje na višak kapaciteta koji je u ponudi.

Važno je napomenuti da je stacionarna tačka  $M(p^*, f^*)$  ujedno i lokalni ekstremum funkcije  $P_{1pp}$ , odnosno da maksimizira profit avioprevoznika ako je ispunjen sledeći uslov:

$$\alpha^2 = \frac{c \cdot l \cdot (\gamma \cdot k \cdot \eta^9)}{2} \quad (15)$$

## 4.2. Scenario (HS, HS)

Kada oba prevoznika izaberu HS mrežu linija, svi putnici se prevoze preko haba H, tako da ne postoji direktni let između gradova A i B, već se ova ruta sastoji od dva povezana leta AH i HB. U tom slučaju profit avioprevoznika 1 se može napisati u sledećem obliku:

$$P_{1HS} = 2q_1 \cdot p_1 + Q_1 \cdot P_1 - 2 \left( b + c \cdot \frac{1}{s_1} \right) \cdot l \cdot s_1 \cdot f_1 \quad (16)$$

Zamenom jednačina za potražnju  $q_1$  (5), potražnju  $Q_1$  (6) i potreban broj sedišta  $s_{hs}$ , (8) u jednačinu profita (16) i njenim diferenciranjem po promenljivama  $p_1$ ,  $P_1$  i  $f_1$  dobijene su sledeće jednačine prvog reda:

$$-2 \frac{1}{\alpha} \cdot p_1 + 2 \left\{ \frac{1}{2} - \frac{1}{\alpha} \left[ p_1 - p_2 + (\gamma + k \cdot \eta^9) \cdot \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right) \right] \right\} - 2 \cdot \frac{l \cdot b}{\eta} \left( -\frac{1}{\alpha} \right) = 0 \quad (17)$$

$$-\frac{1}{\alpha} \cdot P_1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{\alpha} \left[ P_1 - P_2 + (\gamma + k \cdot \eta^9) \cdot \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \right) \right] - 2 \cdot \frac{l \cdot b}{\eta} \left( -\frac{1}{\alpha} \right) = 0 \quad (18)$$

$$2 \left( \frac{\gamma + k \cdot \eta^9}{\alpha \cdot f_1^2} p_1 + \frac{\gamma + k \cdot \eta^9}{\alpha \cdot f_1^2} P_1 - 2 \cdot l \left( c + 2 \cdot \frac{b \cdot (\gamma + k \cdot \eta^9)}{\eta \cdot \alpha \cdot f_1^2} \right) \right) = 0 \quad (19)$$

Profit se maksimizira za slučaj postojanja ravnoteže između prevoznika, odnosno kada su  $p_1=p_2$ ,  $P_1=P_2$  i  $f_1=f_2$ . Rešavanjem jednačina (17), (18) i (19) dobijaju se sledeći izrazi za izračunavanje vrednosti cena i frekvencije:

$$p^* = \frac{\alpha}{2} + \frac{b \cdot l}{\eta} \quad (20)$$

$$P^* = \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot \frac{b \cdot l}{\eta} \quad (21)$$

$$f^* = \sqrt{\frac{3 \cdot (\gamma + k \cdot \eta^9)}{4 \cdot c \cdot l}} \quad (22)$$

Upoređujući dobijene vrednosti za cenu karte  $p^*$ ,  $P^*$  i frekvenciju  $f^*$  sa vrednostima cene karte i frekvencije koje su dobijene u slučaju da prevoznici izaberu PP mrežu linija, može se videti da su cena  $P^*$  i frekvencija  $f^*$  veće, a cene karata  $p^*$  na rutama AH i BH su jednake. Frekvencija je veća kada prevoznici izaberu HS mrežu linija, jer je i broj putnika na granama AH i BH veći nego u slučaju kada izaberu PP mrežu linija. Takođe, prevoznici naplaćuju veću cenu karte ( $P$ ) na ruti AB kad putnike prevoze preko haba, jer je putnike neophodno opslužiti na dva leta, nego u slučaju kada postoji direktna veza između ova dva tržišta.

Zamenom odgovarajućih izraza za potražnju  $q_1$  i frekvenciju  $f_1$  u izraz za izračunavanje veličine aviona  $s_{pp}$  (9), kao i zamenom izraza za potražnju  $q_1$  i  $Q_1$  i frekvenciju  $f_1$  u izraz za izračunavanje veličine aviona  $s_{HS}$  (8), može se dokazati da je veličina aviona u slučaju HS mreže linija veća u odnosu na veličinu aviona u slučaju PP mreže linija:

$$\frac{s_{HS}}{s_{PP}} = \frac{\frac{q_1}{f_1}}{\frac{q_1 + Q_1}{f_1}} = \frac{\frac{2 \cdot \sqrt{c \cdot l}}{\sqrt{3 \cdot (\gamma + k \cdot \eta^9)}}}{\frac{\sqrt{2 \cdot c \cdot l}}{2 \cdot \sqrt{\gamma + k \cdot \eta^9}}} = 1.63$$

To je očekivano budući da se u slučaju HS mreže linija na rutama AH i BH prevoze zajedno putnici koji putuju direktno između tih parova aerodroma i putnici koji putuju indirektno između AB.

Cena karte na ruti AB mora biti manja od sume cena karata na rutama AH i BH, odnosno,  $P_1 < 2p_1$  čime bi se osiguralo da putnici koji lete na ruti AB ne mogu da lete jeftinije ako bi kupili dve karte odvojeno. Na osnovu izraza za cenu  $p_1$  (20) i cenu  $P_1$  (21) vidi se da je ovaj uslov ispunjen, odnosno:

$$\frac{\alpha}{2} + 2 \cdot \frac{b \cdot l}{\eta} < 2 \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{b \cdot l}{\eta} \right)$$

$$\frac{\alpha}{2} < \alpha$$

Stacionarna tačka  $M(p^*, P^*, f^*)$  je i lokalni ekstremum funkcije  $P_{1pp}$ , odnosno maksimizira profit avioprevoznika ako je ispunjen sledeći uslov:

$$\alpha^2 > \frac{l \cdot c \cdot (\gamma + k \cdot \eta^9)}{3} \quad (23)$$

## 5. ZAKLJUČAK

Svakom avioprevozniku mreža linija predstavlja osnovni proizvod po kome je on prepoznatljiv među korisnicima i koji određuje vrstu usluga koju će ponuditi na tržištu. Pored toga, mreža linija je osnovni generator prihoda jednog avioprevoznika, ali i troškova, tako da se kroz nju reflektuje kvalitet usluge pružen korisnicima. Deregulacija vazdušnog saobraćaja u svetu značajno je promenila uslove na tržištu i trajno uticala na konkurenciju između avioprevoznika. Šansu za opstanak imaju samo oni prevoznici kojima osnovni cilj bude postizanje što veće operativne i finansijske efikasnosti. Osim toga, dugoročni cilj svakog avioprevoznika bi trebalo da bude postizanje što većeg nivoa povezanosti mreže linija kako bi bio konkurentan na tržištu.

Budući da je izbor strukture mreže linija usko povezan sa poslovnom strategijom u ovom radu je kroz jednostavan model prikazana veza između strukture mreže linija i kvaliteta usluge koji se nudi putnicima. U modelu je pretpostavljeno da avioprevoznik ima određenu strukturu troškova, obavlja operacije na deregulisanom tržištu i zajedno sa ostalim prevoznicima ima potpunu slobodu da odredi na koje će tržište ući ili izaći, koji će kapacitet i frekvenciju da ponudi, i po kojoj ceni. Potražnja putnika je osetljiva na cenu usluge i kvalitet usluge. Pod pretpostavkom da za sve važe isti uslovi, pitanje koje se postavlja je koju strukturu mreže linija će avioprevoznik da izabere da bi maksimizirao svoj profit. Problem je rešavan za slučaj kada na tržištu postoji duopol avioprevoznika, a razvijeni model oduhvata najvažnije elemente koji karakterišu tržište nakon deregulacije: prevoznici međusobno konkurišu u ceni i ponudi (red letenja), a putnika karakteriše lojalnost prema jednom ili drugom prevozniku, osetljivost na cenu i kvalitet usluge. Prilikom rešavanja ovog problema u obzir nisu uzeti samo interesi prevoznika (maksimiziranje profita) već i interesi putnika.

Rezultati dobijeni modelom u velikoj meri odgovaraju realnosti i ukazuju na to da sam model obuhvata suštinske elemente problema optimizacije mreže linija avioprevoznika. Analiziranjem izraza za izračunavanje cena i frekvencija na ruti u različitim scenarijima, može se zaključiti da će prelaskom sa PP na HS mrežu linija, avioprevoznik ponuditi veću frekvenciju i veći broj sedišta svojim putnicima na ruti, ali po većim cenama.



## 6. ZAHVALNOST

U radu je prikazan deo istraživanja koje je pomoglo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR36033 (2011-2015).

## LITERATURA

- [1] Airbus, Global Market Forecast, Future Journeys 2013-2032, 31707 Blagnac Cedex, France, 2013.
- [2] Kalić, M., Planiranje prevoženja i eksploatacija vazduhoplova 1, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2012.
- [3] <http://www.worldbank.org/>, septembar 2014.
- [4] <http://www.aea.be/>, april, 2014.
- [5] Smyth, M., Pearce, B., Airline cost performance, IATA Economics Briefing No 52006
- [6] Hanlon, P., Global Airlines: Competition in a Transnational Industry, 3rd edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2007.
- [7] ELFAA, Liberalisation of European Air Transport: The Benefits of Low Fares Airlines to Consumers, Airports, Regions and the Environment, European Low Fares Airline Association, Publication, 2004
- [8] Oum, T. H., Zhang, A., Zhang, Y., Airline Network Rivalry, The Canadian Journal of Economics, 28, 4a, pp. 836-857, 1995.
- [9] Hendricks, K., Piccione, M., Tan, G., The economics of hubs: the case of monopoly, Review of economic studies, 62, 1, pp. 83-99, 1995.
- [10] Berechman, J., Shy, O., The structure of airline equilibrium networks, Recent Advances in Spatial Equilibrium Modelling, Springer, Berlin, 1998.
- [11] Brueckner, J., Zhang, Y., A model of scheduling in airline networks, Journal of Transport Economics and Policy, 35, 2, pp. 195-222, 2001.
- [12] Brueckner, J., Network structure and airline scheduling, The Journal of Industrial Economics, LII, 2, pp. 291-312, 2004.
- [13] Pai V., On the factors that affect airline flight frequency and aircraft size, Journal of Air Transport Management, 16, 4, pp. 169-177, 2010.
- [14] Pels E., Network competition in the open aviation area, Journal of Air Transport Management, 15, pp. 83-89, 2009.
- [15] Li Z.-C., Lam W. H. K., Wong S. C., Fu X., Optimal route allocation in a liberalizing airline market, Transportation Research Part B: Methodological, 44, 7, pp. 886-902, 2010.
- [16] Takebayashi, M., Network competition and the difference in operating cost: Model analysis, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 57, pp. 85-94. 2013.
- [17] Brueckner, J., Flores-Fillol, R., Airline schedule competition", Review of Industrial Organization, Springer, 30, 3, pp. 161-177. 2007.
- [18] Flores-Fillol, R., Airline competition and network structure, Transportation Research Part B, 43, pp. 966-983, 2009.
- [19] Swan, W. M., A system analysis of air transportation scheduled networks, Flight Transportation Laboratory Report R79-5, Massachusetts Institute of Technology, 1979.

## SUMMARY

## AIRLINE NETWORK STRUCTURE IN COMPETITIVE MARKET

*Airline's network is the key element of its business strategy and selected network structure will not have influence only on the airline's costs but could gain some advantage in revenues, too. Network designing implies that an airline has to make decisions about markets that it will serve and how to serve those markets. Network choice raises the following questions for an airline: a) what markets to serve, b) how to serve selected markets, c) what level of service to offer, d) what are the benefits/cost of the that decisions and e) what is the influence of the competition. We analyzed the existing airline business models and corresponding network structure. The paper highlights the relationship between the network structures and the airline business strategies. Using a simple model we examine the relationship between the network structure and service quality in deregulated market.*

**Key words:** *business model, airline network design, competition*