

UNIVERZITET U BEOGRADU

SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Slavica Z. Dožić

**MODEL PLANIRANJA FLOTE
VAZDUHOPLOVNOG PREVOZIIOCA**

doktorska disertacija

Beograd, 2015.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC ENGINEERING

Slavica Z. Dožić

AIRLINE FLEET PLANNING MODEL

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015.

Mentor: dr Milica Kalić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

Članovi Komisije:

1. dr Milica Kalić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet
2. dr Obrad Babić , redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet
3. dr Mirjana Čangalović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Fakultet organizacionih nauka

Ovo istraživanje podržano je od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat Saobraćajnog fakulteta finansiranog u Programu istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja 2011-2015. “Podrška održivom razvoju sistema vazdušnog saobraćaja Republike Srbije” (projekat 36033, 2011-2015)

Želim da zahvalim svom mentoru prof. dr Milici Kalić na pomoći i iskrenoj podršci koju mi je pružala tokom izrade ove disertacije. Takođe zahvaljujem članovima Komisije prof. dr Obradu Babiću i prof. dr Mirjani Čangalović na korisnim savetima i sugestijama koji su doprineli konačnoj formi ovog rada.

Veliku zahvalnost dugujem svojim roditeljima, Radi i Zoranu, zato što su verovali i onda kada ja nisam, kao i mojoj sestri Mariji čija mi je borba dala snagu da istrajem.

I na kraju najveću zahvalnost dugujem svom suprugu Vanji i našim devojčicama Anji i Ivi na ljubavi, razumevanju i toleranciji tokom prethodnih godina. Oni su mi bili najveći oslonac i bez njih ne bih uspela.

MODEL PLANIRANJA FLOTE VAZDUHOPLOVNOG PREVOZIOCA

Rezime:

Predmet istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji jeste planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca, odnosno određivanje potrebnog transportnog kapaciteta. Transportni kapacitet se određuje srednjoročno na osnovu definisane mreže linija, reda letenja i prognozirane potražnje za prevozom i dugoročno, na osnovu očekivanog godišnjeg porasta putničkog saobraćaja. Cilj ovog istraživanja je definisanje modela za planiranje flote, koji bi trebalo da služi kao podrška u odlučivanju pri donošenju odluke o nabavci vazduhoplova za vazduhoplovne prevoziocice male i srednje veličine koji saobraćaj obavljaju na kratkim i na linijama srednje dužine. Razvijeni trofazni model prevoziocima pruža mogućnost određivanja srednjoročne okvirne strukture i veličine flote, kao i izbor tipa vazduhoplova za obavljanje saobraćaja na definisanoj mreži linija. U prvoj fazi modela se određuje okvirna struktura flote što podrazumeva dodeljivanje malih i srednjih vazduhoplova odgovarajućim linijama. Za određivanje okvirne strukture flote razvijen je originalni fazi logički sistem kojim se na osnovu prognozirane potražnje i dužine linije određuje preferenciju vazduhoplovnog prevozioca za upotrebu malog vazduhoplova na posmatranoj liniji. U drugoj fazi se određuje broj kako malih, tako i vazduhoplova srednje veličine koji su potrebni za obavljanje planiranog saobraćaja posmatrano na srednjoročnom nivou. Za određivanje veličine flote razvijen je heuristički algoritam, kojim se ujedno vrši i raspoređivanje vazduhoplova na letove. U trećoj fazi modela se vrši izbor tipa vazduhoplova koji u najvećoj meri odgovara potrebama vazduhoplovnog prevozioca. Kako je izbor tipa vazduhoplova problem višekriterijumskog odlučivanja, to je za njegovo rešavanje predložen metod jednakih razmena (*even swaps*), koji do sada nije bio korišćen za rešavanje problema ove vrste. Za dugoročno planiranje flote predložena je analitička formula, na osnovu koje se određuje dinamika nabavke vazduhoplova. Model je ilistrovan na primeru hipotetičke

vazduhoplovne kompanije koja bi saobraćala na delimično formiranom tržištu, a čija bi baza bila na Aerodromu “Nikola Tesla” u Beogradu.

Ključne reči: planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca, okvirna struktura flote, veličina flote, izbor tipa vazduhoplova

Naučna oblast: Saobraćajno inženjerstvo

Uža naučna oblast: Planiranje, organizacija i eksploatacija u vazdušnom saobraćaju i transportu

UDK:

AIRLINE FLEET PLANNING MODEL

Abstract:

The subject of research in this doctoral dissertation is airline fleet planning, i.e. determination of the capacity that an airline needs. The capacity is determined based on defined route network, flight schedule and forecasted passenger demand for medium term, and for long term based on estimated traffic growth rate. The goal of this research is to offer a robust model for fleet planning that deals with both fleet sizing and fleet composition problems for airlines operating on short haul and medium haul routes. The developed three-phase model for mid-term fleet planning involves approximate fleet composition based on fuzzy logic, fleet sizing based on the heuristic approach and aircraft type selection based on multi-criteria decision making. Passenger demand and distance are the inputs to the first phase to get an approximate fleet mix in terms of aircraft size. Small or medium-size aircraft are assigned to each destination according to airline's preference. After determination of approximate fleet mix, the problem transforms into independent fleet sizing problems. Using the set(s) of routes specified in the first stage, the number of needed aircraft is determined in the second stage. Using the results obtained from the previous phases, the next step is to determine which aircraft type meets the market requirements in the best way. Mathematical expression is given to support long term fleet planning and propose dynamics of aircraft purchase. The model is exemplified with the incumbent airline with its base at Nikola Tesla Airport in Belgrade.

Keywords: Airline Fleet Planning, Approximate Fleet Composition, Fleet Size, Aircraft Type Selection

Scientific field: Transport and Traffic Engineering

Specific scientific field: Aircraft operations and air transport planning and management

UDK:

SADRŽAJ

Spisak slika.....	iii
Spisak tabela.....	v
Uvod	1
1. Planiranje flote i faktori koji utiču na izbor flote vazduhoplovnog prevozioca	4
1.1. Upravljanje flotom (fleet management)	5
Nabavka vazduhoplova i finansiranje.....	5
Taktičko upravljanje flotom	6
Održavanje vrednosti kapitala	7
Upravljanje kapacitetom flote radi prilagođavanja tržištu	8
1.2. Proces plniranja flote i faktori koji utiču na izbor flote.....	10
2. Nabavka vazduhoplova.....	17
2.1. Kupovina – zakup.....	19
3. Pregled postojećih modela za planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca.....	22
3.1. Veličina aviona i frekvencija letenja	22
3.2. Veličina i struktura flote	34
3.3. Upotreba Regional Jet (RJ) vazduhoplova	48
3.4. Ostali radovi i prognoze tržišta.....	49
4. Određivanje putničke potražnje.....	57
5. Trofazni model planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca.....	64
5.1. Faza 1: određivanje okvirne strukture flote vazduhoplovnog prevozioca primenom fazi logike.....	65
5.2. Faza 2: određivanje potrebnog broja vazduhoplova – heuristički pristupi.....	70
5.3. Faza 3: izbor tipa vazduhoplova primenom metoda jednakih razmena (even swaps)	76
6. Primena trofaznog modela planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca na primeru hipotetičke aviokompanije.....	84
6.1. Stvaranje putovanja (trip generation)	84
6.2. Raspodela putovanja po pojedinim zonama (trip distribution)	89
6.3. Raspodela putovanja po gradovima – mreža linija.....	92

6.4. Faza 1: određivanje okvirne strukture flote vazduhoplovnog prevozioca primenom fazi logike.....	100
6.5. Određivanje nedeljnog broja letova po linijama.....	110
6.6. Faza 2: određivanje potrebnog broja vazduhoplova – heuristički pristupi.....	113
Primer flote koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova	114
Primer flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova	124
6.7. Faza 3: izbor tipa vazduhoplova primenom metoda jednakih razmena (even swaps)	132
Izbor tipa vazduhoplova: primer flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova.....	133
Izbor tipa vazduhoplova: primer flote koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova.....	141
7. Dugoročno planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca.....	151
8. Dugoročno planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca – primena.....	153
9. Zaključak	155
Literatura	158
PRILOG.....	166
Prilog 1. Vrste lizinga.....	167
Prilog 2: Prognoze tržišta vodećih proizvođača vazduhoplova.....	175
Prilog 3: Red letenja hipotetičke aviokompanije.....	183
Prilog 4: Određivanje potrebnog broja vazduhoplova – heuristički pristupi.....	191
Biografija autora	200

Spisak slika

Slika 1. Model izbora putnika u vazdušnom saobraćaju	24
Slika 2. Stope godišnjeg rasta za BDP, putnički saobraćaj, transport robe i veličinu flote u periodu 2011-2031. godine za svet i Evropu (Boeing).....	55
Slika 3. Šema planiranja razvoja flote vazduhoplovnog prevozioca.....	57
Slika 4. Prognoza i alokacija potražnje	60
Slika 5. Koncept trofaznog modela planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca.....	65
Slika 6. Određivanje okvirne strukture flote	67
Slika 7. Određivanje potrebnog broja vazduhoplova	71
Slika 8. Izbor odgovarajućeg tipa vazduhoplova.....	77
Slika 9. Šematski prikaz modela za predikciju putničke potražnje	85
Slika 10. Poređenje stvarnih i ocenjenih vrednosti (broj putnika u hiljadama).....	88
Slika 11. Fazi skupovi koji opisuju potražnju za prevozom na godišnjem nivou	102
Slika 12. Fazi skupovi koji opisuju dužinu linije	102
Slika 13. Fazi skupovi koji opisuju jačinu preferencije	103
Slika 14. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 1, sekvencijalni heuristički algoritam, dan 3	117
Slika 15. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 1, simultani heuristički algoritam	120
Slika P1. Prodaja i povratni lizing – šematski prikaz	170
Slika P2. Isporuke novih vazduhoplova po regionima u periodu 2011-2031. godine..	175
Slika P3. Struktura svetske flote u 2011. i 2031. godini (Boeing)	176
Slika P4. Struktura svetske flote i flote po regionima u 2031. godini (Boeing).....	177
Slika P5. Isporuke novih vazduhoplova kapaciteta većeg od 100 sedišta u periodu 2012- 2031. godine po regionima (Airbus).....	177
Slika P6. Isporuke novih vazduhoplova u Evropi za period 2012-2031. godine (Airbus)	178
Slika P7. Prognozirani porast broja vazduhoplova različitog kapaciteta (Bombardier)	179
Slika P8. Isporuka novih vazduhoplova različitog kapaciteta u periodu 2011-2031. godine (svet i Evropa) (Bombardier).....	179

Slika P9. Struktura svetske flote 2011. i 2031. godine (Embraer)	180
Slika P10. Struktura evropske flote 2011. i 2031. godine (Embraer).....	180
Slika P11. Isporuka po regionima za period 2011-2031. godine (Embraer)	181
Slika P12. Regionalna flota u 2031. godini po regionima (Embraer)	181

Spisak tabela

Tabela 1. Faktori koji utiču na nivo putničke potražnje	62
Tabela 2. Ulazni i izlazni podaci za višestruku linearnu regresionu analizu (2001-2011)	86
Tabela 3. Ocenjene vrednosti $Tarr$, $BDPpc$ i Pax za 2012. i 2015. godinu	88
Tabela 4. Najveći putnički tokovi (u hiljadama putnika) sa Aerodroma “Nikola Tesla” (2004-2010)	89
Tabela 5. Raspodela putovanja sa Aerodroma “Nikola Tesla” po državama.....	91
Tabela 6. Raspodela putovanja po gradovima (broj putnika u hiljadama) za 2012. i 2015. godinu	93
Tabela 7. Ocenjeno procentualno učešće i broj putnika novog prevozioca na odabranim linijama za 2012. i 2015. godinu	100
Tabela 8. Avioni koji su korišćeni za obavljanje saobraćaja na liniji Beograd-Cirih u periodu 2001-2009. godine (obučavajući skup)	104
Tabela 9. Proračunate vrednosti indeksa preferencije (p_{mp}) za korišćenje malog aviona	105
Tabela 10. Vrednosti p_{mp} i p_m i odgovarajuća veličina vazduhoplova (obučavajući skup)	106
Tabela 11. Vrednosti p_{mp} i p_m i odgovarajuća veličina vazduhoplova (kontrolni skup)	107
Tabela 12. Ocenjene vrednosti p_m i odgovarajuća veličina vazduhoplova za 2012. i 2015. godinu	108
Tabela 13. Linije na kojima se saobraćaj obavlja malim avionima.....	109
Tabela 14. Linije na kojima se saobraćaj obavlja avionima srednje veličine.....	109
Tabela 15. Proračunati nedeljni broj letova na linijama za koeficijent popunjenosti 75% u 2012. i 2015. godini.....	111
Tabela 16. Minimalni i maksimalni nedeljni broj letova i usvojene frekvencije	112
Tabela 17. Podskupovi linija koji se obavljaju različitim tipovima malih vazduhoplova	115
Tabela 18. Podskupovi linija koje se obavljaju različitim tipovima vazduhoplova srednje veličine	116

Tabela 19. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 1, sekvencijalni heuristički algoritam	118
Tabela 20. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 2, simultani i sekvencijalni heuristički algoritam	119
Tabela 21. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 1, simultani heuristički algoritam	121
Tabela 22. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 2, simultani i sekvencijalni heuristički algoritam	122
Tabela 23. Potreban broj malih vazduhoplova – simultani heuristički algoritam	125
Tabela 24. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – simultani heuristički algoritam	126
Tabela 25. Nalet malih vazduhoplova (po danima i po vazduhoplovima).....	131
Tabela 26. Nalet vazduhoplova srednje veličine (po danima i po vazduhoplovima)...	131
Tabela 27. Tabela ishoda pri izboru malog vazduhoplova.....	133
Tabela 28. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru malog vazduhoplova	135
Tabela 29. Razmena 1 pri izboru malog vazduhoplova	136
Tabela 30. Praktična dominacija pri izboru malog vazduhoplova	136
Tabela 31. Razmena 2 pri izboru malog vazduhoplova	137
Tabela 32. Tabela ishoda pri izboru vazduhoplova srednje veličine.....	138
Tabela 33. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru vazduhoplova srednje veličine..	139
Tabela 34. Razmena 1 pri izboru vazduhoplova srednje veličine	139
Tabela 35. Razmena 2 pri izboru vazduhoplova srednje veličine	140
Tabela 36. Razmena 2 pri izboru malog vazduhoplova, podskup 1.....	141
Tabela 37. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2	142
Tabela 38. Razmena 1, pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2.....	143
Tabela 39. Razmena 2, pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2.....	143
Tabela 40. Praktična dominacija pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2.....	143
Tabela 41. Tabela ishoda pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1.....	145
Tabela 42. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1	145
Tabela 43. Razmena 1 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1	146
Tabela 44. Razmena 2 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1	146

Tabela 45. Tabela ishoda pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2.....	147
Tabela 46. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2	147
Tabela 47. Razmena 1 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2	148
Tabela 48. Razmena 2 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2	148
Tabela 49. Razmena 3 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2	148
Tabela 50. Razmena 4 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2	149
Tabela 51. Očekivana nedeljna potražnja i potreban broj vazduhoplova (2016-2031)	154
Tabela P1. Red letenja hipotetičke aviokompanije	183
Tabela P2. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 1, simultani heuristički algoritam.....	191
Tabela P3. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 1, sekvencijalni heuristički algoritam.....	192
Tabela P4. Potreban broj malih vazduhoplova – sekvencijalni heuristički algoritam..	194
Tabela P5. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – sekvencijalni heuristički algoritam.....	195
Tabela P6. Nalet malih vazduhoplova (po danima i po vazduhoplovima).....	198
Tabela P7. Nalet vazduhoplova srednje veličine (po danima i po vazduhoplovima)...	199

Uvod

Planiranje flote, odnosno određivanje potrebnog kapaciteta za odgovarajuću potražnju i tržište je veoma važan zadatak svake vazduhoplovne kompanije. U zavisnosti od svoje poslovne politike, mreže linija i tržišta koje opslužuje, vazduhoplovni prevozioc planira razvoj svoje flote. Dva važna obeležja flote jesu struktura i veličina. Broj tipova vazduhoplova u floti određuje strukturu flote vazduhoplovnog prevozioca. Sa aspekta strukture, flota može biti jednorodna što znači da u njoj postoji samo jedan tip vazduhoplova ili raznorodna što znači da se sastoji od više različitih tipova vazduhoplova. U slučaju jednorodne flote troškovi održavanja, kao i troškovi letачkog osoblja su manji u poređenju sa flotom u kojoj postoje različiti tipovi vazduhoplova. Postojanje različitih tipova vazduhoplova u floti omogućava prevoziocu da na bolji način odgovori potrebama tržišta.

Broj vazduhoplova svakog tipa kao i ukupan broj vazduhoplova u floti predstavlja veličinu flote. Koeficijent punjenja vazduhoplova koji predstavlja odnos broja putnika koji su na datom letu platili kartu i broja ponuđenih mesta u avionu, kao i broj sati leta na godišnjem nivou su pokazatelji koji se odnose na iskorišćenje vazduhoplova. Što su veći koeficijent popunjenosti i broj sati leta, to su i prihodi veći. Kako veličine, struktura i iskorišćenje flote imaju direktan uticaj na rentabilnost aviokompanije, veoma je važno da flota odgovara zahtevima tržišta. Imajući u vidu činjenicu da se prosečna cena novih vazduhoplova izražena u milionima američkih dolara (USD) kreće u intervalu 70.1 – 403.9 za Airbus¹, 74.8 – 351.4 za vazduhoplove tipa Boeing² i 20-50 za manje, regionalne vazduhoplove, jasno je da i male uštede, reda veličine od nekoliko procenata, nisu zanemarljive za vazduhoplovnog prevozioca. Da bi se i tako male uštede ostvarile, potreban je što bolji metodološki pristup.

Planiranje razvoja flote na mreži linija je veoma kompleksan zadatak sa kojim se susreće svaka aviokompanija. Planiranje flote u mnogome zavisi od strukture mreže (*point to point, hub and spoke*), vrste aviokompanije i njene poslovne politike

¹ http://www.airbus.com/presscentre/corporate-information/key-documents/?eID=dam_frontend_push&docID=14849, maj 2013. godine

² <http://www.boeing.com/boeing/commercial/prices/>, maj 2013. godine

(tradicionalni ili niskotarifni prevozioci) i saobraćaja koji vazduhoplovna kompanija obavlja (red letenja). Pri planiranju se polazi od putničke potražnje u prošlosti i sadašnjosti i njene prognoze u cilju što boljeg usaglašavanja ponuđenog kapaciteta (veličina vazduhoplova i frekvencija letenja) i prognoziranu putničku potražnju.

Kada se govori o planiranju flote, obično se misli na nabavku vazduhoplova, odnosno kupovinu novih i/ili zakup vazduhoplova. Postoje dva osnovna razloga za nabavku vazduhoplova i to zamena postojeće flote (kapaciteta) zbog neodgovarajućih karakteristika, zbog starosti flote (nivo buke, emisija štetnih gasova i tome slično) i proširenje flote zbog rasta potražnje na postojećoj mreži ili zbog proširivanja mreže. Pri donošenju odluke treba razmotriti tehničke, operativne i ekonomske karakteristike svih komercijalnih vazduhoplova koji su u upotrebi i vazduhoplova koji su u fazi razvoja, a koji odgovaraju zahtevima tržišta na kojem aviokompanija saobraća.

Predmet istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji je planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca, odnosno određivanje potrebnog transportnog kapaciteta aviokompanije na odgovarajućem tržištu za prognoziranu potražnju.

Cilj ovog istraživanja je definisanje modela za planiranje flote, koji bi trebalo da bude jedna vrsta podrške u odlučivanju vazduhoplovnim prevoziocima male i srednje veličine (koji posluju na evromediteranskom području) pri nabavci vazduhoplova. Model bi prevoziocima omogućio određivanje okvirne strukture i veličine flote, kao i izbor tipa vazduhoplova za obavljanje saobraćaja na definisanoj mreži linija.

Ova disertacija se sastoji iz devet poglavlja.

U prvom poglavlju je definisan pojam upravljanja flotom. Kroz njegova četiri dela dat je pregled osnovnih principa i faktora koji utiču na izbor flote i proces planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca.

Drugo poglavlje je posvećeno zakupu vazduhoplova. U njemu su date osnovne karakteristike zakupa vazduhoplova, kao i uporedni prikaz zakupa i kupovine vazduhoplova, sa osnovnim prednostima i nedostacima.

U trećem poglavlju je dat prikaz odabranih radova iz referentne literature koji se odnose na postojeće metode i modele za planiranje flote, kao i radovi u kojima se obrađuju problemi bliski problemu planiranja flote.

Kako je osnov za svako planiranje u vazdušnom saobraćaju putnička potražnja, to se četvrto poglavlje odnosi na određivanje putničke potražnje.

Predlog novog trofaznog modela planiranja flote koji obuhvata kako određivanje veličine i strukture flote, tako i raspoređivanje vazduhoplova na letove, dat je u petom poglavlju. U prvoj fazi ovog modela se primenom fazi logike određuje okvirna struktura vazduhoplovnog prevozioca i definišu skupovi linija koje treba obavljati malim i vazduhoplovima srednje veličine. Na definisane skupove linija se primenjuje razvijeni heuristički algoritam kojim se određuje veličina flote, odnosno potreban broj vazduhoplova za obavljanje saobraćaja na definisanoj mreži linija (druga faza). Potreban broj vazduhoplova je dat na srednjoročnom nivou. U trećoj fazi planiranja vrši se izbor odgovarajućeg tipa vazduhoplova. Kako je ovaj problem po svojoj prirodi problem višekriterijumskog odlučivanja, to se za njegovo rešavanje, u ovoj disertaciji predlaže metod jednakih razmena (*even swaps method*).

Razvijeni trofazni model je ilustrovan na primeru aviokompanije koja bi saobraćala na postojećem tržištu na kojem bi zamenila postojeću aviokompaniju čiji je bazni aerodrom Aerodrom "Nikola Tesla" u Beogradu (šesto poglavlje). Polazeći od putničke potražnje u prošlosti, definisana je mreža linija za koju je ocenjena putnička potražnja, određene frekvencije letenja i red letenja. Nakon toga je kroz faze predloženog modela određena veličina i struktura flote.

Za planiranje flote na dugoročnom planu (sedmo poglavlje) predložena je analitička formula, koja bi uz pomoć razvijenog fazi logičkog sistema dala smernice za dinamiku nabavke vazduhoplova u narednom periodu. Primena ove formule je ilustrovana, takođe na primeru hipotetičke aviokompanije (osmo poglavlje).

U devetom poglavlju su data zaključna razmatranja i pravci budućih istraživanja.

1. Planiranje flote i faktori koji utiču na izbor flote vazduhoplovnog prevozioca

Izbor flote je jedan od najtežih i najvažnijih zadataka svake vazduhoplovne kompanije. Veličina i struktura flote imaju direktan ekonomski uticaj na prihode i troškove, tj. na uspešnost poslovanja aviokompanije. Veći broj vazduhoplova od potrebnog broja za prevozica znači malo iskorišćenje flote, što utiče na povećanje troškova. Manji broj vazduhoplova od potrebnog znači rasipanje putničke potražnje, odnosno raspoređivanje putnika koji su odbijeni na druge letove konkurentnih prevozioca i propuštanje mogućnosti da se ostvari zarada. Stoga je veoma važno da se veličina flote dimenzioniše prema potrebama. Struktura flote, kao što je ranije pomenuto može biti jednorodna ili raznorodna. U slučaju raznorodne flote vazduhoplovni prevozilac raspolaže vazduhoplovima različitog kapaciteta, pa ima mogućnost da na bolji način ponudu približi potražnji, što mu omogućava visok koeficijent punjenja i ostvarivanje većih prihoda. U slučaju jednorodne flote ovo nije moguće, ali su zato troškovi održavanja i troškovi letaćkog osoblja manji. Vazduhoplovni prevozilac treba da donese odluku koja struktura više odgovara njegovim potrebama. Flota se može planirati na različitim nivoima. Pri planiranju flote na strateškom nivou u obzir se uzima dugoročna poslovna strategija aviokompanije, privredni razvoj, zakonske regulative, ali i politika aerodroma na kojima će prevozilac saobraćati i različiti proizvođači vazduhoplova sa proizvodima koje nude na tržištu. Odluke koje se donose na strateškom nivou su dugoročne, dok se taktičke i operativne odluke mogu smatrati kratkoročnim. Taktičko planiranje se odnosi na donošenje odluke o nabavci vazduhoplova na osnovu sličnosti sa postojećom flotom, nabavne cene vazduhoplova i mreže linija (*hub and spoke* ili *point ot point*) (Wei i Hansen, 2007). Pod operativnim planiranjem se obično podrazumeva raspoređivanje vazduhoplova na letove (*fleet assignment*), tj. donošenje odluke o tome koji avion će leteti na kom legu, za svaki dan u nedelji.

U literaturi se pojavljuje pojam upravljanja flotom vazduhoplovnog prevozioca (*fleet management*), koji je širi pojam u odnosu na planiranje flote (planiranje flote je samo jedan deo upravljanja flotom). U narednim podpoglavljima će biti više reči o

upravljanju flotom i planiranju flote kao i o faktorima koji utiču na proces planiranja, dok će se istraživanje u ovoj disertaciji odnositi na proces palaniranja flote.

1.1. Upravljanje flotom (fleet management)

Kao što je ranije pomenuto, treba razlikovati upravljanje flotom i planiranje flote. Holloway (2003) smatra da se planiranje uglavnom odnosi na nabavku vazduhoplova, dok je upravljanje širi pojam koji podrazumeva: nabavku vazduhoplova i finansiranje, taktičko upravljanje flotom, održavanje vrednosti kapitala (*asset value maintenance*) i upravljanje kapacitetom flote radi prilagođavanja tržištu (*aircraft trading*). U daljem tekstu će ova četiri dela upravljanja flotom biti ukratko prikazana.

Nabavka vazduhoplova i finansiranje

Kada se govori o nabavci vazduhoplova, treba napomenuti da za to postoje dva osnovna razloga:

- zamena postojeće flote (kapaciteta) zbog visokih operativnih troškova, neodgovarajuće buke ili emisije gasova, ograničenog preostalog životnog veka, pritužbi putnika, racionalizacije flote, težnje da se smanji prosečna starost flote; treba pronaći odgovarajući avion koji će u mnogome imati istu ulogu (misiju) kao i avion koji treba da se zameni, ali će biti efektivniji³ i efikasniji⁴;
- proširenje flote (povećanje kapaciteta) zbog rasta potražnje na postojećoj mreži ili zbog proširivanja mreže (npr. uvođenje dugih linija na kojima mogu leteti samo određeni vazduhoplovi).

³ Efektivan – lat. *effectivus*, stvaran, istinski, koji je odista izvršen ili postoji, M. Vujaklija (2002); u ekonomskom smislu može se definisati kao sposobnost pribavljanja neophodnih resursa radi što boljeg iskorišćenja za ostvarenja svojih ciljeva; ili kao stepen ostvarenja ciljeva ili nastojanje da se odaberu prava područja delovanja (viši stepen ostvarenja ciljeva pokazatelj je veće efektivnosti); efektivnost znači raditi prave stvari.

⁴ Efikasnost – lat. *efficacitas*, dejstvenost, delatnost, radinost, uspešnost, M. Vujaklija (2002); izražava se odnosom proizvoda i resursa (efekata i sredstava); što je potrebna manja količina resursa za ostvarivanje određenih rezultata, odnosno što se sa određenom količinom resursa ostvaruju veći rezultati, to je efikasnost veća i obrnuto; efikasnost znači raditi stvari na pravi način.

Holloway (2003) naglašava da je potrebno razlikovati odluke koje se odnose na investiranje (u šta treba investirati, koji vazduhoplov nabaviti) od onih koje se odnose na finansiranje (kako finansirati nabavku vazduhoplova). Nabavku vazduhoplova aviokompanija može finansirati iz sopstvenih izvora (*funds*), ili mešovito iz sopstvenih izvora i odgovarajućih kredita, ili koristeći pogodnosti lizing kompanija. Vazduhoplovni prevoznik može imati vazduhoplove u svom vlasništvu, a može ih i zakupljivati. Za njega je važno da odnos broja zakupljenih i vazduhoplova koje poseduje bude određen na što bolji način, kako bi se ostvario što veći profit. Holloway (2008) navodi da na investiranje i finansijske odluke veliki uticaj imaju određeni ciklusi:

- Ciklus potražnje u avioindustriji koji je u tesnoj vezi sa kretanjem cena vazduhoplova. Poznato je da tokom perioda pada potražnje u vazdušnom saobraćaju, aviokompanije poručuju manje vazduhoplova tako da proizvođači daju povoljnije cene i uslove. Pojedine aviokompanije se koriste ovakvim situacijama i po povoljnijim uslovima poručuju veći broj vazduhoplova.
- Finansijski ciklus se odnosi na smenjivanje perioda kada se krediti dobijaju na jednostavniji način i uz povoljnije kamatne stope i perioda kada su uslovi za dobijanje kredita komplikovaniji.
- Ciklus proizvoda podrazumeva da svaki proizvod (vazduhoplov) ima svoj životni ciklus koji traje od uvođenja u saobraćaj, do njegovog povlačenja iz saobraćaja. Poručivanje vazduhoplova u ranoj fazi životnog ciklusa donosi izvesne rizike jer se tek počinje sa njegovom eksploatacijom, dok se u kasnim fazama pojavljuju novi vazduhoplovi koji su konkurentni jer su efikasniji i imaju bolje performanse.

Nabavka vazduhoplova podrazumeva donošenje odluke o investiranju u resurse koji će se eksploatirati u aviokompaniji 10-15 godina, na osnovu prognoze putničke potražnje i određenih pretpostavki o troškovima, prihodima, iskorišćenju i tome slično.

Taktičko upravljanje flotom

Nakon donošenja odluke o nabavci vazduhoplova (šta se nabavlja i na koji način), aviokompanija treba da donese odluku koja je u vezi sa načinom korišćenja nabavljenog

vazduhoplova. Taktičko upravljanje flotom se razmatra sa aspekta raspoređivanja vazduhoplova i rutinga, kao i fleksibilnosti putničke kabine.

Nakon definisanja reda letenja, treba rasporediti tipove vazduhoplova na planirane letove tako da se profit maksimizira. Veoma je važno da vazduhoplovi budu fleksibilni, tj. da postoji mogućnost zamene vazduhoplova, drugim vazduhoplovom različitog kapaciteta. Za rešavanje problema zamene vazduhoplova na dnevnom nivou, predlaže se dinamičko planiranje flote, koje zavisi od dve osnovne promenljive:

- strukture mreže – za kasniju zamenu flote pogodnije su *hub and spoke* mreže u poređenju sa drugim mrežama;
- strukture flote – pretpostavlja se da se avioni menjaju avionima različitog kapaciteta; idealno bi bilo da su iz iste familije zbog smanjenja uticaja na posade i ostale resurse.

Fleksibilnost putničke kabine se ogleda u mogućnosti promene konfiguracije putničke kabine i njenom prilagođavanju potrebama tržišta (promena koraka sedišta i putničkih klasa, ili promena namene vazduhoplova (putnički/kargo saobraćaj)).

Kada vazduhoplovni prevoznik u svojoj floti ima različite tipove vazduhoplova važno je da ih rasporedi na letove kako bi se maksimizirala profitabilnost mreže, a ne samo pojedinih segmenata.

Održavanje vrednosti kapitala

Održavanje vrednosti vazduhoplova jeste važan deo upravljanja flotom koji podrazumeva korišćenje vazduhoplova na odgovarajući način kako bi njegov životni vek bio što duži, a njegova vrednost na zadovoljavajućem nivou. Ako je vazduhoplov zakupljen, obično zakupodavac određuje i uslove održavanja, osiguranja i vraćanja vazduhoplova. Zakupodavac, takođe ima pravo da vrši inspekciju vazduhoplova i dokumentacije u određeno vreme. Kada je vazduhoplovni prevoznik vlasnik aviona u interesu mu je da se prati vrednost istog.

Postoje dva elementa održavanja vrednosti vazduhoplova:

- održavanje, popravke i detaljni pregledi – propisani su od strane proizvođača, a u skladu sa standardima i propisima države u kojoj je vazduhoplov registrovan;
- osiguranje – izdvajaju se dva tipa osiguranja:
 - osiguranje trupa – štiti osiguranu kompaniju od gubitka i oštećenja strukture vazduhoplova, motora i rezervnih delova do limita definisanog polisom;
 - osiguranje za slučaj rata i pratećih rizika – podrazumeva gubitke koji su u vezi sa ratom, terorizmom, otmicama, civilnim pobunama, sabotажama i sličnim događajima, koji su isključeni iz drugih polisa.

Upravljanje kapacitetom flote radi prilagodavanja tržištu

Upravljanje kapacitetom flote radi prilagodavanja tržištu, uzimajući u obzir i procenu vrednosti vazduhoplova je još jedan važan deo procesa upravljanja flotom. Pri analizi i određivanju potrebne strukture flote, treba dati odgovor na određena pitanja:

- Da li u floti ima suvišnih vazduhoplova? Ako ih ima šta sa njima treba uraditi – prodati, dati u zakup, vratiti zakupodavcu ili slično?
- Da li su potrebni novi vazduhoplovi? Ako jesu, koja bi njihova uloga (misija) bila? Da li treba da budu novi ili su zadovoljavajući vazduhoplovi sa sekundarnog tržišta?
- Da li flota treba da se restrukturira, ali bez povećanja broja sedišta postojeće flote?

Nakon odgovora na postavljena pitanja treba proceniti vazduhoplov. Postoje dva osnovna skupa karakteristika koja treba ispitati.

1. Vrsta procene:

- *desktop* procena koja se zasniva na ponuđenim informacijama, a ne na fizičkoj inspekciji vazduhoplova;

- fizička inspekcija koja je potrebna radi potpune procene; na osnovu ove inspekcije se piše detaljan izveštaj o razmatranom vazduhoplovu.
2. Svrha procene – vazduhoplov se može procenjivati za različite svrhe, a procenjena vrednost vazduhoplova može biti različita u zavisnosti od svrhe; najčešća je fer tržišna procena vrednosti koja odslikava spremnost prodavca i kupca da obave transakciju pod tekućim uslovima na tržištu.

Fer tržišna vrednost vazduhoplova se pojavljuje nakon pune procene vazduhoplova na osnovu promenljivih, kao što su preovlađujući uslovi na tržištu, razmatranja specifična za određeni tip i razmatranja specifična za vazduhoplov.

Preovlađujući uslovi na tržištu (ekonomski i privredni uslovi, kratkoročne prognoze saobraćaja, profit aviokompanije i tokovi novca, kao i uslovi ponude i potražnje) u velikoj meri utiču na fer tržišnu vrednost vazduhoplova.

Mnogi faktori (prisutnost vazduhoplova, alternativni motori za oplatu, regulatorni zahtevi koji se odnose na nivo buke, emisiju gasova, i slično, kao i maksimalna masa vazduhoplova) mogu uticati na vrednost vazduhoplova, u odnosu na kombinaciju oplata/motor.

Karakteristike vazduhoplova spadaju u veoma kompleksan tehnički deo. Procene se najčešće vrše na osnovu sledećih karakteristika:

1. starosti – očekuje se da vazduhoplov u prvih 8-10 godina izgubi oko 50% svoje cene (cene novog vazduhoplova), nakon čega se cena stabilizuje za narednih 10-15 godina;
2. serije proizvodnje – u vezi je sa starošću vazduhoplova, a odnosi se na proizvodnju razmatranog tipa; svaka naredna serija ima izvesna poboljšanja u odnosu na prethodne serije;
3. uslova održavanja – u većini slučajeva vazduhoplovi koji su dobro održavani imaju veću vrednost u odnosu na slične, manje održavane;
4. dokumentacije – nije dovoljno da su uslovi održavanja na zadovoljavajućem nivou, već je potrebno da i tražena dokumentacija može da dokaže činjenice kao i da omogući praćenje porekla komponenti;

5. konfiguracije kabine, opcija i posebnih zahteva kupca – mogu uticati na povećanje, ali i na smanjenje cene, ako naručilac traži rekonfiguraciju putničke kabine;
6. izgleda vazduhoplova – spoljašnji i unutrašnji izgled mogu imati uticaj na cenu iako ne moraju odslikavati kvalitet;
7. prostora za konverziju – postojanje tehnički uspešnog programa konverzije za posmatrani tip, kao i potražnja od strane integrisanih prevozlaca i drugih kargo prevozlaca, mogu pomoći da se vrednost vazduhoplova održi, čak i kada vazduhoplov pređe granicu 12-15 godina.

1.2. Proces planiranja flote i faktori koji utiču na izbor flote

Da bi se odredila potrebna flota koja bi na najbolji način odgovarala potrebama aviokompanije na definisanom tržištu, potrebno je raspolagati određenim podacima. Wensveen (2007) navodi da su za proces planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca potrebne sledeće četiri vrste ulaznih podataka:

- postojeći resursi prevozioca, što podrazumeva postojeću flotu po tipovima vazduhoplova i njihovoj upotrebi po mesecima, finansijske (kupovina ili zakup, primarno održavanje i obuka posada i jedinični operativni troškovi) i tehničke podatke (dijagrami plaćeni teret/dolet, performanse u krstarenju, potrebna dužina poletno-sletne staze (PSS), nivo buke, rezervni delovi i mogućnost servisiranja, karakteristike leta) o naručenim vazduhoplovima;
- ciljevi posloводства kompanije se odnose na prognoziranu profitabilnost (operativni prihodi i troškovi, operativni dohodak, neto zarada i tome slično), očekivani koeficijent punjenja, prihvatljiva količina novca u kešu itd.;
- buduće privredno okruženje koje uključuje nacionalnu ekonomiju, perspektivu privrede i položaj prevozioca na tržištu, i
- marketing strategija koja treba da poveže ciljeve posloводства i administracije, odnosno da da odgovor kako da se implementira plan

prevozioca ako se u obzir uzme postojeće stanje, ciljevi posloводства i buduće privredno okruženje.

Radnoti (2002) navodi da se pod planiranjem flote podrazumeva određivanje potrebnih tipova i broja vazduhoplova, vremena poručivanja kao i povlačenja vazduhoplova iz saobraćaja, uvođenje vazduhoplova u saobraćaj i postizanje definisanih finansijskih ciljeva. Takođe daje pregled ulaznih podataka koji su potrebni za tipičan model planiranja flote, a to su postojeća flota, troškovi, karakteristike mreže, putnička potražnja i alternativne opcije. On daje dva pristupa za planiranje flote: makro i mikro pristup. Makro pristup za planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca koristi ostvarene putničke kilometre (RPK), a ne izvorno ciljne matrice putovanja. Elementi makro-analize su:

- putnička potražnja izražena u RPK,
- rastojanje (*trip distance*),
- odlasci (*departures*),
- pretpostavljeni koeficijent popunjenosti,
- raspoloživi sedišta-kilometri (ASK),
- broj i tipovi vazduhoplova,
- troškovi.

Kada je reč o mikro pristupu (*bottom-up*) potrebni su sledeći podaci:

- cene (*fares*),
- realan koeficijent popunjenosti,
- vreme provedeno na zemlji,
- frekvencije i kapacitet vazduhoplova,
- razborito povezivanje letova,
- željeno vreme i dani polazaka i dolazaka.

Na izbor flote vazduhoplovnog prevozioca utiču različiti faktori. U zavisnosti od autora, ovi faktori su u literaturi grupisani na različite načine. Wensveen (2007) smatra da pri donošenju odluke koja se odnosi na izbor vazduhoplova treba razmotriti sledeće grupe faktora:

- konstruktivne karakteristike: dimenzije, mase (MZFW i OMW), kapacitet rezervoara, tip pogonske grupe, sistemi (električni, hidraulični), konfiguracija sedišta, zapremine, i tome slično;
- fizičke karakteristike: dijagrami plaćeni teret-dolet, podaci koji se odnose na poletanje i sletanje, brzine u krstarenju i prilazu, zahtevi u pogledu poletno-sletne staze i karakteristike koje se tiču nivoa buke;
- održavanje vazduhoplova: dostupnost rezervnih delova, kompatibilnost sa ostalim vazduhoplovima iz flote, podrška u obučavanju;
- uslovi nabavke: troškovi vazduhoplova i rezervnih delova, održavanje i obuka posada, troškovi novca ako se nabavka vrši na kredit, dostupnost novog vazduhoplova, poređenje opcija kupovina-zakup;
- operativna ekonomija koja podrazumeva potencijalni doprinos vazduhoplova rentabilnosti kompanije.

Holloway (2008) navodi da se pod planiranjem flote obično podrazumeva nabavka vazduhoplova. On smatra da treba izvršiti procenu (evaluaciju) vazduhoplova kako bi se donela ispravna odluka o nabavci, a da pri tom treba uzeti u obzir:

1. Ko učestvuje u donošenju odluke jer različito obrazovanje zaposlenih u aviokompanijama utiče na način razmišljanja tako da se sa različitih aspekata sagledava nabavka vazduhoplova. Za osoblje koje radi u održavanju i operativi prvenstveno su važne performanse i način održavanja, marketinškom osoblju je bitan dizajn proizvoda, dok je osoblje iz finansija fokusirano na operativne troškove i načine finansiranja. Kada je reč o nacionalnim prevoziocima država može biti uključena u proces donošenja odluke, tako da politički faktori mogu biti od presudnog značaja.
2. Prikupljanje podataka koji se odnose na:
 - mrežu linija – tržište koje se opslužuje, linije i frekvencije;

- rute – legovi⁵ na kojima se saobraća i alternativni aerodromi za svaku destinaciju, rastojanje, zahtevi u pogledu rezervnog goriva, vreme opsluge;
 - aerodrome – postupci u prilazu i odletu koji mogu biti ograničavajući faktor za pojedine tipove vazduhoplova;
 - postojeću flotu – poželjno je da novi tip aviona poseduje izvesne sličnosti sa vazduhoplovima iz postojeće flote;
 - zahteve koji se odnose na proizvod – izgled putničke kabine u zavisnosti od broja klasa, tj. od strukture korisnika (putnika) i saobraćaja koji se obavlja (kratkolinijski, dugolinijski i tome slično).
3. Analiza tržišta – odluke o nabavci vazduhoplova se donose na osnovu određenih prognoza, koje mogu u budućnosti imati velika odstupanja. Holloway (2003) navodi tri vrste prognoza:
- prognoza putničke potražnje koja može biti urađena po regionima, segmentima ili kao izvorno ciljna matrica putovanja;
 - prognoza saobraćaja koja podrazumeva prognozu udela aviokompanije u prevezenom broju putnika po datoj ceni i ostalim pretpostavkama u vezi sa tržištem;
 - prognoza prihoda, pri čemu modeli prihoda povezuju prognozu saobraćaja sa promenljivim veličinama kao što su struktura cena, popusti, i slično.

Usklađivanje kapaciteta vazduhoplova i frekvencije letenja na svakoj ruti je pitanje od značaja za aviokompaniju. Stalni rast putničke potražnje dovodi do povećanja saobraćaja na svim rutama, što dovodi do povećanja koeficijenta punjenja i dostizanja kapaciteta vazduhoplova, nakon čega kompanija počinje da gubi putnike. Ovaj problem povećanja putničke potražnje aviokompanija može rešiti na tri osnovna načina: uvođenjem u saobraćaj vazduhoplova većeg kapaciteta, povećanjem frekvencije letenja ili uvođenjem non-stop letova umesto direktnih letova sa više međusletanja ili *connecting* letova.

4. Tehničke karakteristike vazduhoplova:

⁵ Leg – non-stop let između para gradova okarakterisan gradom i vremenom poletanja i gradom i vremenom sletanja (Teodorović, 1988); u literaturi se može pronaći i termin sektor, koji ima isto značenje.

- struktura i komande leta,
- mehanički sistemi,
- instrumenti i oprema vazduhoplova i
- pogonski sistemi.

Na osnovu ovih karakteristika, a u skladu sa namenom i misijom u aviokompaniji, vrši se rangiranje vazduhoplova.

5. Analiza performansi vazduhoplova je neophodna zbog mogućnosti i ograničenja samog vazduhoplova u različitim fazama leta. Često se ova analiza proširuje primenom standardnih procedura odleta i doleta na pojedine aerodrome i rute.
6. Analiza troškova pri čemu se razlikuju troškovi kapitala i direktni operativni troškovi. Ono što je veoma bitno su troškovi nabavke vazduhoplova i operativni troškovi tokom celog životnog ciklusa vazduhoplova. U zavisnosti od proizvođača, troškovi kapitala podrazumevaju različite troškove. No, većina proizvođača uključuje sledeće elemente:

- cenu strukture vazduhoplova (uključujući motorske gondole),
- motore – o njihovoj ceni se može pregovarati ako postoji mogućnost izbora pogonskih grupa,
- opcije – mogu biti standardne opcije, opcije po porudžbini, oprema koju ugrađuje prodavac, oprema koju dodaje kupac, i slično.

Sve navedeno čini ugovornu cenu vazduhoplova. Ako se na tu cenu doda promena cene po dogovorenoj inflacijskoj formuli i promena porudžbine nakon potpisivanja ugovora i sve to umanju za određene popuste, dobija se *flyaway* cena. Na ovu cenu još treba dodati podršku u smislu obuke inženjera mehaničara i posada, početno snabdevanje rezervnim delovima, kao i troškove za bilo koji tip posebne zemaljske opreme. Tada se dobija ukupna investicija, koja podeljena sa brojem sedišta vazduhoplova željene konfiguracije daje ukupno investiranje po putničkom sedištu.

Direktni operativni troškovi su oni troškovi koji zavise od tipa vazduhoplova koji leti. Dele se na fiksne i varijabilne.

7. Analiza pogonskih grupa – potisak, specifična potrošnja goriva, potrošnja goriva za pretpostavljeni plaćeni teret i dolet, i tome slično.
8. Avionski sistemi i oprema – neka oprema je obavezna i uključena je u cenu, a neka se ugrađuje na zahtev kupca.
9. Razne opcije i posebne porudžbine – razlikuje se standardna oprema, oprema koju nudi proizvođač, a koju kupac može izabrati iz odgovarajućeg kataloga i oprema koju kupac poručuje (posebna sedišta, sistemi za zabavu u toku leta i tome slično).
10. Obuka i održavanje – obuka inženjera mehaničara i posada, početno snabdevanje rezervnim delovima, garancije i slično.
11. Sličnost flote – koncept familije vazduhoplova podrazumeva različite varijante jednog tipa vazduhoplova (npr. B737-600/700/800/900 ili A318/319/320/321). Koncept familije za strukturu vazduhoplova se može proširiti i na različite tipove koji su veoma slični (npr. B757 i B767 ili A330 i A340), što za prevoznika znači:

- fleksibilnost pri raspoređivanju vazduhoplova,
- fleksibilnost pri obuci posada i raspoređivanju članova posade na radne zadatke,
- sličnost zemaljske opreme specifične za tipove vazduhoplova i
- fleksibilnost obuke i rosteringa osoblja koje se bavi održavanjem.

Takođe postoje i familije pogonskih grupa koje se koriste na različitim tipovima vazduhoplova (npr. B767 i B747 ili A320 i A340), što prevozniku donosi benefit, kao i kod familija strukture vazduhoplova, po pitanju održavanja i obuke.

12. Dodatna razmatranja pri planiranju flote podrazumevaju vreme isporuke vazduhoplova (u kojoj meri vreme isporuke vazduhoplova odgovara prevozniku), mogućnost finansijske podrške, da li je flota jednorodna ili raznorodna (ali od istog proizvođača), očekivanu rezidualnu vrednost i tome slično.
13. Određivanje cene i ekonomska analiza – mali broj aviokompanija plaća “*sticker price*”. Kada je potražnja za vazduhoplovima manja, proizvođači su

raspoloženi da cenu prilagode kupcima nego u slučaju veće potražnje. Pri izboru tipa vazduhoplova važno je da prihodi koje vazduhoplov ostvaruje, budu veći od njegovih troškova. Izlazni rezultat opravdanosti nabavke vazduhoplova će zavisiti od prognoze potražnje, udela na tržištu, koeficijenta popunjenosti i prihoda, ali i od očekivanih troškova (npr. goriva i radne snage), kao i od pretpostavljene diskontne stope.

14. Kompletan proces planiranja se završava ugovaranjem nabavke vazduhoplova.

2. Nabavka vazduhoplova

Kao što je ranije pomenuto, postoje dva osnovna razloga za nabavku vazduhoplova i to zamena postojeće flote (kapaciteta) i proširenje flote (povećanje kapaciteta). Odluka koja je u vezi sa kupovinom (vazduhoplov je vlasništvo aviokompanije) ili zakupom vazduhoplova se donosi u zavisnosti od finansijskog stanja, načina i izvora finansiranja i politike poslovanja aviokompanije. Nabavka vazduhoplova podrazumeva donošenje odluke o investiranju u resurse koje će aviokompanija eksploatisati i koji treba da joj omoguće ostvarivanje zarade.

Nabavka novog vazduhoplova od proizvođača predstavlja nabavku sredstva koje je najpouzdanije, ali je istovremeno i najskuplja opcija koju mnoge aviokompanije ne mogu da realizuju. Zakup vazduhoplova je opcija koja je pristupačnija i prihvatljivija, posebno za manje prevoziocce. Zakup vazduhoplova je mogućnost koja se u sve većoj meri koristi poslednjih godina i koju koristi veliki broj aviokompanija. U daljem tekstu će biti prikazan zakup vazduhoplova kao jedan od oblika finansiranje. Uz definicije zakupa će biti date vrste zakupa kao i njegove prednosti i nedostaci.

Zakup (*leasing*) se definiše kao ugovor pri kome vlasnik sredstva – **zakupodavac** (*lessor*) odobrava drugoj strani – **zakupcu** (*lessee*) ekskluzivno pravo korišćenja sredstva na ugovoreni period vremena u zamenu za periodično plaćanje naknade (zakupnine).

Nezavisno da li se radi o zakupu vazduhoplova ili nekog drugog sredstva (kancelarija, kuća) princip je isti. Zakup ne treba mešati sa plaćanjem na rate što takođe podrazumeva da korisnik periodično plaća vlasniku sredstva. Osnovna razlika je u tome što je plaćanje na rate mehanizam odloženog plaćanja za konačno posedovanje sredstva. U zavisnosti od vrste robe razlikuje se i period otplate. Kako je krajnji cilj posedovanje sredstva nakon izvesnog perioda vremena, korisnik sredstva može od samog početka da koristi poreske olakšice koje su u vezi sa vlasništvom. Upravo je vlasništvo osnovna razlika između plaćanja na rate i zakupa.

Kada se govori o zakupu vazduhoplova, on podrazumeva ugovor između zakupodavca i zakupca, takav da zakupac (Morrell, 2013):

- bira specifikaciju vazduhoplova,
- plaća zakupninu zakupodavcu za ugovoreni period,

- ima pravo ekskluzivnog korišćenja vazduhoplova u ugovorenom periodu,
- ne poseduje vazduhoplov tokom perioda zakupa.

Zakupodavac može biti banka ili specijalizovano preduzeće koje daje u zakup vazduhoplove, ili preduzeće osnovano od strane investitora koji plaćaju visoke poreze, a za koje je to način da ih smanje. Zakupac je obično aviokompanija.

Iz ovako široke definicije zakupa, slede i njegove karakteristike (Morrell, 2013):

- zakupodavac ne može prekinuti zakup ukoliko zakupac zadovoljava definisane uslove,
- zakupodavac nije odgovoran za to da li zakupljeni vazduhoplov odgovara poslovnom modelu zakupca,
- zakup može biti produžen na kraju perioda zakupa, za naredni period.

Prednosti zakupa za aviokompaniju, prema Morrellu (2013) su:

- mogućnost ostvarivanja popusta na veći broj zakupljenih vazduhoplova (popust na količinu), što je privlačno za manje aviokompanije,
- očuvanje obrtnih sredstava i kreditne sposobnosti aviokompanije,
- obezbeđivanje do 100% finansija bez depozita ili avansa (za dobijanje kredita je potrebno unapred platiti banci, a pri kupovini vazduhoplova od proizvođača, takođe se određeni iznos plaća unapred),
- rizik zbog zastarevanja vazduhoplova je na zakupodavcu (kratkoročni zakup),
- nije potrebno iskustvo u trgovini vazduhoplovima (postoje odgovarajuće specifikacije vazduhoplova, tako da nema izbora, sve je već ponuđeno),
- mogućnost isključivanja finansijskog zakupa iz bilansa stanja.

Mogući nedostaci zakupa su (Morrell, 2013):

- veći troškovi nego u slučaju finansiranja kroz kredit za kupovinu,
- dobit od prodaje vazduhoplova ide zakupodavcu,
- veća zaduženost nego pri kupovini emitovanjem akcija,

- specifikacija vazduhoplova nije “po meri” vazduhoplovnog prevozioca zakupca (kratkoročni zakup).

Zakup ima očigledne prednosti za proizvođače i zakupodavce jer povećava mogućnosti za poslovanje. Dokumentacija koja je potrebna za zakup vazduhoplova je obično (ne i uvek) jednostavnija nego kada se radi o kreditima i akcijskom kapitalu aviokompanije. Najveći nedostatak predstavlja rizik zbog nedovoljne brige o opremi.

U osnovi postoje dve vrste lizinga i to operativni i finansijski. Ove dve vrste lizinga se razlikuju po načinu prikazivanja u bilansu stanja aviokompanije: operativni lizing se ne prikazuje, dok se finansijski prikazuje u bilansu stanja. Prekogranični (*cross-border*), prodaja i povratni (*sales and leaseback*), *Dry* i *Wet* lizing su oblici lizinga koji imaju određene specifičnosti, a koji se javljaju u varijantama i operativnog i finansijskog lizinga. Sve pomenute vrste lizinga su detaljnije prikazane u Prilogu 1. U Prilogu 1 su dati i osnovni podaci koji se odnose na vodeće lizing kompanije.

2.1. Kupovina – zakup

Pri izboru načina finansiranja nabavke vazduhoplova treba razmotriti troškove, načine oporezivanja i fleksibilnost. Ako se izabere opcija kupovine, tada je kredit opšti instrument koji koristi većina aviokompanija izvan Sjedinjenih Američkih Država. Evropsko tržište obveznica (*Eurobond market*) može biti jeftinije od kredita ali je dostupno samo kompanijama koje imaju visok kreditni rejting. Američko javno tržište obveznica (*US Public Bond market*) je dostupno samo aviokompanijama iz SAD. Za kredite, pored kamate, aviokompanija mora banci da plati i pripremu dokumentacije.

Aviokompanije pokušavaju da prošire svoju flotu pri čemu se susreću sa pitanjem da li je isplativije kupiti ili zakupiti vazduhoplov. Kao prednosti lizinga u poređenju sa kupovinom novog vazduhoplova Vasigh i ostali (2012) navode:

- Fleksibilnost i brzina isporuke aviokompaniji su glavna prednost u slučaju planiranja i prilagođavanja flote. Veličina flote se može prilagođavati na osnovu promena uslova na tržištu. Ako za to ima potrebe, aviokompanija flotu može prilagoditi brže i sa većom fleksibilnošću. Veća fleksibilnost dozvoljava ulazak

na nova tržišta sa smanjenim rizikom. Ako rute nisu isplative, vazduhoplov može saobraćati na isplativijim rutama, ili se može vratiti zakupodavcu. Povećana fleksibilnost je značajna tokom ekonomskih kriza jer aviokompanija brzo može reagovati na višak kapaciteta kada je saobraćaj smanjen. Može se takođe brzo reagovati i na kratkoročna povećanja u putničkom saobraćaju.

- Mogućnost uvođenja novog tipa ili novog modela aviona podrazumeva da aviokompanija može imati novije vazduhoplove koji imaju manju potrošnju goriva, a koji će zameniti starije sa većom potrošnjom. Ovo je veoma bitno tokom perioda kada cena goriva raste. Novi modeli vazduhoplova pružaju veću operativnu pouzdanost i smanjene operativne troškove. Prednosti koje su u vezi sa novijom tehnologijom su značajne za aviokompaniju. Na primer, A320neo ima takvu tehnologiju koja će omogućiti 15% uštede u gorivu. Ove uštede će doprineti tome da A320neo postane kamen temeljac za lizing kompanije i flote koje teže da u budućnosti smanje troškove i povećaju efikasnost.
- Aviokompanija može dobiti vazduhoplov bez plaćanja unapred. Da bi poručili vazduhoplov od velikih proizvođača, kao što su Airbus i Boeing, aviokompanije moraju da obezbede odgovarajuće depozite i deo novca daju unapred. Zakup vazduhoplova dozvoljava nabavku u veoma kratkom vremenskom roku i ostavlja mogućnost korišćenja bankarskih kredita ili gotovine za druge potrebe prevozioca. Finansiranje kupovine vazduhoplova kroz kredite često zahteva polaganje velikih novčnih iznosa unapred.
- Očuvanje obrtnog kapitala i gotovog novca daje mogućnost aviokompaniji da plaća svoje kratkoročne dugove i pozitivno se odražava na celokupno finansijsko stanje. Fiksni iznos zakupnine eliminiše neizvesnost koja je u vezi sa budućim troškovima vazduhoplova. Operativni lizing podrazumeva da zakupodavac snosi troškove i rizike po pitanju zastarevanja vazduhoplova tako da zakupac nema razloga da brine o rezidualnoj vrednosti vazduhoplova nakon perioda zakupa.
- Kada se radi o operativnom lizingu, aviokompanija ima mogućnost da zakupljenu opremu i sredstva isključi iz svojih dugova u bilansu stanja. Na ovaj način se oslobađa kreditna linija aviokompanije pri čemu se na bilansu stanja vazduhoplov ne posmatra kao dugoročna zaduženost već kao običan rashod.

Smanjenje dugovanja na bilansu stanja pomaže aviokompaniji da ima bolji kreditni bonitet.

Argumenti protiv lizinga vazduhoplova (Vasigh i ostali, 2012) koji bi mogli da pomognu pri donošenju odluke su:

- Uslovi vraćanja. Zakupljeni vazduhoplovi se moraju vratiti u uslovima i stanju pre potpisivanja ugovora. Ako vazduhoplov ne zadovoljava uslove vraćanja zbog iskorišćenja koje je veće od očekivanog ili zbog ekstremne amortizacije, aviokompanija će morati da plaća penale. Kada kompanija poseduje vazduhoplov, njime može leteti koliko joj je potrebno bez rizika da ima neplanirane troškove.
- Kazne (dodatni troškovi) za ranije vraćanje. Ako se vazduhoplov vrati pre dogovorenog datuma, obično je aviokompanija odgovorna za zaostale zakupnine koje mora platiti. Nekim ugovorima se zakupcu može odobriti prekid lizinga za prethodno određene penale zbog ranijeg vraćanja vazduhoplova.
- Operativna ograničenja. Nekada se zakupci mogu suočiti sa ograničenjima koja određuju gde vazduhoplov može biti smešten i gde može leteti, odnosno ograničenja mogu biti definisana tako da zabranjuju letenje u pojedinim geografskim regionima.
- Poreske teškoće. Kod operativnog lizinga vazduhoplov nije neoporeziv, iako se zakup prikazuje kao rashod. To može dovesti do većih kratkoročnih poreza za aviokompaniju.

Na osnovu detaljne finansijsko-ekonomske analize, kao i u zavisnosti od politike poslovanja, načina finansiranja i nekih drugih faktor (kao na primer politika države u čijem je vlasništvu aviokompanija), aviokompanija donosi konačnu odluku o načinu nabavke vazduhoplova.

3. Pregled postojećih modela za planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca

Planiranje flote, odnosno određivanje potrebnog kapaciteta za odgovarajuće tržište i potražnju je veoma važan i veoma kompleksan zadatak svake vazduhoplovne kompanije. Težnja svake aviokompanije je da dovoljno dobro odredi potreban kapacitet za odgovarajuće tržište i potražnju uz što manje troškove. Ovaj problem je u literaturi rešavan na razne načine. Problem je rešavan delimično, pri čemu su u obzir uzete samo određene grupe faktora. Treba napomenuti da nijedan od prikazanih radova ne daje sveobuhvatnu metodologiju planiranja razvoja flote vazduhoplovnog prevozioca. U daljem tekstu će biti dat prikaz odabranih radova koji su u direktnoj ili indirektnoj vezi sa problemom planiranja flote. Radovi su kategorisani u nekoliko grupa. Prvu grupu radova čine oni radovi u kojima se istražuje veza između frekvencije i veličine aviona. Ovi radovi nisu u direktnoj vezi sa problemom planiranja flote, već indirektno ukazuju na faktore koji mogu imati uticaj na veličinu vazduhoplova. Druga grupa radova su radovi koji se bave planiranjem flote pri čemu se razmatra određivanje veličine ili strukture flote. Treću grupu radova predstavljaju radovi u kojima se razmatra upotreba regionalnih aviona i njihov uticaj na mrežu linija. U četvrtoj grupi radova se nalaze radovi koji su sa problemom planiranja flote indirektno povezani na način koji nije dat u prethodnim grupama radova. U poslednjem delu ovog poglavlja date su prognoze tržišta prema vodećim proizvođačima vazduhoplova.

3.1. Veličina aviona i frekvencija letenja

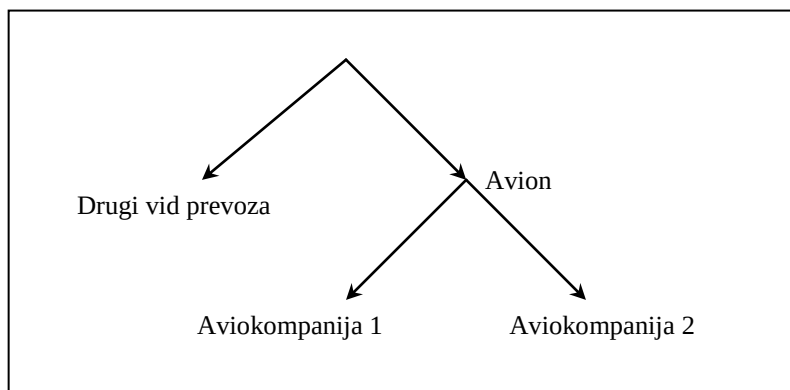
Pri planiranju flote vazduhoplovni prevozioc teži da na što bolji način usagласi ponudu i potražnju, odnosno da za očekivanu potražnju ponudi odgovarajući kapacitet i frekvenciju. Veličina vazduhoplova i frekvencija letenja su u tesnoj vezi, i njihovo određivanje se može shvatiti kao deo procesa planiranja flote. Neki autori su razmatrali usaglašavanje veličine aviona i frekvencije letenja u zavisnosti od raznih faktora.

Istraživali su na koji način povećanje frekvencije i veličine aviona utiče na udeo aviokompanije na posmatranom tržištu. Takođe u ispitivali različite faktore koji mogu, pod određenim uslovima, imati uticaj na izbor veličine vazduhoplova (naknade, konkurencija). Nezavisno su došli do zaključka da aviokompanije radije povećavaju frekvenciju letenja, nego veličinu vazduhoplova, kako bi zadržale mesto na tržištu i odgovorile na konkurenciju.

Wei i Hansen (2005) su razvili ugneždeni logit model da bi istražili uticaj veličine aviona zajedno sa frekvencijom, raspoloživim kapacitetom i cenom na učešće aviokompanije na tržištu i ukupnoj potražnji ako je reč o non-stop duopolskom tržištu.

Događaji od 11. septembra 2001. godine i privredni pad u Sjedinjenim Američkim Državama doveli su do značajnih promena u vazduhoplovstvu. Mnogi veliki vazduhoplovni prevozioci su u fazi rekonstrukcije svog modela poslovanja. Promene koje se odnose na flotu (uprošćavanje i obnova) predstavljaju kritične tačke u procesu reorganizacije, tako da autori smatraju da će u floti ostati samo najprofitabilniji tipovi aviona.

Autori su analizirali ulogu veličine vazduhoplova na putničku potražnju aviokompanije i učešće na tržištu ako je reč o duopolskom konkurentskom tržištu. Cilj je bio shvatiti kako veličina aviona zajedno sa drugim karakteristikama prevoza kao što su cena i frekvencija, utiče na celokupan obim potražnje u vazdušnom saobraćaju, ali i kako utiče na učešće svake pojedinačne aviokompanije na individualnom tržištu između para gradova. Razvijen je model izbora putnika u vazdušnom saobraćaju. Pojednostavljeni model izbora putnika u vazdušnom saobraćaju na duopolskom tržištu je u osnovi dvostepeni ugneždeni logit model, pri čemu putnik u prvom stepenu bira avion ili drugo prevozno sredstvo, a na drugom stepenu odlučuje koja kompanija će obaviti prevoz (Slika 1).



Slika 1. Model izbora putnika u vazdušnom saobraćaju

Podaci na osnovu kojih su ocenjeni parametri modela su filtrirani podaci iz baza podataka Ministarstva za saobraćaj Sjedinjenih Američkih Država (US DOT – US Department of Transportation). Koncept tržišta predstavljenog parovima aerodroma u ovom radu, više odgovara konceptu tržišta predstavljenom parovima gradova ili parovima regiona kako ih u praksi vide aviokompanije i putnici.

Model učešća na tržištu je pokazao da je privlačnost vazduhoplova koji ima, na primer, 100 raspoloživih sedišta i nema putnika koji presedaju (*connecting passengers*) ekvivalentna privlačnosti vazduhoplova koji ima 200 putničkih sedišta, od kojih je 100 za putnike koji presedaju. Drugi model, model ukupne potražnje je pokazao da, u slučaju kada dve kompanije imaju istu frekvenciju i isti broj sedišta u avionima, ako jedna kompanija poveća cenu karte za 1%, gubi 0.002% svog tržišta (preuzima ga konkurentska aviokompanija). Objašnjenje leži u činjenici da modelom nisu obuhvaćene promenljive koje se odnose na kvalitet usluge, što utiče na cenu karte. Drugo objašnjenje je praksa da više saobraćaja znači i težnju ka većim cenama, ako se ostali uslovi ne menjaju. Pokazano je da aviokompanija ostvaruje veće učešće na tržištu povećavanjem frekvencije nego povećavanjem raspoloživih kapaciteta po letu. Autori napominju da su modeli, zbog jednostavnije procedure primenjivani sekvencijalno, iako bi njihova simultana primena možda dala bolje rezultate.

Wei (2006) u svom radu objašnjava uticaj naknada za sletanje na izbor veličine aviona i frekvenciju letenja na duopolskom tržištu. Više naknade za sletanje utiču na to da aviokompanije koriste vazduhoplove većeg kapaciteta i smanje frekvenciju letenja. Za prevoz istog broja putnika jasno je da je koeficijent popunjenosti vazduhoplova veći.

Ove mere se primenjuju u cilju smanjenja zagušenja na aerodromu, bez velikih investiranja.

Propusna moć aerodroma zavisi od veličine aviona i frekvencije koju obezbeđuje aviokompanija. Ako aviokompanija koristi veće vazduhoplove ili je određenim merama primorana da ih koristi, znači da aerodrom može da opsluži više putnika bez fizičkog proširivanja kapaciteta (izgradnja nove poletno-sletne staze ili terminala). Kašnjenja i zagušenja na aerodromu će takođe biti smanjena.

Autor je istraživao kako različite naknade za sletanje utiču na prilagođavanje frekvencije i veličine vazduhoplova na tržištu na kome saobraćaju dve aviokompanije (duopolsko tržište), kao i mogućnost izbora većeg vazduhoplova i manje frekvencije tako da se zagušenje i kašnjenja na aerodromu smanje. Pretpostavlja se da aviokompanije teže da maksimiziraju profit, te da u skladu sa tim donose odluke. Kao važan faktor razmatrana je konkurencija, a model je izgrađen na pretpostavci da su na tržištu dva konkurentna prevozioca. Analiza je bazirana na modelu koji se zasniva na teoriji igara u slučaju konkurencije i koji ima dve osnove: model troškova i model udela na tržištu koji zajedno ukazuju na razlike u troškovima i udelu na tržištu za aviokompanije koje koriste vazduhoplove različite veličine i drugačije frekvencije ako se menjaju naknade za sletanje. Uticaj naknada za sletanje na izbor veličine vazduhoplova i frekvenciju letenja određen je kako funkcijom troškova, tako i modelom učešća na tržištu.

Ukupni operativni troškovi vazduhoplovnog prevozioca se mogu podeliti na direktne i indirektne operativne troškove. Naknade za sletanje spadaju u kategoriju indirektnih operativnih troškova. Iako u ovom istraživanju nije bio poznat tačan iznos naknada za sletanje⁶, moguće je sagledati uticaj povećanja ovih naknada na ukupne operativne troškove prevozioca i izbor veličine aviona.

Kako bi se odredila optimalna veličina aviona, potrebno je uzeti u razmatranje ne samo promenu operativnih troškova pri promeni veličine aviona, već i promenu prihoda, potražnje i učešća na tržištu sa promenom veličine aviona i frekvencije.

Primenom ugneždenog logit modela koji su razvili Wei i Hansen (2005) pokazano je da je funkcionalna veza frekvencija i učešće na tržištu oblika S-krive. Aviokompanija

⁶ Korišćeni su zbirni podaci naknada za sletanje sa ostalim naknadama na američkom tržištu (Form 41).

ostvaruje veće učešće na tržištu povećanjem frekvencije, nego povećanjem veličine aviona, što dovodi do zaključka da kompaniji nije u interesu korišćenje većih vazduhoplova. Međutim, povećanje naknada za sletanje može uticati na to da aviokompanija odluči da leti većim avionima. Kako na tržištu obično postoji i konkurentska aviokompanija, to i njen uticaj treba razmotriti.

Rezultati studije slučaja na hipotetičkom tržištu su pokazali da dodatna naplata naknada za sletanje dovodi do povećanja veličine aviona i smanjenja frekvencije letenja. Kako je za isti broj putnika ponuđen manji kapacitet, to se koeficijent popunjenosti vazduhoplova povećava. Troškovi vazduhoplovnog prevozioca se povećavaju, a prihodi smanjuju. Međutim, ako aerodrom aviokompaniji vrati ekstra naknade za sletanje kao bonus što leti većim vazduhoplovima, aviokompanija može imati nepromenjene prihode. Što se aerodroma tiče, pozitivni efekti se javljaju i to u vidu smanjenja zagušenja i kašnjenja.

Wei i Hansen (2007) nastavljaju svoj rad i istražuju kako aviokompanije donose odluke u vezi sa veličinom aviona i frekvencijom letenja u konkurentskom okruženju. Primenjuju tri modela zasnovana na teoriji igara kako bi analizirali izbor veličine vazduhoplova od strane aviokompanije na duopolskom tržištu, za slučaj kratkolinijskih i dugolinijskih letova. Autori naglašavaju da je, za razliku od prethodnih studija, njihov rad baziran na modelu troškova, modelu učešća na tržištu i modelu potražnje koji su izvedeni iz empirijskih istraživanja.

Prethodna istraživanja su pokazala da vazduhoplovni prevozioci problem rasta potražnje radije rešavaju povećanjem frekvencije nego povećanjem kapaciteta vazduhoplova. Međutim, zbog neprestanog rasta potražnje za prevozom u vazdušnom saobraćaju, mnogi aerodromi dostižu nivo saturacije. Problem kašnjenja i zagušenja na aerodromima se može delimično rešiti ako prevozioci lete većim avionima, pri čemu frekvencija ostaje nepromenjena (aerodrom može opslužiti veći broj putnika). Međutim, prognoze vodećih proizvođača vazduhoplova ukazuju na smanjenje udela velikih vazduhoplova u svetskoj floti.

Kao i u svojim prethodnim radovima, dve osnove istraživanja su model troškova i model učešća na tržištu, za aviokompanije koje koriste različite kombinacije veličine aviona i frekvencije letenja. Zatim su primenjeni modeli bazirani na teoriji igara u cilju

ispitivanja načina na koji aviokompanije biraju veličinu aviona i frekvenciju letenja na takmičarskom tržištu. Autori su klasifikovali literaturu u tri kategorije:

- radovi u kojima se problem posmatra sa troškovne strane – akcenat je na promeni troškova sa promenom veličine aviona,
- radovi u kojima se problem posmatra sa strane potražnje – ispituje se uloga veličine aviona i frekvencije letenja u potražnji i učešću na tržištu,
- radovi u kojima se u obzir uzima postojanje konkurencije – proučava se izbor veličine aviona u konkurentskom okruženju.

U ovom radu su za kvantitativne karakteristike na osnovu kojih se donosi odluka (*decision variables*) uzete i veličina aviona i frekvencija letenja i upravo to ga izdvaja u odnosu na druge radove. Takođe je naglašeno da problem koji je istraživan, izbor veličine aviona i frekvencije letenja na strateškom nivou nije isto što i izbor na taktičkom ili raspoređivanje flote na operativnom nivou (*fleet planning* ili *fleet assignment*). Na izbor veličine aviona i frekvencije letenja na strateškom nivou obično utiče dugoročna poslovna strategija prevozioca, privredni razvoj, državna regulativa, politika aerodroma i proizvođači aviona. Zbog svega navedenog, strateška odluka aviokompanije je dugoročna odluka, dok su taktičke i operativne odluke kratkoročne. Na taktičkom nivou se donose odluke o nabavci novih vazduhoplova pri čemu se uzima u obzir sličnost flote, nabavna cena i struktura mreže linija (*hub and spoke* ili *point-to-point*), dok se na operativnom nivou za posmatrani dan odlučuje koji vazduhoplov će leteti na kojoj ruti.

Dve osnove, tj. model troškova i model učešća na tržištu su isti kao u radu Wei i Hansen (2005). Skup podataka na kojima je istraživanje rađeno je, takođe isti kao u pomenutom radu (10 najvećih aviokompanija u SAD na domaćem tržištu u periodu 1987-1998. godine). Na osnovu dobijenih koeficijenata je zaključeno da:

- elastičnost direktnih operativnih troškova s obzirom na veličinu aviona, raste sa veličinom aviona,
- sa povećanjem rastojanja, elastičnost troškova opada (dokazuju da za svako dato rastojanje postoji optimalna veličina aviona koja podrazumeva najmanje troškove, a koja se povećava sa povećanjem rastojanja),

- se sa povećanjem frekvencije ostvaruje veće učešće na tržištu nego povećanjem veličine aviona,
- ukupni broj putnika na posmatranom tržištu za sve aviokompanije jeste funkcija ukupnog broja stanovnika i prosečnog dohotka po stanovniku u izvornoj i ciljnoj zoni, kao i parametara usluge (uključujući veličinu aviona, frekvenciju letenja i cenu karte) svih vazduhoplovnih prevozlaca koji saobraćaju na tržištu.

Kako bi se primenili razvijeni modeli bazirani na teoriji igara, uvedene su radi uprošćavanja, određene pretpostavke. Posmatrano je dugoročno ponašanje na nivou tržišta (koje podrazumeva par gradova), u slučaju duopolskog tržišta i kada su svi lokalni putnici opsluženi non-stop letom. U igri su dva učesnika, Kompanija 1 i Kompanija 2, i oba učesnika biraju veličinu aviona i frekvenciju letenja kako bi maksimizirali profit. Pretpostavlja se da svaka aviokompanija bira samo jednu veličinu aviona i jednu frekvenciju letenja, kao i to da u igri postoji potpuna informisanost (kompanija zna kakve akcije preduzima konkurent, a konkurent zna da je to poznato). Cilj igre je pronalaženje ravnoteže.

U radu su predstavljene tri igre:

- *one-shot simultaneous game*: dve aviokompanije istovremeno odlučuju o veličini aviona i frekvenciji letenja;
- *leader-and-follower Stackelberg game*: jedna kompanija je dominantna tako da ima prednost prilikom donošenja odluke o veličini aviona i frekvenciji letenja, tako da druga kompanija donosi odluku nakon primene izbora prve kompanije;
- *two-level hierarchical game*: dve kompanije donose odluke u dve etape – kompanije simultano donose odluku o veličini aviona, a zatim simultano o frekvenciji letenja.

Na osnovu studije slučaja zaključeno je:

- da se na kratkim linijama (*short-haul market*, 400 milja $\approx$ 740 km) koriste manji avioni u odnosu na avione kojima se leti na dugim linijama (*long-haul market*, 2400 milja $\approx$ 4445 km);

- da je na dugim linijama potražnja manja nego na kraćim linijama, dok je profit na dugim linijama veći, što je posledica smanjenja troškova sa povećanjem dužine linije, kao i činjenice da su tarife na različitim tržištima pretpostavljene;
- da aviokompanije koriste avione najmanjeg kapaciteta u različitim modelima i pri različitoj potražnji, a da se menja samo frekvencija kako bi se prilagodile rastućoj potražnji;
- da aviokompanije nemaju podsticaj da koriste avione veće od najisplativijih aviona (u troškovnom smislu).

Kao i mnogi drugi autori, i Givoni i Reitveld (2009) se na početku svojih istraživanja pozivaju na stalni rast vazdušnog saobraćaja i potražnje za vazdušnim saobraćajem. Ovaj porast uzrokuje određene probleme, koji su postali predmet naučnih istraživanja. Sa porastom saobraćaja, bilo je očekivano da se poveća i kapacitet vazduhoplova. To se nije desilo, a vodeći proizvođači vazduhoplova ne očekuju da će u narednom periodu doći do značajne promene prosečnog kapaciteta svetske flote. Autori smatraju da prosečna veličina vazduhoplova u svetskoj floti zavisi od ravnoteže između dve sile, i to povećanja potražnje na postojećim rutama (što verovatno vodi upotrebi većih vazduhoplova) i otvaranju novih ruta (što vodi upotrebi manjih vazduhoplova). Autori se u svom radu fokusiraju na izbor veličine vazduhoplova na postojećim rutama.

Kao odgovor na povećanje potražnje u vazdušnom saobraćaju, vazduhoplovni prevozioci mogu da povećaju frekvenciju letenja ili veličinu vazduhoplova. Kada se govori o veličini vazduhoplova, izdvajaju se dve grupe – uskotrupni (maksimalan dolet oko 6000 km) i širokotrupni vazduhoplovi (maksimalan dolet veći 10000 km). Podgrupu uskotrupnih aviona predstavljaju regionalni avioni sa kapacitetom do 100 putničkih sedišta.

Na različitim aerodromima se zapaža različita struktura vazduhoplova, zavisno od linija koje se opslužuju sa posmatranog aerodroma. Ako se sa posmatranog aerodroma obavljaju duge linije, onda se, obično, koriste veći avioni. U slučaju povećane potražnje na rutama sa posmatranog aerodroma takođe se povećava srednja veličina vazduhoplova. Ovo ukazuje na to da je srednja veličina vazduhoplova na većim aerodromima veća u odnosu na srednju veličinu vazduhoplova na manjim aerodromima.

Promena veličine aviona na dugim linijama je manje verovatna, jer ove linije mogu biti opslužene jedino većim avionima namenjenim za dugolinijski saobraćaj, tako da je izbor veličine aviona na kratkim linijama relevantniji.

Izbor veličine aviona zavisi od različitih faktora koji su u vezi sa uslovima tržišta, uslovima konkurencije, politikom aerodroma i parametrima troškova.

Kako bi se odredili faktori koji utiču na izbor veličine aviona (broj sedišta po letu – nezavisna promenljiva), urađena je regresiona analiza na osnovu podataka koji se odnose na domaće i međunarodne linije sa 100 najvećih svetskih aerodroma. Isključene su iz razmatranja duge linije (leti se relativno velikim avionima uz malu frekvenciju), tako da je dužina linije ograničena na 3500 km. Razmatrano je 549 linija između 74 aerodroma (26 u Evropi, 21 u Severnoj Americi i 30 u Aziji od kojih je 8 u Japanu). Analiza je pokazala da se preko 60% izbora veličine aviona od strane aviokompanija može objasniti. Nezavisne promenljive su podeljene u dve grupe:

- karakteristike linije i
- karakteristike aerodroma.

Pokazalo se da karakteristike linija daju više objašnjenja kada je izbor veličine aviona u pitanju, u odnosu na karakteristike aerodroma.

Na linijama na kojima su prisutni niskotarifni vazduhoplovni prevozioci veličina vazduhoplova je veća za 14% u odnosu na druga tržišta. Ovo je rezultat postojanja samo jedne klase u konfiguraciji putničke kabine (veći broj sedišta u odnosu na druge konfiguracije), kao i činjenice da ovi prevozioci konkurentnost postižu smanjenjem cene prevoza, a ne povećanjem frekvencije.

Analiza je pokazala da je veličina vazduhoplova najveća u Aziji, manja u Evropi i najmanja u Sjedinjenim Američkim Državama. Kada se govori o habovima, koriste se manji avioni u proseku. Efekat haba je jači kada su oba aerodroma na liniji habovi. U tom slučaju je veličina aviona 14% manja.

Izbor veličine vazduhoplova utiče na:

- zagušenje na aerodromima koji su blizu svog kapaciteta – čak i mala promena u broju letova može da utiče na smanjenje kašnjenja;
- operativne troškove;

- zagađenje životne sredine;
- potrebu aerodroma da proširuje svoje kapacitete – izgradnja novih poletno-sletnih staza.

Autori su na osnovu sprovedene analize zaključili:

- da vazduhoplovni prevozioci daju prioritet povećanju frekvencije;
- da se veličina aviona povećava sa povećanjem rastojanja i
- da prisustvo niskotarifnih vazduhoplovnih prevozilaca dovodi do upotrebe nešto većih vazduhoplova.

Takođe su primetili da tržište, kada je u pitanju izbor veličine aviona, ima dva nedostatka koja imaju suprotan uticaj – jedan je povezan sa nedostatkom konkurencije, a drugi sa zagušenjem na aerodromu. Kada na određenoj ruti na kojoj je potražnja velika samo jedna kompanija saobraća, tj. kada nema konkurencije, toj kompaniji je omogućeno da smanji frekvenciju i koristi veće vazduhoplove (moguće je da na ovakvim rutama frekvencija bude veoma mala). Drugi nedostatak je posledica činjenice da aviokompanije nemaju interesa da smanje frekvenciju, čak ni na zagušenim aerodromima (dovodi do pojave velike frekvencije na nekim rutama). Zato autori predlažu da se na zagušenim (velikim) aerodromima uvedu više naknade za sletanje za manje avione, kao i dodatne naknade za zagađenje (kako bi se stimulisala upotreba većih vazduhoplova), umesto izgradnje novih poletno-sletnih staza. Takođe smatraju da dok se veličina vazduhoplova uzima u obzir pri planiranju vazduhoplovne infrastrukture kao egzogeni faktor, strategija upotrebe većih vazduhoplova i postojeće infrastrukture kao rešenje problema zagušenja na aerodromima neće biti razmatrana. Ukazivanje na nedostatke tržišta je značajno za rešavanje problema zagušenja sa aspekta aerodroma, dok na donošenje odluke o izboru veličine vazduhoplova sa aspekta aviokompanije ovo neće biti od presudnog značaja.

Pitfield i Caves (2000) ukazuju na to da promene potražnje u odnosu na trend rasta imaju za posledicu promenu veličine vazduhoplova i frekvencije letenja od strane aviokompanija. Sprovedeno je empirijsko ispitivanje ravnoteže koju aviokompanija teži da uspostavi između veličine vazduhoplova i frekvencije letenja, pri čemu je akcenat na dugolinijskom saobraćaju i to Severni Atlantik. Relacija između veličine aviona i

frekvencije je važna zbog nedostatka kapaciteta, ali i kao osnov za izbor aerodroma, linije i aviokompanije od strane putnika.

Kako bi se sprovedo istraživanje izabrano je 10 ruta na kojima je uprkos ograničenjima po pitanju slotova, nivo saobraćaja bio dovoljno visok da dozvoljava razvoj konkurencije. Ove rute su posmatrane pojedinačno, ali i kao skup, pri čemu su autori pokušali da ukažu na uticaj konkurencije na ruti u slučaju agregiranih i disagregiranih podataka. Posmatrane su sledeće rute u periodu 1990-1997. godine:

- London Gatwick (LGW) – Atlanta,
- London Gatwick (LGW) – Boston,
- Manchester (MAN) – Chicago,
- London Gatwick (LGW) – Dallas,
- London Heathrow (LHR) – Los Angeles,
- London Gatwick (LGW) – New York (JFK),
- London Gatwick (LGW) – Miami,
- London Heathrow (LHR) – New York (JFK),
- London Heathrow (LHR) – San Francisco,
- London Heathrow (LHR) – Washington.

Na osnovu agregiranih podataka došlo se do zaključka da se frekvencija može dodati za svakih 170 novih putnika. Jasno je da očekivani obim saobraćaja određuje frekvenciju i veličinu aviona koju će aviokompanija ponuditi. Treba sagledati i uticaj konkurencije na frekvenciju i veličinu aviona. Na osnovu agregiranih podataka koji se odnose na pomenute rute pokazano je da broj aviokompanija koje obavljaju saobraćaj na određenoj ruti značajno utiče na ponuđenu frekvenciju. Promenljiva koja se odnosi na habove nije od većeg značaja, ali ukazuje na to da destinacije do/od habova mogu imati veću frekvenciju nego rute koje ne idu do habova. Promena saobraćaja od 1% uzrokuje promenu frekvencije 0.86%.

Ako se rute posmatraju pojedinačno, u većini slučajeva se može videti da se frekvencija povećava sa postojanjem konkurencije, a da se sa povećanjem frekvencije smanjuje veličina aviona.

Pitfield i ostali (2010) su sprovedli empirijsko ispitivanje ravnoteže koju aviokompanija teži da uspostavi između veličine vazduhoplova i frekvencije letenja, pri čemu su se

fokusirali na duge linije. Aviokompanije prilagođavaju veličinu vazduhoplova u svojoj floti i menjaju frekvenciju letenja. Ako je reč o monopolističkom tržištu, kompanija može da poveća frekvenciju letenja i zadrži istu veličinu aviona, ili da zadrži frekvenciju nepromenjenu, a poveća veličinu aviona, kako bi ponuda odgovarala očekivanom porastu potražnje u vazdušnom saobraćaju. Ako je reč o tržištu na kome postoji konkurencija, odgovor na očekivani porast potražnje je povećanje frekvencije (zbog postojanja konkurencije, potrebno je povećati frekvenciju, a ne veličinu aviona).

Podaci na kojima je sprovedeno ispitivanje se odnose na 9 ruta između Sjedinjenih Američkih Država i Evrope za period 1990-2006. godine:

- London Gatwick (LGW) – Boston (BOS),
- London Gatwick (LGW) – Miami (MIA),
- London Gatwick (LGW) – Orlando International (MCO),
- Manchester (MAN) – Orlando International (MCO),
- Düsseldorf International (DUS) – Los Angeles (LAX),
- Munich (MUC) – Miami (MIA),
- Milan Malpensa (MXP) – Boston (BOS),
- Milan Malpensa (MXP) – Washington Dulles (IAD),
- Milan Malpensa (MXP) – Los Angeles (LAX).

Autori su ispitivali na koji način broj putnika utiče na frekvenciju i primetili da frekvencija brže raste kada je nivo saobraćaja nizak (manji broj putnika). Kada broj putnika dostigne granicu od 400 hiljada, povećava se i veličina aviona.

U radu su prikazani modeli frekvencija, putnika i veličine aviona i to kroz simultane jednačine.

Model frekvencija ukazuje na to da je frekvencija povezana sa brojem putnika, veličinom aviona, frekvencijom u prošlosti, konkurencijom (koja se “meri” brojem glavnih prevozlaca na ruti), trendom i pomoćnim varijablama (*dummy variables*) koje ukazuju na jedinstvene karakteristike rute (npr. odnos broja poslovnih i neposlovnih putnika na ruti).

Model putnika pokazuje simultanu zavisnost između frekvencije, veličine aviona, broja putnika u prošlosti, konkurencije, trenda i jedinstvenih karakteristika rute. Ovaj model pokazuje da i frekvencija i veličina aviona delimično zavise od broja putnika u prošlosti.

Jednačina koja se odnosi na veličinu aviona pokazuje simultanu zavisnost između frekvencije, putnika, rastojanja između posmatranih aerodroma, konkurencije, trenda i jedinstvenih karakteristika rute.

Model veličine aviona je pokazao da se veličina aviona povećava kada se pojavi 451 nov putnik. Model frekvencija je pokazao da 1% promene veličine aviona uzrokuje 0.89% pada frekvencije, pri čemu u modelu veličine aviona 1% promene frekvencije smanjuje veličinu aviona za 1.61%. Ako se pretpostavi da se broj putnika povećao za 10%, tada će model veličine aviona predvideti 14.4% povećanje veličine aviona. Model frekvencija bi simultano predvideo porast frekvencije za 9.4%, a ako bi se sve to unelo u model veličine aviona, povećanje veličine bi bilo 15.1 %. To znači da povećanje broja putnika za 10% uzrokuje promenu frekvencije za 9.4% i ukupnu promenu veličine aviona -0.7%.

U zaključku se navodi da povećanje broja putnika pre utiče na frekvenciju letenja, nego na veličinu aviona, što je potvrđeno mikro-analizom.

3.2. Veličina i struktura flote

U prikazanim radovima je rešavan problem određivanja veličine i strukture flote. Problem je rešavan zasebno, dok su integrisani modeli pomoću kojih se može odrediti koliko vazduhoplova i kog tipa treba da ima aviokompanija, veoma retki. Struktura flote je određivana tako što su iz poznatog skupa vazduhoplova birani vazduhoplovi koji u najvećoj meri zadovoljavaju potrebe razmatrane aviokompanije, pri čemu je u obzir uzeta stohastička priroda potražnje za prevozom ili podaci o aerodromima i prognoze tržišta. U literaturi se, takođe, mogu pronaći i radovi koji se odnose na druge vidove prevoza i transport robe, a koji se mogu, uz manje izmene, primeniti i na flotu vazduhoplovnog prevozioca. U radovima se razmatra kako jednorodna, tako i raznorodna struktura flote.

Bharda (2003) je u svom radu pokušao da pronađe zavisnost izbora vazduhoplova u odnosu na putničku potražnju, odnosno da da odgovor na pitanje da li je na osnovu izvorno ciljne matrice putovanja moguće odrediti sastav flote za parove gradova iz te

matrice. Izbor vazduhoplova je veoma kompleksan zadatak ako se uzme u obzir da postoji veliki broj različitih tipova vazduhoplova koji treba da opslužuju tržišta čije su karakteristike različite.

Sve vodeće tradicionalne aviokompanije imaju raznorodnu strukturu flote i veliki deo saobraćaja koji obavljaju se obavlja preko čvorišta (habova). Niskotarifni vazduhoplovni prevozioci saobraćaj obavljaju po principu *point-to-point* i obično imaju jednorodnu flotu. Generalno govoreći, vazduhoplovi se biraju da bi zadovoljili potrebe putnika u datim uslovima tržišta (cena prevoza i konkurencija). Takođe su veoma važne tehničke i ekonomske karakteristike vazduhoplova, kao što su brzina krstarenja, dolet i njima odgovarajući ekonomski pokazatelji (troškovi po raspoloživoj sedište milji).

U radu je predstavljen konceptijski i empirijski okvir koji bi dao odgovor na pitanja kao što su: Kako putnička potražnja po legovima utiče na izbor vazduhoplova? Kako rastojanje između aerodroma utiče na izbor vazduhoplova? Da li je moguće odrediti izbor vazduhoplova i strukturu flote iz podataka koji se onose na putničku potražnju u vazdušnom saobraćaju? Dato je poređenje između stvarnih podataka (već napravljeni izbori dobijeni od strane BTS/DOT – Bureau of Transportation Statistics/Department of Transportation koji se odnose na US NAS – United States National Airspace System) i podataka dobijenih primenom empirijskog modela (probabilistički izbori). Predstavljena su dva modela – binarni logit, za slučaj kada kompanija bira jedan od dva tipa aviona, i standardni multinomijalni logit model. U standardnom multinomijalnom modelu se bira jedna od šest ponuđenih kategorija vazduhoplova, i to: Cessna i Piper, turbo-elisni, *regional jet*, kratkolinijski uskotrupni, dugolinijski širokotrupni i širokotrupni.

Modeli su pokazali empirijsku vezu između izbora vazduhoplova i putnika, rastojanja i vrste aerodroma (čvorište ili ne), kao i to da putnici i rastojanje (dužina linije) imaju veoma važnu ulogu pri izboru.

Na osnovu dobijenih rezultata može se tačno objasniti izbor vazduhoplova za tri kategorije – za Cessne i Pipere, kratkolinijske uskotrupne i dugolinijske širokotrupne, dok se izbor turbo-elisnih, *regional jet* i širokotrupnih vazduhoplova modelom ne može u potpunosti objasniti.

Modeli predstavljeni u radu se mogu uspešno primeniti na prognoziranu putničku potražnju po parovima aerodroma kako bi se dobila odgovarajuća struktura flote za pomenute parove aerodroma.

Listes i Dekker (2005) su u svom radu dali pristup koji je *aggregation-based* za određivanje strukture flote, ako se u obzir uzima promena potražnje za prevozom. Problem raspoređivanja vazduhoplova (*flight assignment problem*) se sastoji u određivanju tipova vazduhoplova iz date flote koji će leteti na pojedinim legovima. Za problem određivanja strukture flote (*fleet composition problem*) flota nije data, a treba odrediti skup tipova vazduhoplova koji će da maksimizira profit raspoređivanja umanjen za fiksne troškove vazduhoplova, pod sličnim ograničenjima kao kod problema raspoređivanja. U ovom radu autori su se bavili strukturom flote u strateškom smislu. Razmatrali su različite izvore neodređenosti – stohastičke promene u potražnji – kao i realokaciju vazduhoplova kako bi se bolje zadovoljila potražnja. Stohastička priroda putničke potražnje je jedan od osnovnih faktora koji stvara probleme u aviokompanijama. Obično se razmatraju sezonske promene potražnje, dok slučajne fluktuacije potražnje na mreži linija koje za posledicu mogu imati nizak koeficijent popunjenosti ili veliki broj odbijenih putnika, nisu razmatrane. Kako bi sve promene bile obuhvaćene, predlaže se novi koncept dinamičke alokacije kapaciteta aviokompanije. U radu su pokazali kako se može odrediti struktura flote vazduhoplovnog prevozioca ako se stohastičke promene potražnje eksplicitno računaju. Autori se zalažu za proaktivno donošenje odluka na strateškom nivou (*fleet planning*) što omogućava fleksibilnije iskorišćenje kapaciteta vazduhoplova.

Za dati red letenja i flotu koja se sastoji od više tipova vazduhoplova, problem raspoređivanja flote podrazumeva da treba odrediti koji vazduhoplov će leteti na kojem legu, kako bi ukupan profit bio maksimalan. Kada je reč o problemu strukture flote, flota nije data, ali je treba odrediti na osnovu skupa tipova vazduhoplova (treba odrediti broj vazduhoplova svakog tipa) kako bi se ostvarila maksimalna profitabilnost za dati red letenja. Dakle, autori su pokušali da pronađu flotu koja najviše odgovara datom redu letenja.

Za svaki leg su dati sledeći podaci: početni i odredišni aerodrom, vreme započinjanja lega i vreme završetka lega, očekivana potražnja za svaku klasu (ekonomsku i biznis) i

rastojanje. Pretpostavlja se da potražnja odgovara nezavisnoj normalnoj raspodeli, sa varijabilnošću koju određuje K – faktor (odnos standardnog i srednjeg odstupanja). Svaki tip aviona je definisan fiksnim troškovima, operativnim kapacitetom, kapacitetom svake klase, doletom i indikatorom svoje familije (*family indicator*).

Vazduhoplov može biti raspoređen na leg samo ako mu je dolet veći od rastojanja, odnosno dužine lega. Pretpostavlja se da tipovi vazduhoplova koji mogu da obave jedan leg imaju jednako vreme leta, kao i jednako vreme opsluge na zemlji. Ovakva pretpostavka se opravdava činjenicom da je vreme leta značajno u operativnoj fazi, ali u kontekstu strateškog planiranja, nema tolikog značaja.

Za svaki red letenja postoji minimalan broj vazduhoplova koji su, nezavisno od tipa, potrebni da bi se obavio saobraćaj. U radu je razmatrana struktura flote za taj minimalni broj potrebnih vazduhoplova. Performanse flote su izražene kroz operativni profit koji se može generisati umanjeno za fiksne troškove vazduhoplova. Kada se jednom odredi struktura flote, kvantifikacija njenih performansi se može uraditi simulacijom potražnje, preraspoređivanjem flote, i izračunavanjem prosečnih pokazatelja, kao što su koeficijent popunjenosti cele flote, ukupni profit, i slično. Na sve ovo treba dodati i uticaj stohastičke prirode potražnje na odgovarajuću strukturu flote, što je i bio cilj autora.

Zadatak autora je bio da tokom istraživanja pronađu odgovor na tri osnovna pitanja:

1. Pomoću koje tehnike matematičke optimizacije je moguće uzeti u obzir stohastičku prirodu putničke potražnje pri rešavanju problema strukture flote?
2. Šta treba dodati da bi rešenje dobijeno ovakvim pristupom bilo robusnije u poređenju sa determinističkim rešenjem?
3. Da li se ovakvim pristupom može odrediti odgovarajuća struktura za flotu u kojoj je dozvoljena zamena vazduhoplova u okviru iste familije vazduhoplova?

Problem strukture flote se može formulisati kao raznorodni problem toka zasnovan na konstrukciji prostorno-vremenske mreže. U radu su prikazani deterministički model (problem mešovitog celobrojnog raznorodnog toka (više tipova aviona)) na konstruisanoj prostorno-vremenskoj mreži i pristup zasnovan na agregiranju scenarija (vrsta dekompozicije metoda za problem višestepenog stohastičkog programiranja). Osnovna ideja agregiranja scenarija jeste da se iterativno rešavaju pojedinačni scenariji,

i da se u svakoj iteraciji ta pojedinačna rešenja agregiraju u jedno, primenljivo rešenje. U radu su detaljno prikazani pristup za agregiranje scenarija, način na koji se vrši generisanje scenarija, kao i evaluacija performansi flote.

U radu se naglašava da se stohastička priroda putničke potražnje može uzeti u obzir pri rešavanju problema određivanja strukture flote kada se ovom problemu pristupa uz primenu dinamičke alokacije kapaciteta flote na red letenja. Stohastički pristup generiše rešenja koja su robusnija u odnosu na rešenja dobijena primenom determinističkog modela. Pristup zasnovan na agregiranju scenarija na dobar način kvantifikuje efekte promene putničke potražnje na proces planiranja flote.

Harasani (2006, 2008) je napravio model izbora flote za vazduhoplovnu kompaniju koja obavlja domaći i međunarodni saobraćaj, a kojoj je sedište u Džedi (Harasani, 2006), odnosno Medini (Harasani, 2008) u Saudijskoj Arabiji. Za datu mrežu linija su na osnovu doleta i plaćenog tereta izabrani određeni tipovi aviona koji su razmatrani u studiji. Kao rezultat, model daje predviđenu efikasnost vazduhoplova i njegov doprinos neto profitu aviokompanije.

Planiranjem flote se određuje koji tip i koliko aviona kompanija treba da kupi kako bi ostvarila svoje ciljeve. Planiranje flote nije samo poređenje vazduhoplova, analiza mreže linija, porudžbina vazduhoplova ili približavanje ponude potražnji, već je to složen proces koji podrazumeva simultano razmatranje svih navedenih elemenata. Pri određivanju flote treba imati u vidu da:

- je flota veoma kompleksna,
- odluka mora biti dugoročna,
- je tržište promenljivo,
- su mreže heterogene.

Autor navodi pet osnovnih koraka pri planiranju flote, odnosno izboru odgovarajućih vazduhoplova:

1. proces izbora vazduhoplova,
2. detaljne performanse vazduhoplova,
3. troškovna efikasnost,
4. redovi letenja,
5. rezultati i preporuke.

U prvom koraku postoje dva skupa ulaznih podataka. Prvi skup su podaci o aerodromu (nadmorska visina, referentna temperatura, dužina poletno-sletne staze itd.). Izbor vazduhoplova, u ovom radu, je baziran na operacijama koje treba da obave regionalni vazduhoplovi od Džede, odnosno Medine, ka određenem lokalnim i međunarodnim destinacijama. Drugi skup su prognoze koje se odnose na dato tržište, kao na primer, stopa rasta, frekvencije, nivo saturacije, i tome slično. Kao izlaz iz ovog koraka dobija se kratkoročni i dugoročni dnevni profil putnika za svaki sektor i plaćeni teret dolet dijagrami.

Kako su u prvom koraku određeni vazduhoplovi kandidati, performanse svakog od njih su poznate, tako da je moguće ispitati mogućnosti ovih vazduhoplova na zemlji (aerodromi koji su u mreži) i u vazduhu (*en-route*). U ovom koraku se može dobiti broj putnika koje odgovarajući vazduhoplov može da preveze.

Troškovna efikasnost pokazuje ekonomsku pogodnost svakog vazduhoplova na određenoj liniji ili troškove po putovanju (*cost per trip*). Uz uvođenje pretpostavki koje se odnose na troškove goriva, troškove održavanja, godišnje stope osiguranja, godišnjih plata zaposlenih u aviokompaniji, izlaz iz ovog koraka je trošak po putovanju po vazduhoplovu na datoj mreži linija.

Ulaz za četvrti korak su informacije kao vreme opsluge za svaki vazduhoplov, vreme dopunjavanja goriva, frekvencija na svakoj ruti, i slično, dok je izlaz red letenja.

Peti korak kroz poređenje putnih troškova, prihoda, operativnih troškova, ukupnog broja putnika, itd. pokazuje koji vazduhoplov u većoj meri odgovara potrebama aviokompanije.

Za date mreže su prikazana moguća rešenja, tj. mogući izbori, uz sledeće pretpostavke:

- da se sve akcije u vezi sa održavanjem vazduhoplova obavljaju na baznom aerodromu,
- da u svako doba postoji bar jedan vazduhoplov koji se može upotrebiti ako dođe do nepredviđenih situacija,
- da se nakon svakog leta obavlja pregled vazduhoplova i
- da su opšta pravila na zemlji (koja se odnose na ukrcavanje putnika, dotakanje goriva, iskrcavanje putnika i tome slično) pretpostavljena.

Kao najbolji mogući izbor predloženo je rešenje koje daje najveći doprinos profitu.

Za aviokompaniju sa bazom u Džedi, to je 11 vazduhoplova tipa Embraer 145, dok je za aviokompaniju sa bazom u Medini najbolji izbor 5 vazduhoplova tipa Embraer 170.

Davis i Zakrzewski (2008) su predložile model zasnovan na empirijskim otkrićima do kojih se došlo pomoću istraživanja i intervjuisanja poslovodstva aviokompanija, kao i na osnovu postojeće literature. Ovaj model pokazuje šta je to što utiče na poslovodstvo prilikom donošenja odluke o zakupu ili kupovini aviona.

U radu se navode finansijski faktori koji utiču na donošenje odluka (porezi, amortizacija, postojeći ugovorni odnosi, rezidualni rizici, neto sadašnja vrednost i sl.), kao i drugi značajni faktori (izbor aviona, uslovi, raspoloživost, kompleksnost sporazuma o zakupu, trajanje pregovora, i tome slično). Takođe je dat pregled literature koja se odnosi na zakup i pregled teorija koje su relevantne pri izboru finansiranja.

Jasno je da odluka o zakupu, odnosno o kupovini vazduhoplova ima uticaj na finansijske rezultate, kapitalnu strukturu firme, rezidualnu vrednost rizika, fleksibilnost tokova novca u opticaju (*cash flow flexibility*) i operativnu fleksibilnost.

Primarni podaci za model su dobijeni kroz intervju koji su pomogli izradu studije, kao i razvoj samog modela. Studija je sadržala pitanja koja se odnose na prednosti i mane zakupa, odnosno kupovine vazduhoplova. Dobijeni podaci su zatim analizirani, a model je verifikovan kroz intervju sa poslovodstvom aviokompanija.

Predloženi model se sastoji iz tri dela:

1. činioci bitni za nabavku vazduhoplova,
2. finansijske opcije – zakup vs. kupovina i
3. ostala razmatranja.

Donošenje odluke o zakupu, odnosno kupovini vazduhoplova, u suštini predstavlja finansijsku odluku o tome kako platiti vazduhoplov kada se donese odluka o njegovoj nabavci. Sprovedena studija je pokazala da se najkritičnija odluka koju poslovodstvo treba da donese odnosi na izbor tipa aviona, jer ovaj izbor ima strateške i operativne posledice. Malim aviokompanijama je nekada potrebno više meseci da odluče koji tip aviona treba nabaviti, dok su velikim kompanijama nekada potrebne i godine. Neke

kompanije nabavljaju korišćene vazduhoplove iz razloga što odgovaraju njihovim potrebama, a više se takvi vazduhoplovi ne proizvode.

Takođe je pokazano da se manje kompanije obično odlučuju za kupovinu vazduhoplova ("zašto zakupiti kada možeš kupiti"). Ako aviokompanija nema dovoljno novca za kupovinu ili ima poteškoće pri dobijanju državnih zajmova za kupovinu vazduhoplova, tada je zakup opcija koja finansijski više odgovara.

Kilipi (2007) smatra da za jednu aviokompaniju izazov predstavlja određivanje strukture flote u smislu izbora uniformne flote ili flote koja se sastoji od više različitih tipova vazduhoplova. Uniformna flota za prevozioca znači niže troškove održavanja, radne snage (pilota) i obuke. Sa druge strane flota koja se sastoji od više različitih tipova vazduhoplova prevoziocu ostavlja mogućnost izbora vazduhoplova koji će u većoj meri odgovoriti na uslove tržišta i putničku potražnju. Termin struktura flote se odnosi na sličnosti i razlike između pojedinih vazduhoplova u posmatranoj floti. Posmatraju se trup vazduhoplova i pogonska grupa i to na tri različita nivoa. Prvi nivo je proizvođač, zatim familija vazduhoplova, i poslednji nivo je model vazduhoplova. Ako se posmatraju istorijski podaci za vodećih 50 aviokompanija može se primetiti da je 2005. godine ukupan broj vazduhoplova bio oko 9000, odnosno oko 180 po aviokompaniji, dok je 1970. godine bilo u proseku 60 aviona po aviokompaniji (ako se posmatra vodećih 50 prevozioca). Interesantno je da je prosečna svetska aviokompanija i 1970. i 2005. godine imala oko 21 vazduhoplov u svojoj floti (tokom ovog perioda se povećao broj aviokompanija).

Šezdesetih godina prošlog veka su svi postojeći vazduhoplovi bili uskotrupni, a postojala je konkurencija između velikog broja relativno malih proizvođača. Sedamdesetih godina se na tržištu pojavljuju širokotrupni, kao i turbomlazni avioni kapaciteta manjeg od 100 putničkih sedišta (*regional jet*). Osamdesetih godina se uvodi koncept familija vazduhoplova (Boeing 757, 767, 737 Classic, Airbus 320 Series). Od sredine devedesetih se na tržište (najčešće) uvode novi regionalni avioni.

Fleet standardization index – indeks standardizacije flote (IPF) su predstavili de Borges Pan i Espirito Santo (2004) kako bi se poredile strukture različitih flota. Ovaj indeks ne uzima u obzir veličinu, već samo strukturu flote, tako da je moguće porediti flote različitih veličina. Kilipi (2007) je ovaj indeks modifikovao, posmatrajući sličnost flote

kroz trup i pogonske grupe i to na tri nivoa (broj proizvođača vazduhoplova, broj familija istog proizvođača i broj vazduhoplova u familiji – za trup; broj proizvođača pogonskih grupa, broj tipova pogonskih grupa istog proizvođača i broj motora za tip – za pogonske grupe), za razliku od de Borges Pana i Espirito Santoa (2004) koji su koristili samo dva nivoa. Vrednost indeksa IFP se kreće u intervalu od 0 do 1. U slučaju kada je flota jednorodna njegova vrednost je jednaka 1.

Ovaj indeks je računat za 90 aviokompanija za svaku godinu za period 1976-2005. godine. Istraživanje je pokazalo da od 2000. godine većina vodećih aviokompanija ima indeks znatno manji od 0.1, dok je najmanju vrednost (0.04) imala Air France 2003. godine. Jasno je da niskotarifne aviokompanije zbog uniformne flote, imaju visok IFP. Analizom pomenutih podataka došlo se i do zaključka da prevozioci koji imaju uniformnu flotu u opštem slučaju imaju i bolje finansijske rezultate u odnosu na prevoziocima sa velikim brojem različitih tipova vazduhoplova.

De Borges Pan i Espirito Santo (2004) su postavili osnovu za uvođenje nove mere koja bi obuhvatala informacije o strukturi i veličini flote (*fleet scale* – obim flote). Uključivanjem veličine flote više nije moguće porediti flote različite veličine, ali je moguće porediti flote različitog stepena uniformnosti. Indeks obima flote nema gornju granicu dok je donja granica 1.2 u slučaju kada se flota sastoji od jednog dvomotornog aviona. Sa povećanjem veličine flote (povećanje broja vazduhoplova bilo kog tipa) povećava se i ovaj indeks. Sa povećanjem raznolikosti vazduhoplova i motora, obim flote se smanjuje.

Uniformnost flote vazduhoplovnih prevozlaca se stalno smanjuje, dok je srednji obim flote u stalnom porastu. Uslovi na tržištu su u vezi sa pomenutim indeksima, ali ta veza nije jaka. Tokom ekonomske recesije vazduhoplovni prevozioci starije vazduhoplove povlače iz saobraćaja, kako bi kapacitet prilagodili novonastaloj situaciji. Ovo povećava uniformnost flote samo ako se iz flote potpuno povuče jedan tip vazduhoplova, a smanjuje veličinu samo ako se smanji broj vazduhoplova. Indeks standardizacije flote omogućava aviokompaniji da se poredi sa konkurentima različite veličine po pitanju uniformnosti. Sa druge strane obim flote je pogodan za ocenu alternativnih promena unutar same aviokompanije.

Mason (2007) govori o flotama aviokompanija u budućnosti uzimajući u obzir različite potrebe poslovnih i neposlovnih putnika, osvrćući se na strategije prevoznika tokom ekonomskih ciklusa. Dva vodeća proizvođača vazduhoplova Boeing i Airbus imaju različite vizije budućnosti. Airbus je predstavio novi avion Airbus 380 koji ima najveći kapacitet (550 putničkih sedišta) jer smatraju da je zagušenje na velikim habovima moguće prevazići upravo prevozeći putnike avionima velikog kapaciteta. Sa druge strane Boeing predstavlja dugolinijski avion čiji je kapacitet dosta manji, Boeing 787 (210-290 putničkih sedišta), koji bi problem zagušenja aerodroma i porasta putničke potražnje rešio izbegavanjem habova, prevozeći putnike direktno ili sa manjim brojem međusletanja. U radu su dati odgovori na tri pitanja i to:

1. Da li su strategije Airbusa i Boeinga komplementarne ili su substituti?
2. Kako rast tržišta utiče na izbor aviona?
3. Za date uslove na tržištu koje se razvija (u porastu je) koja kombinacija vazduhoplova je najbolja ili bolja od drugih?

Oba proizvođača imaju sličnu prognozu porasta saobraćaja (Boeing 4.8%, Airbus 5.3% na godišnjem nivou). Zbog svog velikog kapaciteta A380 omogućava povećanje broja putnika između parova gradova na kojima saobraća, a gde postoje ograničenja po pitanju kapaciteta aerodroma. Ovaj vazduhoplov je namenjen prevoziocima koji žele da povećaju tokove između glavnih kontinentalnih habova. Sa druge strane, B787 je avion koji ima niže troškove po sedištu usled korišćenja novih tehnologija, materijala i motora. Ovaj vazduhoplov je namenjen prevoziocima koji žele da opslužuju "tanje" rute i koji će izbegavajući bar jedan kontinentalni hab privući poslovne putnike zainteresovane za rute sa manjim brojem presedanja. Moglo bi se reći da se borba aviokompanija sa zagušenjem aerodroma i povećanjem putničke potražnje obavlja kroz dve strategije, i to obavljanje saobraćaja kroz velike habove avionima velikog kapaciteta ili fokusiranjem na tanje rute koje donose veći prinos gde se saobraćaj obavlja manjim širokotrupnim avionima.

Odgovor na drugo pitanje koje se odnosi na izbor vazduhoplova u zavisnosti od ekonomske situacije, dat je uzimajući u obzir poslovne i neposlovne putnike i njihovo ponašanje tokom ekonomskih ciklusa. Neposlovni putnici su osetljiviji po pitanju cene u odnosu na poslovne putnike. Pojava niskotarifnih prevoznika je uticala na povećanje

broja neposlovnih putovanja. Tokom perioda kada je ekonomija stabilna, broj neposlovnih putovanja se povećava. Primećuje se da je u ovakvim periodima povećana i potražnja za vazduhoplovima tipa B737 i A320. Povećanje potražnje za neposlovna putovanja je ograničeno periodom kada putnici mogu da koriste svoj godišnji odmor, kao i brojem dana odmora. Tokom perioda recesije raspoloživi dohodak je manji, niže je poverenje potrošača, veća nesigurnost po pitanju zaposlenja i više se štedi, tako da opada i potražnja za neposlovnim putovanjima.

Za aviokompanije ekonomska kriza znači niže prihode i manju putničku potražnju, što može dovesti do otkazivanja porudžbina novih vazduhoplova. Takvu situaciju su iskoristile niskotarifne aviokompanije Ryanair i easyJet, koje su nakon terorističkih napada 11. septembra 2001. godine dobile veoma povoljne uslove od proizvođača vazduhoplova zbog velikih porudžbina novih aviona. Kada su u pitanju dugolinijski letovi, neposlovni putnici traže najpovoljniju cenu, čime utiču na smanjenje prinosa aviokompanija koje saobraćaju na posmatranim tržištima. Alijanse takođe podstiču smanjenje cene prevoza kako bi bile konkurentne na tržištu (vodeće alijanse imaju uslugu veoma sličnog kvaliteta, pa im je cena jedini parametar po kome mogu ostati konkurentni). Aviokompanije se za vreme ekonomske recesije moraju boriti za udeo na tržištu i sa drugim vidovima prevoza koji postaju konkurentni.

Poslovni putnici su zbog svojih obaveza u situaciji da često putuju, što aviokompanijama donosi korist. U vreme stabilne ekonomske situacije, poslovni putnici nisu osetljivi po pitanju cene putovanja. Posledica terorističkih napada 11. septembra 2001. godine jeste uvođenje dodatnih bezbednosnih mera na aerodromima što je dovelo do povećanja vremena putovanja. Iz tog razloga je došlo do podele poslovnih putnika u dve kategorije, i to oni koji i dalje koriste usluge vodećih aviokompanija, i oni koji koriste usluge *jet* službi koje im omogućavaju direktno putovanje i izbegavanje dugotrajnih kašnjenja zbog bezbednosnih procedura (putnici koji su najmanje osetljivi na cenu, a najviše na vreme putovanja). Procenat putovanja u biznis klasi se značajno smanjio u odnosu na devedesete godine prošlog veka. Ovaj procenat se smanjio i na dugima linijama, dok su na kratkim linijama poslovni putnici počeli da koriste usluge niskotarifnih prevoza. Razvoj i porast direktnih biznis linija (*business-only*) koje izbegavaju habove ima štetan uticaj na ekonomiju biznis klase na relacijama između habova. Aviokompanije se bore da zadrže udeo na tržištu poslovnih putovanja putnika

koji i dalje koriste biznis klasu, ali moraju obratiti pažnju i na veći deo tržišta poslovnih putovanja. Usled potrebe za smanjenjem putnih troškova, jedan deo poslovnih putnika leti u nižoj klasi ili čak koristi usluge niskotarifnih prevozlaca. Da bi ostale konkurentne na tržištu tradicionalne aviokompanije su dozvolile kombinovanje različitih tarifa kako bi izašle u susret poslovnim putnicima. Tako je moguće da poslovni putnik odlazeći na važan sastanak leti u biznis klasi kako bi bio odmoran i pripremljen za predstojeći sastanak, dok u povratku može leteti u ekonomskoj klasi, pri čemu tarifa za biznis klasu može biti nefleksibilna (sastanak je zakazan za određeno vreme i nema mogućnost odlaganja), a ekonomska tarifa fleksibilna (usled dužeg trajanja sastanka, moguće je dobiti mesto na kasnijem letu).

Kakve strategije imaju aviokompanije tokom ekonomskih ciklusa? U fazi ekonomskog rasta aviokompanije teže da imaju što veći udeo na tržištima parova gradova. Na tržištima koja se brzo šire treba investirati kako bi se obezbedila dominacija kada tržište bude zrelo, što bi za prevozioca značilo profit bez značajnije konkurencije. Na tržištima koja se sporije razvijaju, dominacija aviokompanije neće doneti profit kao u slučaju tržišta koja se brzo šire. U periodima ekonomske recesije aviokompanije sa većim udelom na tržištu definišu svoju politiku uz pretpostavku da prevozioci sa manjim udelom neće opstati u periodu negativnog rasta i da će se povući sa tržišta između posmatranih gradova. Pod ovakvim uslovima putnici koji imaju mogućnost da plate višu cenu se obično opredeljuju za prevozioca koji nude direktne rute i za manje prevozioca. Aviokompanije koje imaju avione velikog kapaciteta, tokom perioda recesije mogu izgubiti putnike osim ako ne snize cene prevoza. U nekim slučajevima čak ni snižavanje cena nije dovoljno da bi se popunio kapacitet i ostvario profit, te beleže gubitak.

Oum i ostali (2000) se fokusiraju na operativne efekte lizinga (zakupa vazduhoplova), a ne na finansijske. Velike lizing kompanije dobijaju vazduhoplove od proizvođača u kraćem vremenskom periodu i po povoljnijim cenama. Aviokompanije kojima je u kratkom vremenskom periodu potreban dodatni kapacitet, sa proizvođačima nemaju povoljne sporazume i morali bi da čekaju na isporuku. Od lizing kompanija mogu zakupiti vazduhoplove i prilagoditi svoj kapacitet potražnji.

Lizing je veoma koristan i pruža aviokompanijama fleksibilnost pri upravljanju kapacitetom kada je potražnja neizvesna i ciklična. Ako potražnja za uslugama u vazдушnom saobraćaju raste, aviokompanije će veoma brzo odgovoriti na potrebe tržišta po pitanju kapaciteta uzimajući vazduhoplove u zakup od lizing kompanija. Cena zakupa je veća ukoliko je potražnja veća. Sa druge strane, ako se potražnja smanjuje, lizing kompanije će biti u problemu jer će imati previše neiskorišćenog kapaciteta. Iz tog razloga one kompenzuju rizik kroz naplatu naknada za operativni lizing, a aviokompanije treba da donesu odluku šta im je u interesu: da li da imaju veću fleksibilnost po pitanju kapaciteta ili veće troškove.

Marginalno povećanje sopstvenog kapaciteta dovodi do umanjenja kapitalnih troškova. Sa druge strane, marginalno povećanje sopstvenog kapaciteta u slučaju male potražnje i kada se avioprevoznik ne može “osloboditi” sopstvenog kapaciteta, znači i povećanje očekivanih troškova suvišnog kapaciteta. Suštinski, optimalan sastav flote po pitanju sopstvenih i zakupljenih aviona predstavlja balans između ove dve vrste troškova.

U radu je razvijen model koji daje optimalan odnos između broja aviona koje kompanija poseduje i onih koji su zakupljeni. Na osnovu istorijskih podataka za 23 vodeće aviokompanije došlo se do zaključka da je optimalan udeo zakupljenih aviona u celokupnoj floti između 40 i 60%. Rezultati prezentovani u ovom radu mogu biti od značaja i za lizing kompanije jer na osnovu njih mogu uraditi prognozu potražnje za svoje potrebe (potreban broj vazduhoplova).

Hsu i ostali (2011) su predložili primenu dinamičkog programiranja pri donošenju odluke o tome koliko vazduhoplova treba kupiti, koliko iznajmiti, a koliko povući iz saobraćaja. Rezultati ovog istraživanja mogu biti korisni za aviokompanije pri donošenju odluke o zameni vazduhoplova, a dobijeni su na osnovu promene potražnje na tržištu i statusa vazduhoplova. Bitno je napomenuti da autori za polaznu osnovu uzimaju putničku potražnju, odnosno njenu prognozu, na osnovu koje za određene periode vremena proračunavaju potrebni kapacitet, tj. strukturu i veličinu flote. Pri velikim promenama u potražnji više se pribegava zakupu, nego kupovini, jer se na fleksibilan način može usaglasiti kapacitet sa potražnjom. Prednost zakupa jeste ušteda u troškovima amortizacije (ne plaćaju se, već se plaćaju samo troškovi zakupa). U slučaju kada su avioni stari, aviokompanijama je isplativije da kupe nove, nego da stare

avione zakupljuju. Kada su u pitanju kratkoročne promene u potražnji, lizing aviokompaniji odgovara više nego kupovina vazduhoplova. Troškovi održavanja, zavise od statusa aviona koji podrazumeva tip aviona, pređene milje i godine starosti. Avion se povlači iz upotrebe ili menja novijim kada su troškovi održavanja prekomerni. U radu je model ilustrovan na primeru EVA Airways aviokompanije i njenih 8 odabranih ruta, pri čemu se težilo da se na svakoj ruti saobraćaj obavlja samo jednim tipom aviona.

List i ostali (2003) su dali formulaciju i predložili proceduru za rešavanje problema veličine flote kada su buduća potražnja i operativni uslovi neizvesni. Potrebno je odrediti odgovarajući broj vozila (samo jedan tip vozila), kako bi potražnja bila zadovoljena na odgovarajućem nivou sa aspekta troškova. Prevoziocu nije u interesu da nabavi veliki broj vozila, koja neće biti iskorišćena pri čemu će imati velike troškove svojine, kao ni mali broj vozila jer bi se u tom slučaju pojavilo kašnjenje i odbijeni zahtevi za prevozom. Pojam flote u ovom radu se odnosi na transportna vozila za prevoz tereta, ali se prikazani koncept može primeniti na bilo koji vozni park ili flotu vazduhoplovnog prevozioca, uz odgovarajuću izmenu terminologije i manje modifikacije.

Model prikazan u radu se sastoji od dve funkcije cilja koje se odnose na ukupne troškove i kazne za kvalitet usluge, respektivno. Ukupni troškovi se sastoje od četiri vrste troškova i to: troškovi svojine vozila, troškovi naručivanja novih vozila (proširenje voznog parka), troškovi povlačenja iz upotrebe određenih vozila i operativni troškovi korišćenja vozila. Druga funkcija cilja obuhvata kazne za obavljen prevoza sa zakašnjenjem i neobavljen prevoz. Ograničenja se odnose na vremenski period u okviru kojeg treba da se obavi prevoz, prazan hod vozila (vožnja bez tereta), balans u svakom čvoru transportne mreže, ukupnu raspoloživost vozila i veličinu flote tokom vremena. Postavljeni problem je rešavan linearnim programiranjem.

3.3. Upotreba Regional Jet (RJ) vazduhoplova

Neki autori su istraživali uticaj malih mlaznih, tzv. *Regional Jet* (RJ) vazduhoplova na kapacitet vazduhoplova, kao i na povećanje frekvencija letenja, tj. uspostavljanje novih linija.

Dresner i ostali (2002) su analizirali korišćenje RJ aviona na dva haba aviokompanije Continental Airlines, kao i uticaj ovih vazduhoplova na kapacitet aviona na vazduhoplovnom tržištu. Istraživanje je inicirala činjenica da je broj polazaka koje su u Sjedinjenim Američkim Državama obavljali RJ u vlasništvu velikih kompanija i njihovih pridruženih kompanija tokom meseca, za samo 3.5 godina uvećan za više od 700% (sa oko 12 hiljada polazaka u maju 1997. godine, na 94 hiljade u oktobru 2000. godine). Za isti period, mesečni broj polazaka velikih mlaznih aviona je uvećan za samo 9%. Povećanje broja polazaka RJ aviona je bilo interesantno za razmatranje i od strane aerodroma i od strane aviokompanija. Pitanja na koja je trebalo dati odgovor su se odnosila na način na koji se koriste RJ avioni (da li se koriste kao zamena za turbo-prop ili velike mlazne avione, ili se koriste za saobraćaj na novim linijama). Jasno je da se zagušenje na aerodromima može smanjiti ili povećati u zavisnosti od načina na koji se koriste RJ. Zagušenje se smanjuje ako RJ menjaju male avione, a povećava u slučaju kada RJ menjaju velike ili lete na novim rutama.

Na primeru aviokompanije Continental Airlines i njenih pridruženih kompanija za saobraćaj koji se obavlja sa habova Klivlend i Hjuston, autori su pokazali da na dužim linijama lete isključivo RJ (prosečna dužina linije 568 milja, odnosno 1051.9 km), dok su na kraćim linijama (prosečna dužina linije 226 milja, odnosno 418.5 km) isključivo turbo-prop avioni. Takođe je pokazano da se RJ koriste i kao dopuna saobraćaju koji obavljaju turbo-prop avioni (na nekim linijama). Međutim, RJ avioni se u najvećem procentu koriste na novim rutama.

Autori su u radu istraživali i uticaj RJ na kapacitet. Pošli su od modela potražnje prema kome putnička potražnja zavisi od cene, kvaliteta usluge i demografskih karakteristika na početnoj i krajnjoj tački linije. Kako cena nije bila dostupna za sve aviokompanije (pridružene kompanije), to je cena posmatrana kao funkcija rastojanja (u troškovnom smislu), broja aviokompanija koje nude uslugu na datoj liniji i istorijskih podataka

tokom posmatranog perioda (izuzimajući baznu godinu). Za slučaj aviokompanije Continental Airlines i njenih pridruženih kompanija utvrđeno je da je kapacitet veći za 46-49% na tržištu na kome saobraćaju RJ avioni u odnosu na tržište na kome su turbo-prop. Navedene činjenice ukazuju na to da veći kapacitet zajedno sa saobraćajem koji obavljaju RJ avioni doprinosi zagušenju u čvorištima, jer aviokompanije koriste RJ avione kako bi otvorili dodatne rute ka njima (dodatne *spoke* linije).

Savage i Scott (2004) su takođe istraživali korišćenje RJ u svrhu dodavanja novih (*spoke*) linija, odnosno veza ka hubovima. Na primeru aviokompanije Delta Airlines i pridružene joj kompanije Comair je razvijen model kojim su autori pokušali da objasne 36 novih veza ka pomenutim čvorištima. Model je razvijen na osnovu podataka o saobraćaju sa hubova Sinsinati i Kentaki u periodu 1996-2001. godine. Zatim su parametri modela korišćeni za validaciju i to na primeru druge pridružene kompanije Atlantic Southeast Airlines. Razvijeni model nije mogao u potpunosti da objasni neke nove linije na aerodromu u Atlanti. Obavljanje saobraćaja RJ avionima je povezano sa razvojem postojećih čvorišta, i to dodavanje novih linija ka već razvijenom čvorištu (slučaj Atlanta) ili razvijanje čvorišta (Sinsinati).

3.4. Ostali radovi i prognoze tržišta

Neki radovi na indirektan način pomažu rešavanju problema planiranja razvoja flote vazduhoplovnog prevozioca. U njima su prikazani modeli za dinamičko raspoređivanje vazduhoplova, uticaj mreže linija na frekvenciju letenja, cene prevoza i blagostanje, istorijski razvoj mreže linija, pojedine karakteristike vazduhoplova i slično.

Berge i Hoppersted (1993) su razvili *Demand Driven Dispatch* (D^3) metod za dinamičko raspoređivanje kapaciteta vazduhoplova. Kako je putnička potražnja stohastičke prirode, jedan od osnovnih problema aviokompanije jeste izbor vazduhoplova i njihovo raspoređivanje na letove. Da bi se raspoloživi kapaciteti na što bolji način prilagodili putničkoj potražnji predlaže se dinamičko raspoređivanje vazduhoplova na letove (dnevno ili na 7 dana, a ne kako je uobičajeno, tj. nekoliko meseci). Efikasnost metoda D^3 se određuje poređenjem profita u slučaju kada se

primenjuje D^3 u odnosu na profit bez njegove primene. Rezultati istraživanja su pokazali da je dinamičkim raspoređivanjem vazduhoplova moguće ostvariti povećanje koeficijenta punjenja i prihoda, a istovremeno i smanjenje troškova koje dovodi do 1-5% neto uvećanja operativnog profita.

Feldman (2002) navodi da D^3 dozvoljava promenu vazduhoplova neposredno pre leta kako bi se usaglasili kapacitet i stvarna potražnja, a ne kapacitet i potražnja prognozirana u trenutku projektovanja reda letenja, ali da ga aviokompanije ne koriste (problem remećenja plana posada). Neki prevozioci ovaj metod koriste samo na pojedinim rutama, iako upotreba ovog metoda dovodi do smanjenja troškova. U radu se, takođe, navodi da je dinamičko raspoređivanje kapaciteta zastupljeno i u kargo transportu.

Brueckner i Zhang (2001) su razvili model za planiranje mreža linija vazduhoplovnog prevozioca, pri čemu su istraživali kako izbor mreže linija (*hub and spoke* ili *fully-connected*) utiču na frekvenciju letenja, cene prevoza i blagostanje. Osnovna razlika između pomenutih vrsta mreža jeste to što pri istoj frekvenciji, svaki let u *hub and spoke* mreži ima više putnika nego letovi u mreži koja je potpuno povezana (*fully-connected*). To je posledica činjenice da u potpuno povezanoj mreži lete samo lokalni putnici, dok se u *hub and spoke* mreži pored lokalnih putnika pojavljuju i putnici koji preko haba nastavljaju svoje putovanje ka krajnjem odredištu. Sprovedena analiza je pokazala da je frekvencija letenja veća ako je formirana *hub and spoke* mreža, nego u slučaju potpuno povezane mreže. Uprkos nižim troškovima po putniku u *hub and spoke* mreži, veća frekvencija letenja omogućava aviokompaniji da formira veće cene za lokalne putnike.

Teodorović, Kalić i Pavković (1993) su se u svom radu bavili projektovanjem mreže linija vazduhoplovnog prevozioca, kao i problemom određivanja frekvencija letenja na definisanoj mreži linija. Mreža linija je definisana primenom fazi logike tako što je za svaku potencijalnu rutu računat indeks preferencije na osnovu koeficijenta dužine i broja međusletanja. Koeficijent dužine je računat kao odnos rastojanja između dva grada u slučaju kada se let obavlja direktno i sa jednim ili više međusletanja. Za izabrane rute se nakon toga određuju frekvencije letenja za koje se minimiziraju troškovi prevozioca primenom fazi linearnog programiranja. Problemom određivanja

frekvencija letenja na granama za koje se minimiziraju troškovi bavili su se i Carter i Morlok (1975). Oni su problem rešavali primenom linearnog programiranja.

Swan (2002) daje pregled istorije razvoja vazdušnih ruta. Pregled je dat od 1985. godine, pošto od te godine u saobraćaj nisu uvođeni avioni čiji je kapacitet veći od postojećih. Razvoj ruta pokazuje da postoji stalni porast frekvencija, dodavanje novih linija i novih aerodroma u postojeću mrežu linija. Uprkos ovoj činjenici, zabeležene su veoma male promene strukture flote u odnosu na kapacitet aviona koji se koriste. Šta više, saobraćaj je uvećan tri puta, a prosečan kapacitet celokupne flote u upotrebi je smanjen, suprotno očekivanjima. Ovaj trend blagog opadanja prosečnog kapaciteta nije karakterističan za pojedina područja, već za čitav svet. Zaključak je da je porast saobraćaja apsorbovan povećanjem frekvencije, uvođenjem novih linija i novih aerodroma, ali ne i uvođenjem vazduhoplova većeg kapaciteta. Autor navodi pet osnovnih razloga povećanja frekvencije pri razvoju vazduhoplovnih ruta:

1. deregulacija je omogućila slobodnu konkurenciju na tržištu, tako da su neke kompanije radije otvarale nove linije, umesto da se takmiče sa konkurentskim aviokompanijama na postojećim linijama; one veće kompanije su prihvatale konkurenciju i povećavale frekvenciju na svojim postojećim linijama, tako da je konačan rezultat povećanje frekvencija i povećanje broja ruta, uz blagi pad srednjeg kapaciteta aviona;
2. ekonomija obima – prelaskom sa aviona čiji je kapaciteta 100, na avion kapaciteta 150 putničkih sedišta smanjuju se troškovi po sedištu za oko 17%, dok se prelaskom sa aviona kapaciteta 400 na avion kapaciteta 450 sedišta troškovi po sedištu smanjuju za samo 3%;
3. otvaranje novih tržišta takođe smanjuje troškove, pri čemu se veličina aviona ne povećava; vazduhoplovne kompanije ostvaruju uštedu tako što lete bez međusletanja;
4. u skladu sa prethodnom tačkom kompanije prelaze sa mreža koje su tipa pripadajućeg drveta na veoma povezane mreže;
5. povećanje bogatstva dovodi do povećanja saobraćaja, i čini se da bi veličina aviona trebalo da se povećava; međutim, povećanje bogatstva povećava cenu vremena putnika, tako da se veličina aviona može smanjiti.

Swan i Adler (2006) su operativne troškove vezane za vazduhoplov razvrstali u različite kategorije i posmatrali ih kao funkciju rastojanja i kapaciteta vazduhoplova. Autori su predložili inženjerski pristup prema kome su generisani troškovi za različita rastojanja za familije uporedivih vazduhoplova. Podaci obuhvataju troškove koji se odnose na kapacitet i rastojanja. Cilj je razumevanje veze između prosečnih troškova i prosečnog rastojanja, odnosno prosečnog kapaciteta aviona. U radu su komentarisani troškovi leta razvrstani po kategorijama (troškovi posade, kabinskog osoblja, goriva, održavanja strukture, održavanja motora i troškovi vlasništva vazduhoplova). Ovi podaci su prikupljeni u periodu 1996-2001. godine od 41 aviokompanije (Ministarstvo za saobraćaj Sjedinjenih Američkih Država – US DOT).

Pokazano je da su za posebni tip aviona troškovi puta linearno povezani sa rastojanjem i to za rastojanja od 1000 do približno 5000 km (maksimalna mogućnost vazduhoplova), kao i za duge linije (do 10000 km).

Za tipove vazduhoplova koji su korišćeni pri istraživanju došlo se do zaključka da su troškovi linearno povezani i sa kapacitetom vazduhoplova, za šta autori nemaju jasno objašnjenje.

Barrittela i ostali (2007) su u svom radu predložili tehnološke indikatore pomoću kojih bi se mogli odrediti uslovi pod kojima se proizvođači aviona udružuju u alijanse. Interesantno zapažanje jeste trend smanjenja brzine krstarenja tokom vremena i to za sve kategorije vazduhoplova (uskotrupni kratkolinijski, širokotrupni srednjelinijski i širokotrupni dugolinijski) u periodu od 1974. do 2004. godine. Do povećanja brzine aviona je došlo zbog pojave mlaznih motora, ali već od osamdesetih godina parametar brzina postaje sekundarni parametar kada su u pitanju porudžbine aviona. Za kompaniju je od većeg značaja ušteda u gorivu i smanjenje direktnih operativnih troškova.

Flouris (2008) je razvio model i identifikovao faktore koji se mogu koristiti za ocenu performansi vazduhoplova. Vazduhoplovi se mogu porediti po svojim statičkim karakteristikama (plaćeni teret dolet, razmah krila, ukupna masa, motor, proizvođač i slično). Ovi parametri su poznati i često se koriste, dok su dinamički parametri manje razumljivi. Autor objašnjava uticaj performansi vazduhoplova na izbor vazduhoplova sa aspekta dugih i kratkih linija, dužine poletno-sletne staze, i slično. U radu su date i odgovarajuće mere za performanse u poletanju, efikasnost, brzinu krstarenja, snagu i

aerodinamiku. Na osnovu analize došlo se do zaključka da na faktor performanse u poletanju snaga ima veći uticaj nego aerodinamika. Kada je reč o efikasnosti koja se odnosi na potrošnju goriva, snaga ima manji uticaj nego aerodinamika. Za brzinu je aerodinamika od većeg značaja nego snaga.

Hoff i ostali (2010) smatraju da jaka konkurencija između transportnih preduzeća za posledicu ima veliku potražnju za sistemom koji je efikasan, ima korisničke servise, pravovremen, reaktivan i sa smanjenim troškovima. U radu se bave primerima iz drumskog i vodnog saobraćaja. Oni navode da je heterogena flota (u drumskom i vodnom saobraćaju) u opštem slučaju fleksibilnija i efektivnija po pitanju troškova (*cost-effective*) zbog varijacija u potražnji (lakše se prilagoditi varijacijama ako u floti postoje različiti tipovi prevoznih sredstava). Pitanje koje se postavlja je da li navedena činjenica važi i u slučaju flote vazduhoplovnog prevozioca? Ono što je zajedničko za sve vidove transporta jesu vrste problema sa kojima se susreću vlasnici i menadžeri, tj. problemi strukture, promene veličine i raspoređivanja flote, koji se pojavljuju na svim nivoima odlučivanja.

U stvarnom životu različite situacije zahtevaju strateško ili taktičko prilagođavanje kapaciteta. Primer su menadžeri ili akvizicija kada može doći do smanjivanja veličine flote. Prilagođavanje kapaciteta podrazumeva izbor vozila koja treba zadržati, koja prodati, a koja dati u zakup drugim preduzećima. Čak i pri strateškom “podešavanju” odluke se mogu odnositi na raspoređivanje vozila na zadatke, tj. pronalaženje odgovora na pitanje koju vrstu saobraćaja (operacija) treba da obavlja svako vozilo.

Autori napominju da između strukture flote i rutinga postoji jaka povezanost, te da ako se rutinng zanemari, odluka o strukturi flote bi mogla biti doneta na osnovu pojednostavljenog viđenja transportne potražnje. Odluke koje se odnose na rutinng su veoma zavisne od raspoložive flote, pa se integracija rutinga u donošenje odluka o strukturi flote smatra opravdanom.

Givoni i Rietveld (2010) ukazuju na uticaj veličine aviona na životnu sredinu. Napominje da je frekvencija veoma važna radi očuvanja pozicije avioprevozioca na tržištu i da prevozioci radije povećavaju frekvenciju nego veličinu (kapacitet) vazduhoplova. Ovo je posebno izraženo na kratkim linijama. Kako bi analizirali uticaj veličine aviona na životnu sredinu, vazduhoplove dele u dve kategorije, i to male

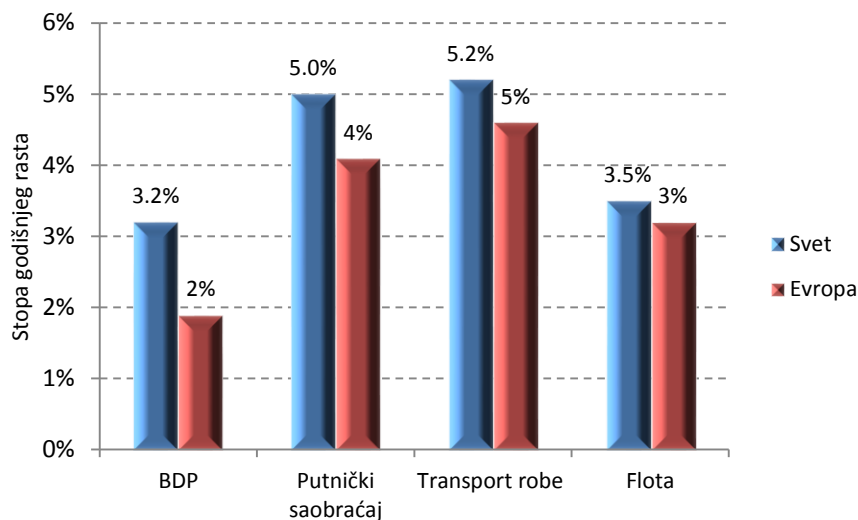
uskotrupne čiji je tipičan predstavnik Airbus A320-200, i velike širokotrupne čiji je predstavnik Boeing 747-400. Ova dva vazduhoplova su izabrana jer su među avionima koji se najviše eksploatišu. U radu je razmatrano lokalno zagađenje vazduha, uticaj na klimatske promene i buka na kratkim linijama na kojima je gustina saobraćaja velika (na dugim linijama prevozioci koriste širokotrupne avione, dok na kratkim linijama sa malom gustinom saobraćaja nije ekonomski opravdana upotreba širokotrupnih aviona). Na osnovu studije slučaja je zaključeno da prelazak sa manjih na veće avione na pomenutim linijama za posledicu ima povećanje lokalnog zagađenja vazduha, ali manji uticaj na klimatske promene, kao i manje zagađenje bukom. Povećavanje veličine aviona i smanjenje frekvencije letenja imaju i dodatne pozitivne uticaje, i to smanjenje operacije koje može dovesti do smanjenja kašnjenja na zemlji i u vazduhu, što bi dalje uticalo na smanjenje vremena letenja, odnosno lokalnog zagađenja vazduha i klimatskih promena. Još jedan pozitivan efekat smanjenja operacija je taj da aerodromi ne bi bili zagušeni, tako da ne bi bilo potrebe za izgradnjom novih poletno-sletnih staza.

Povećanje veličine vazduhoplova, sa druge strane, utiče na kvalitet usluge, tako da na kratkim linijama velike gustine neki drugi vid prevoza može biti konkurentniji. Treba usaglasiti dva konfliktna zahteva: povećanje frekvencije zbog manjeg lokalnog zagađenja vazduha, i smanjenje frekvencije a povećanje veličine vazduhoplova radi smanjenja globalnog zagađenja (klimatske promene i buka), kao i bolje iskorišćavanje oskudnih aerodromskih kapaciteta.

Bielli i ostali (2011) ukazuju na probleme upravljanja flotom (*fleet management*) u različitim vidovima transporta i daju pregled razvoja matematičkih modela i kompjuterskih algoritama. Razmatran je taktički i operativni nivo upravljanja flotom, odnosno problemi rutinga i planiranja postojeće flote. U radu se navodi da se klasični problem upravljanja flotom odnosi na razvoj rutinga i redova vožnje transportnih sredstava sa ciljem troškovne efikasnosti i zadovoljstva potrošača. Dinamičko upravljanje flotom istražuje informacije koje obezbeđuju komunikacione tehnologije (mobilni uređaji i sateliti) kako bi se poboljšalo iskorišćenje transportnih sredstava u realnom vremenu. U radu je zatim dat pregled radova iz oblasti rutinga i planiranja, dinamičkog upravljanja flotom, *city* logistike, transportnog sistema nazovi vožnju, vazdušnog, vodnog (uključujući i morski i rečni), železničkog i intermodalnog

transporta. Iz oblasti vazdušnog saobraćaja dat je pregled radova koji se odnose na planiranje i raspoređivanje flote i posada, kao i na ruting probleme.

Vazduhoplovno tržište je podložno različitim uticajima. Na njega izuzetno utiče ekonomski rast koji se najčešće izražava kroz bruto domaći proizvod (BDP) koji direktno utiče na potražnju u vazdušnom saobraćaju, cena sirove nafte koja indirektno utiče na potražnju u vazdušnom saobraćaju, razvoj i otvaranje novih tržišta, ekonomske krize, nepredviđene (krizne) situacije (kao na primer erupcije vulkana ili teroristički napadi) i tome slično. U cilju što boljeg planiranja i razvoja svojih proizvoda (vazduhoplova koji će odgovarati potrebama vazduhoplovnih prevozlaca), kao i planiranja poslovne strategije, proizvođači vazduhoplova objavljuju prognoze vazduhoplovnog tržišta. Ove prognoze se odnose na putničku potražnju u vazdušnom saobraćaju i potreban broj vazduhoplova za njeno zadovoljavanje. Proizvođači obično daju globalnu prognozu rasta putničkog i kargo saobraćaja, ali i prognoze po regionima. Takođe se mogu pronaći podaci o potrebnom broju vazduhoplova različitog kapaciteta na globalnom nivou i po regionima.



Slika 2. Stope godišnjeg rasta za BDP, putnički saobraćaj, transport robe i veličinu flote u periodu 2011-2031. godine za svet i Evropu (Boeing)

Boeing u svom dokumentu *Current Market Outlook (2012-2031)* navodi godišnje stope rasta na svetskom i evropskom nivou za period 2011-2031. godine. Kao osnovni

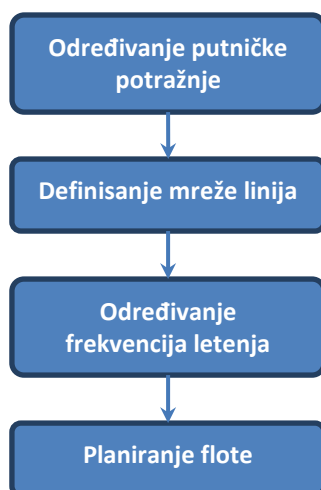
pokazatelj svetske ekonomije dat je BDP koji će u navedenom periodu imati porast od 3.2% na svetskom nivou, dok će u Evropi taj porast biti niži – 1.9%. Porast putničkog saobraćaja i transporta robe, kao i povećanje flote na svetskom nivou ima veću stopu rasta u odnosu na evropsko tržište (Slika 2). Razlog je pojava novih tržišta (prvenstveno se misli na Aziju i Pacifičku regiju) koja se ubrzano razvijaju, dok se evropsko tržište smatra zrelim tržištem, te je njegov rast sporiji. Treba napomenuti da i ostali proizvođači (Airbus, Bombardier) imaju veoma slične prognoze promena globalnih saobraćajno-ekonomskih pokazatelja. Detaljniji prikaz prognoza vodećih proizvođača vazduhoplova dat je u Prilogu 2.

Na osnovu datog pregleda relevantne literature može se uočiti da se problem strukture flote i problem veličine flote razmatraju odvojeno, kao zasebni problemi. U ovoj disertaciji se predlaže integrisani model koji će planerima u aviokompaniji omogućiti razmatranje navedenih problema zajedno, što će biti jedan od naučnih doprinosa disertacije.

4. Određivanje putničke potražnje

Osnovni zadatak vazduhoplovnog prevozioca jeste da što je moguće bolje usaglasi svoju ponudu sa putničkom potražnjom, odnosno da ostvari profit i zadovolji očekivanja putnika. Kako bi vazduhoplovni prevozilac bio u mogućnosti da ispuni ovaj zadatak treba da što bolje odredi potreban kapacitet za odgovarajuće tržište i potražnju, uz što manje troškove. Stoga je neophodno da se analizira putnička potražnja u prošlosti, kao i faktori koji su na nju uticali, kako bi bilo moguće napraviti adekvatnu prognozu. Dobra prognoza za vazduhoplovnog prevozioca znači i veliku verovatnoću uspešnog poslovanja, jer se na osnovu prognoze putničke potražnje donose odluke koje su u vezi sa projektovanjem i razvojem mreže linija, određivanjem frekvencija letenja, projektovanjem reda letenja, razvojem i veličinom flote, kao i odluke koje se odnose na politiku cena.

Pri planiranju razvoja flote vazduhoplovnog prevozioca, za polaznu osnovu treba uzeti putničku potražnju. Na osnovu podataka iz prošlosti i sadašnjosti treba odrediti buduću potražnju za prevozom. Za procenjenu potražnju treba projektovati mrežu linija i odrediti frekvencije letenja na linijama, kako bi se na osnovu tih podataka moglo pristupiti planiranju flote (Slika 3).



Slika 3. Šema planiranja razvoja flote vazduhoplovnog prevozioca

Kako bi vazduhoplovni prevoznik mogao da ponudi odgovarajući proizvod na tržištu treba da poznaje putničku potražnju. Određivanje i prognoza putničke potražnje predstavljaju prvi korak u procesu planiranja razvoja flote vazduhoplovnog prevoznika.

Putnička potražnja se definiše kao broj putnika koji su zainteresovani i spremni da u određenim uslovima na tržištu u datom vremenskom periodu plate uslugu prevoza u vazdušnom saobraćaju. U vazduhoplovnoj industriji potražnja se ocenjuje kroz broj putnika, ostvarene putničke kilometre ili kroz ostvarene tonske kilometre. Za proizvođače vazduhoplova, potražnju predstavlja broj prodatih vazduhoplova.

Kada se govori o potražnji u vazdušnom saobraćaju Holloway (2008) smatra da je potražnja u vazdušnom saobraćaju:

- posledica zadovoljavanja neke druge potrebe putnika (poslovni sastanak, poseta prijateljima i rođacima, odmor, turističko putovanje);
- pod uticajem ponude – ponuda se može koristiti kao alat za povećanje potražnje, pri čemu se pod ponudom podrazumeva i kvalitet pružene usluge u pogledu frekvencije, vremena poletanja i sletanja, raspoloživih mesta, ruta (non-stop, let sa jednim ili više međusletanja ili povezani (*connecting*) let) i tačnosti u izvršavanju reda letenja (*on-time performance*); poboljšana ponuda (definisana na navedeni način) može stimulisati potražnju; potražnju mogu stimulisati i promotivne tarife, različiti programi lojalnosti kao i uvođenje novih atraktivnih destinacija;
- promenljiva tokom vremena – uočavaju se promene koje mogu biti ciklične (prate promene ekonomske aktivnosti), sezonalne (postojanje vršnih perioda koji mogu biti sezonski, nedeljni, dnevni) i nepravilne (odnose se na situacije koje se teško mogu predvideti, kao npr. prirodne katastrofe, teroristički napadi i tome slično) i
- jednosmerna – iako su putovanja u vazdušnom saobraćaju obično povratna, postoji razlika u tokovima putnika (tok A-B se razlikuje u odnosu na tok B-A – *directionality*); ova razlika može biti posledica stvaranja vršnih perioda u različito vreme (neravnoteža je kratkoročna), ekonomskih okolnosti (jačanje i slabljenje valuta) ili specifičnosti samog tržišta za posmatrani par gradova.

Pri modeliranju putničke potražnje, faktori koji utiču na potražnju se dele u dve grupe (Holloway, 2008):

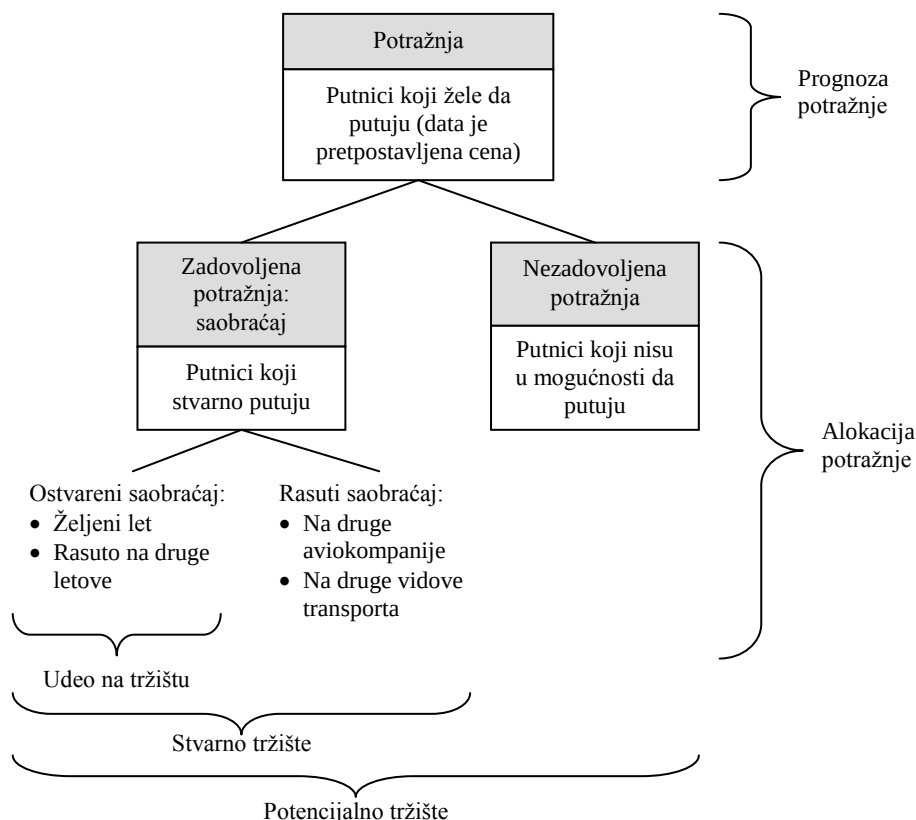
1. Socio-ekonomski faktori:

- a. faktori aktivnosti koji opisuju demografske, komercijalne, privredne i kulturne karakteristike opslužnih područja u kojima potencijalni putnici započinju, odnosno završavaju putovanje, pri čemu su najčešće korišćene promenljive u modelima one koje se odnose na novčane prihode (lični dohodak, BDP, a koji se mogu izražavati po domaćinstvu ili po stanovniku) i veličina populacije;
- b. faktori lokacije prema kojima je rastojanje između dva grada ključni faktor;

2. Faktori koji se odnose na uslugu iz perspektive putnika, tj. kvalitet proizvoda i cena koju putnik treba da plati:

- a. kvalitet proizvoda – najčešće se u modelima koriste sledeće promenljive:
 - frekvencija – veća frekvencija letova znači veći kvalitet usluge; veći broj letova u ponudi u toku dana, znači manju razliku između željenog i stvarnog vremena poletanja;
 - koeficijent punjenja aviona – veći koeficijent punjenja aviona ukazuje na manju verovatnoću nalaženja raspoloživog mesta u avionu;
 - veličina aviona i tehnologija – veći avioni imaju uglavnom bolji komfor u putničkoj kabini, turbo-ventilatorski motori su tiši u odnosu sa turboelisne motore, te putnici više vole da lete vazduhoplovima sa turbo-ventilatorskom pogonskom grupom;
- b. cena usluge prevoza je obrnuto srazmerna putničkoj potražnji.

Prognoza putničke potražnje se u aviokompanijama obično obavlja kroz dvofazni proces koji obuhvata i alokaciju (Slika 4).



Slika 4. Prognoza i alokacija potražnje
Izvor: *Straight and Level: Practical Airline Economics* (Holloway, 2008)

Prognoza putničke potražnje predstavlja predikciju broja putnika koji žele da putuju pri pretpostavljenim uslovima na tržištu. Kada se govori o alokaciji putničke potražnje, jasno je da ne mogu svi potencijalni putnici obaviti putovanje na način na koji su to želeli. Jedan deo putnika će oputovati, dok jedan deo, iz nekog razloga neće obaviti željeno putovanje. Deo putnika koji će obaviti putovanje predstavlja zadovoljenu potražnju, odnosno saobraćaj. Saobraćaj se deli na ostvoreni, koji obuhvata putnike koji su uspeli da kupe kartu na željenom ili na nekom drugom letu aviokompanije, i rasuti saobraćaj koji podrazumeva putnike koji su oputovali nekom drugom aviokompanijom ili drugim vidom prevoza. Ostvoreni saobraćaj predstavlja udeo posmatrane aviokompanije na tržištu. Tržište koje opslužuje posmatrana aviokompanija zajedno sa rasutim saobraćajem čini stvarno tržište. Ako se stvarnom tržištu doda deo tržišta kome odgovara broj putnika koji nisu obavili željeno putovanje, dobija se potencijalno tržište.

Procena ukupne i rasute potražnje je naročito važna za planiranje i raspoređivanje flote vazduhoplovnog prevozioca. Visok prosečan koeficijent punjenja na pojedinim

letovima ukazuje na to da ponuda ne odgovara potražnji, tako da će doći do odbijanja putnika i rasipanja potražnje. U ovom slučaju treba odlučiti šta donosi profit: nabavka novog većeg aviona, preraspoređivanje nekog drugog većeg aviona iz postojeće flote, ili povećanje frekvencije.

Obim saobraćaja na ruti između dva grada (*city-pair market*) zavisi od potražnje, obima i prirode proizvoda koji aviokompanija nudi, kao i od obima i prirode proizvoda konkurenta. Pod obimom i prirodom proizvoda se podrazumeva veličina vazduhoplova koji se koriste, red letenja, ponuđene rute (non-stop let, direktan ili konektujući let), cena, brend, usluga na letu, programi lojalnosti i pouzdanost. Udeo aviokompanije na tržištu zavisi od ruta, reda letenja i odluka u vezi sa planiranjem flote, a rezultat se između ostalog ogleda u postignutom koeficijentu punjenja.

Kada se govori o alokaciji potražnje, treba napomenuti i to da:

- obim i kvalitet ponude imaju uticaja na potražnju u vazdušnom saobraćaju (pouzdana kratka linija u ponudi neke aviokompanije može stimulisati poslovne putnike da putuju avionom), te odluke u vezi sa alokacijom potražnje mogu biti u povratnoj sprezi sa samom potražnjom;
- potražnja koja je rasuta sa nekog od letova aviokompanije može biti u potpunosti izgubljena zbog odluke putnika da ne putuju, može biti preuzeta od strane konkurenta, ili preraspoređena na druge letove iste aviokompanije;
- alokacija potražnje i planiranje flote su usko povezani; tržište određeno parom gradova na kome postoji potražnja se obično opslužuje na više načina (postoje različite rute, direktne, indirektne); način na koji će aviokompanija na svojoj mreži izvršiti alokaciju potražnje utiče na proces optimizacije flote;
- ako na nekoj teritoriji postoji više aerodroma, potražnja ka nekoj destinaciji se može alocirati preko različitih aerodroma (zbog blizine se koristi odgovarajući aerodrom, ali uz odgovarajući podsticaj može se uticati na drugačiju alokaciju).

Prognoza ukupne potražnje na globalnom, međuregionalnom ili regionalnom nivou je važna, ali je za aviokompaniju od najvećeg značaja prognoza potražnje između određenih parova gradova. Potražnja na ruti između dva grada se može veoma razlikovati od potražnje između tih gradova. Tako na primer potražnja između dva haba

ne zavisi samo od potražnje za putovanjem između njih. Na ovu potražnju utiče kako potražnja za putovanjima do polaznog, tako i potražnja od odredišnog haba ka ostalim destinacijama.

U Tabeli 1 je dat pregled faktora koji utiču na nivo putničke potražnje na svim tržištima i na ruti (Doganis, 1991). Faktori koji utiču na nivo putničke potražnje na svim tržištima su nivo ličnog dohotka, uslovi ponude (tarife, vreme i udobnost putovanja), ekonomska aktivnost, broj stanovnika i stopa rasta i društveno okruženje (trajanje godišnjih odmora i stav po pitanju putovanja). Druga grupa faktora se odnosi na potražnju na ruti. To su faktori kojima se može objasniti na primer, porast saobraćaja na jednoj ruti, a da to nema nikakve veze sa drugim rutama. U ovu grupu spadaju nivo turističke privlačnosti, devizni kurs, restrikcije, istorijske i kulturne veze i tokovi migracija radne snage.

Tabela 1. Faktori koji utiču na nivo putničke potražnje

Potražnja na svim tržištima	Potražnja na određenoj ruti (liniji)
	Nivo turističke privlačnosti
Nivo ličnog dohotka	• priroda, klima, zabava, istorija, religija • odgovarajuća turistička infrastruktura • komparativne cene
Uslovi ponude	
• tarife • vreme putovanja • udobnost putovanja	Kolebanja deviznog kursa
Nivo ekonomske aktivnosti/trgovine	Restrikcije po pitanju putovanja
Populacija (broj stanovnika) i stopa rasta	Istorijske i kulturne veze
Društveno okruženje	
• dužina godišnjih odmora • stav po pitanju putovanja	Tokovi migracije radne snage

Izvor: *Flying Off Course: The Economic of International Airlines* (Doganis, 1991)

Nivo turističke privlačnosti se odnosi na destinacije na koje se putuje radi odmora (npr. letovanja). Za ove destinacije je potrebno da imaju različite sadržaje (priroda, zabava, istorija, religija), da su im infrastruktura i cene odgovarajuće. Promene cena hotelskog smeštaja u turističkim centrima mogu ubrzati ili usporiti povećanje saobraćaja na pojedinim rutama. Devizni kurs takođe može uticati na potražnju na pojedinoj ruti, tako da pad vrednosti američkog dolara može uticati na povećanje broja turističkih putovanja

iz Evrope ka Sjedinjenim Američkim Državama. Restrikcije po pitanju putovanja (npr. vizni režim za određene zemlje) mogu biti otežavajući faktor (Kalić, 2012). Istorijske i kulturne veze podrazumevaju migracije stanovništva koje utiču na potražnju na pojedinim rutama (jake su veze između Francuske sa jedne strane i Alžira, Tunisa i Maroka, sa druge strane). Veza između Nemačke i Srbije ili Nemačke i Turske je primer tokova migracije radne snage koja takođe utiče na potražnju na pojedinim rutama.

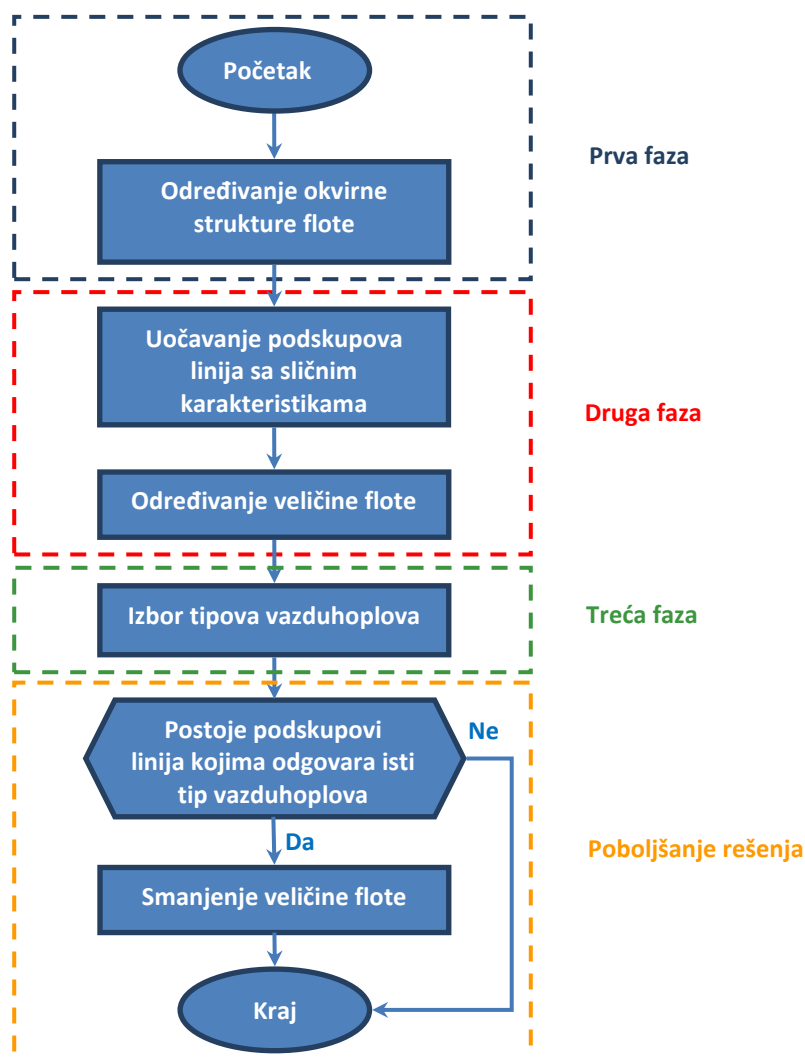
Potražnju na ruti je moguće razumeti samo ako se u obzir uzmu ekonomske i demografske karakteristike tržišta kao i karakteristike ponuđene usluge u vazdušnom saobraćaju, pri čemu je cena jedna od najvažnijih (Doganis, 1991).

Pored navedenih faktora koji utiču na potražnju na ruti, treba pomenuti i političke i poslovne veze između pojedinih država koje utiču na povećanje potražnje na pojedinim rutama. Tako na primer, Brisel kao jedan od važnih političkih centara Evrope privlači putovanja iz drugih administrativnih centara (npr. glavnih gradova ostalih evropskih država). Poslovne veze između pojedinih država, na primer Republike Srbije i Rusije, su jake, tako da generišu veliki broj poslovnih putovanja na pojedinim rutama. Etničke veze između pojedinih država, odnosno broj iseljenika, takođe utiče na potražnju na ruti. Tako su uočljivi jaki putnički tokovi iz Srbije ka gradovima Nemačke, Austrije i Švajcarske, jer je u tim državama broj iseljenika veliki.

Prognoza potražnje se može podeliti u nekoliko kategorija. Posmatrano sa vremenskog aspekta, prognoze mogu biti kratkoročne, srednjoročne i dugoročne. Kratkoročne prognoze se koriste pri izradi reda letenja i operativnog planiranja, dok su dugoročne potrebne za planiranje mreže linija i razvoja flote. Geografski gledano, prognoze se mogu podeliti (Holloway, 2008) na globalne, regionalne, među-regionalne, domaće i/ili prognoze za par gradova na agregiranom nivou.

5. Trofazni model planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca

U ovoj disertaciji se za planiranje flote vazduhoplovnog prevozica predlaže trofazni model. U razvijenom modelu se faze planiranja (Slika 5) sprovode sekvencijalno, pri čemu izlaz iz jedne faze predstavlja ulaz za narednu fazu (Dožić i Kalić, 2010). U prvoj fazi bi na osnovu karakteristika linije kao što su putnička potražnja i dužina linije svakoj liniji bila dodeljena određena okvirna veličina vazduhoplova (mali ili srednji vazduhoplov). Izlaz iz ove faze bi bila dva skupa linija, i to skup linija na kojima bi se saobraćaj obavljao malim i skup linija na kojima bi se saobraćaj obavljao vazduhoplovima srednje veličine. Ovi skupovi su, kao što je ranije pomenuto, ulaz za narednu fazu u kojoj bi se za svaki skup linija uočili odgovarajući podskupovi linija sa sličnim karakteristikama (ako postoje). Za svaki podskup bi se zatim odredio potreban broj vazduhoplova za obavljanje planiranog saobraćaja (Slika 5). U poslednjoj fazi se vrši izbor tipa vazduhoplova koji sam po sebi predstavlja problem višekriterijumskog odlučivanja. Za svaki podskup linija sa sličnim karakteristikama treba odabrati odgovarajući tip vazduhoplova kojim bi se obavljao saobraćaj na linijama iz posmatranog podskupa (Slika 5). Broj podskupova bi odgovarao maksimalnom broju tipova vazduhoplova iz kojih bi se sastojala flota vazduhoplovnog prevozioca. Izbor odgovarajućeg/odgovarajućih tipa/tipova vazduhoplova iz skupa malih, odnosno vazduhoplova srednje veličine bi se obavljao za svaki podskup linija pojedinačno. Kriterijumi na osnovu kojih se vrši izbor tipa vazduhoplova ne moraju biti isti za svaki podskup linija, već se mogu razlikovati u zavisnosti od raspoloživosti podataka. Nakon prolaska kroz sve faze modela treba proveriti da li postoje podskupovi linija na kojima bi se saobraćaj obavljao istim tipom vazduhoplova. Ukoliko postoje ovakvi podskupovi linija, trebalo bi proveriti mogućnost smanjenja veličine flote (Slika 5), tj. ponovo odrediti veličinu flote na skupu koji predstavlja uniju podskupova opsluživanih istim tipom vazduhoplova.



Slika 5. Koncept trofaznog modela planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca

U narednim poglavljima će biti detaljno opisane faze modela planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca počevši od putničke potražnje, pa do izbora tipa vazduhoplova i mogućnosti smanjenja veličine flote u slučaju kada za to postoje uslovi.

5.1. Faza 1: određivanje okvirne strukture flote vazduhoplovnog prevozioca primenom fazi logike

Kao što je pomenuto u prethodnim poglavljima, proces planiranja u jednoj aviokompaniji (planiranje reda letenja, mreže linija, flote) u velikoj meri se oslanja na prognozu putničke potražnje koja je po svojoj prirodi neizvesna. U ovakvim

slučajevima fazi logika je pogodan alat za modeliranje koji uspešno kombinuje numeričke i lingvističke informacije (Teodorović, 1999). U ovoj disertaciji se za određivanje okvirne strukture flote, gde se mogu koristiti lingvističke informacije (mala ili velika potražnja, mali ili srednji avion, i tome slično) predlaže upotreba fazi logičkog sistema. Kao ulazni podaci u razvijenom fazi logičkom sistemu, koristiće se godišnja potražnja i dužina linije. Na osnovu ulaznih podataka treba odrediti preferenciju aviokompanije za upotrebu malog vazduhoplova za svaku liniju. U zavisnosti od jačine preferencije, definiše se okvirna struktura flote, odnosno određuju se dva skupa linija – skup linija koje treba obavljati malim i skup linija koje treba obavljati vazduhoplovom srednje veličine. Fazi logički sistem se obučava na jednom skupu podataka (obučavajući skup), a testira na drugom skupu podataka (kontrolni skup). Za validaciju fazi logičkog sistema se predlaže poređenje vrednosti preferencije iz obučavajućeg i kontrolnog skupa sa preferencijom određenom na osnovu istorijskih podataka. U ovom poglavlju će detaljno biti opisano određivanje okvirne strukture flote vazduhoplovnog prevozioca primenom fazi logičkog sistem, a njegova primena će biti data na primeru hipotetičke aviokompanije u Poglavlju 6.4.

Osnovna pretpostavka u modelu jeste da se svi vazduhoplovi u opštem slučaju mogu svrstati u tri kategorije, i to male, srednje i velike vazduhoplove. Mali vazduhoplovi su oni vazduhoplovi čiji je kapacitet od 50 do 100 sedišta, dok se pod vazduhoplovima srednje veličine podrazumevaju vazduhoplovi čiji je kapacitet 101-200 putničkih sedišta. Veliki vazduhoplovi su oni čiji je kapacitet veći od 200 putničkih sedišta. Svaka od ovih kategorija sadrži različite tipove vazduhoplova koji se razlikuju po kapacitetu, tehničkim karakteristikama, dimenzijama, nivou buke koju generišu, dužini PSS potrebnoj za poletanje, odnosno sletanje.

Kako je model predložen u ovoj disertaciji namenjen aviokompanijama male i srednje veličine koje obavljaju kontinentalni saobraćaj na kratkim i srednjim linijama, to se neće razmatrati veliki vazduhoplovi (obično namenjeni za interkontinentalni saobraćaj). Uzimajući u obzir putničku potražnju duž posmatrane linije i rastojanje od izvornog do ciljnog aerodroma (dužinu linije), vazduhoplovni prevozilac donosi odluku da li će na toj liniji koristiti mali ili vazduhoplov srednje veličine (Slika 6).



Slika 6. Određivanje okvirne strukture flote

I potražnju i dužinu linije moguće je opisati fazi skupovima, te je za donošenje odluke o upotrebi malog ili vazduhoplova srednje veličine razvijen originalni fazi logički sistem upotrebom programa Matlab. Za opisivanje putničke potražnje i dužine linije je na osnovu predašnjeg iskustva (Kalić i ostali, 2014) odlučeno da se koriste trapezasti fazi skupovi. Tako se putnička potražnja na godišnjem nivou može opisati trapezastim fazi skupovima kao *Mala* (MP), *Srednja* (SP) i *Velika* (VP) dok se dužina linije može opisati trapezastim rasplinutim skupovima kao *Kratka* (KL), *Srednje kratka* (SKL) i *Srednja* (SL).

Pri izboru vazduhoplova pretpostavlja se da za datu liniju svaki avioprevoznik (postojeći ili novi) ima određenu preferenciju za izbor vazduhoplova kojim će obavljati saobraćaj, a ona može biti “jača” ili “slabija”. Neka je p_m indeks preferencije za korišćenje malog, a p_s indeks preferencije za korišćenje vazduhoplova srednje veličine. Oni mogu imati vrednosti u intervalu od 0 do 1 (1, 2), a njihov zbir je uvek jednak 1 (3).

$$0 \leq p_m \leq 1 \quad (1)$$

$$0 \leq p_s \leq 1 \quad (2)$$

$$p_m + p_s = 1 \quad (3)$$

Imajući u vidu da je njihov zbir 1, odnosno da kada vrednost jednog indeksa opada, vrednost drugog raste, i obrnuto, u daljem tekstu će se razmatrati samo indeks preferencije za korišćenje malog vazduhoplova. Njegova vrednost će biti jednaka 1 u

slučaju kada prevoziac ima apsolutnu preferenciju za upotrebu malog vazduhoplova na posmatranoj liniji. Sa opadanjem jačine preferencije, smanjuje se i vrednost indeksa preferencije, tako da će na linijama na kojima se koriste vazduhoplovi srednje veličine njegova vrednost biti 0. Jačinu preferencije aviokompanije za upotrebu malog vazduhoplova na određenoj liniji moguće je opisati trouglastim fazi skupovima kao *Veoma malu* (VM), *Malu* (M), *Srednju* (S), *Veliku* (V) i *Veoma veliku* (VV).

Baza fazi pravila za utvrđivanje jačine preferencije u algoritmu aproksimativnog rezonovanja je potpuna i sastoji se od sledećih 9 pravila (Dožić i Kalić, 2013b):

Pravilo 1: Ako je potražnja mala i linija kratka, onda je preferencija veoma velika, ili

Pravilo 2: Ako je potražnja mala i linija srednje kratka, onda je preferencija velika, ili

Pravilo 3: Ako je potražnja mala i linija srednja, onda je preferencija veoma mala, ili

Pravilo 4: Ako je potražnja srednja i linija kratka, onda je preferencija veoma velika, ili

Pravilo 5: Ako je potražnja srednja i linija srednje kratka, onda je preferencija mala, ili

Pravilo 6: Ako je potražnja srednja i linija srednja, onda je preferencija veoma mala, ili

Pravilo 7: Ako je potražnja velika i linija kratka, onda je preferencija srednja, ili

Pravilo 8: Ako je potražnja velika i linija srednje kratka, onda je preferencija mala, ili

Pravilo 9: Ako je potražnja velika i linija srednja, onda je preferencija veoma mala.

Za poznatu godišnju potražnju i dužinu linije, korišćenjem pravila aproksimativnog rezonovanja moguće je utvrditi jačinu preferencije za korišćenje malog vazduhoplova na svakoj liniji. Indeks preferencije (p_m) se dobija primenom MAX-MIN pravila, a defazifikacija se vrši primenom centra gravitacije. Fazi logički sistem će biti obučen na podacima obučavajućeg skupa, dok će se za validaciju koristiti kontrolni skup podataka.

Preferencija za korišćenje malog vazduhoplova (bilo da se radi o novom ili postojećem vazduhoplovnom prevoziocu) može da se odredi, kao što je već rečeno primenom fazi logike (p_m), ali i na osnovu istorijskih podataka o vazduhoplovima kojima se letelo u prošlosti na posmatranim linijama (proračunati indeks preferencije – p_{mp}).

Proračunati indeks preferencije će se, takođe, koristiti za validaciju prve faze trofaznog modela, tj. za validaciju razvijenog fazi logičkog sistema (sa njim će se porediti indeks preferencije dobijen primenom fazi logike). Predlaže se da se indeks preferencije za korišćenje malih vazduhoplova računa na osnovu podataka o vazduhoplovima koji su korišćeni na razmatranim linijama (svojim i/ili linijama drugih aviokompanija). Istorijski gledano, vazduhoplovi kojima se letelo su odslikavali kako potražnju u posmatranom periodu, tako i celokupno stanje na tržištu. Promena veličine vazduhoplova (mali ili srednji vazduhoplov) obično ima veze sa promenama na tržištu. Odgovarajući skupovi podataka o vazduhoplovima kojima se letelo na posmatranim linijama daju uvid u promene koje su se dešavale, i mogu se iskoristiti za ocenu veličine vazduhoplova koji će se koristiti u narednom periodu. Ovi podaci se mogu pronaći u zvaničnim sezonskim redovima letenja za određeni broj sezona u prošlosti.

Proračunati indeks preferencije (p_{mp}) je određen kao učešće broja tipova malih vazduhoplova u ukupnom broju tipova vazduhoplova kojima se letelo na posmatranoj liniji u datom periodu. Broj tipova malih aviona je računat kao suma broja različitih tipova aviona čiji je kapacitet manji od 100 za svaku posmatranu sezonu. Vrednost p_{mp} se kreće, u intervalu od 0 do 1. Najmanja vrednost 0 podrazumeva da se na posmatranoj liniji nije letelo malim avionom u posmatranom vremenskom periodu, dok vrednost indeksa preferencije 1 ima linija na kojoj se u posmatranom periodu letelo samo malim avionima.

Jačina preferencije za korišćenje malog vazduhoplova primenom fazi logičkog sistema neće se određivati za sve linije. U nekim slučajevima je unapred poznato koji će se vazduhoplov koristiti. Tako na primer, ako je aviokompanija nova na tržištu, u početku će imati manje avione, dok ne pronađe svoje mesto na tržištu (ukoliko nije reč o niskotarifnoj aviokompaniji). Ako postojeća kompanija otvara novu liniju, zbog neizvesnosti putničke potražnje će, takođe, koristiti manji avion.

Proračunati indeks preferencije će se koristiti u svrhu definisanja linija za koje se neće primenjivati fazi logički sistem za određivanje veličine vazduhoplova. Kako bi se odredile ovakve linije, uvodi se pretpostavka da se liniji dodeljuje avion srednje veličine u slučaju kada preferencija nije veća od 0.05, dok se za preferenciju koja nije manja od 0.95 liniji dodeljuje mali avion (ovakve linije neće biti razmatrane u fazi logičkom sistemu).

Ako se pretpostavi da je granična vrednost indeksa preferencije 0.5, na linijama za koje je njegova vrednost veća od 0.5, saobraćaj će se obavljati malim avionima. U ostalim slučajevima će se koristiti avioni srednje veličine. Izlaz iz ove faze predstavljaju dva skupa linija: skup linija na kojima se saobraćaj obavlja malim avionima i skup linija na kojima se leti avionima srednje veličine.

5.2. Faza 2: određivanje potrebnog broja vazduhoplova – heuristički pristupi

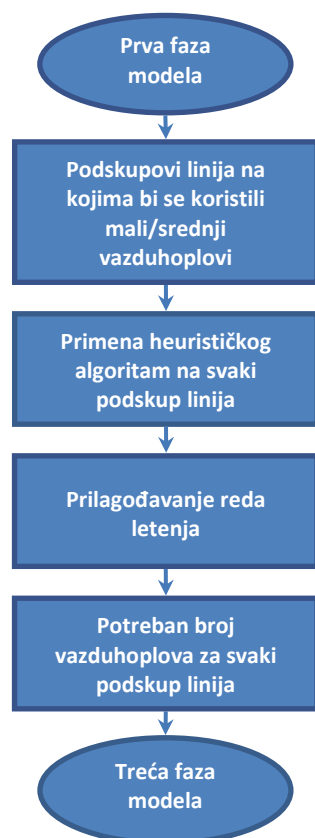
Problem određivanja veličine flote, odnosno najmanjeg broja vazduhoplova koji su potrebni za obavljanje planiranog saobraćaja je usko povezan sa problemom raspoređivanja vazduhoplova na letove. U ovom poglavlju su za određivanje potrebnog broja vazduhoplova razvijeni specijalni heuristički algoritmi (simultani i sekvencijalni), za potrebe ove disertacije, kojima se istovremeno vrši određivanje što je moguće manjeg broja vazduhoplova potrebnih za obavljanje planiranog saobraćaja i raspoređivanje vazduhoplova na letove. Takođe je razvijen i heuristički algoritam za prilagođavanje reda letenja kojim se teži smanjenju broja vazduhoplova dobijenog primenom simultanog i sekvencijalnog heurističkog algoritma.

Kao što je ranije pomenuto, izlaz iz prethodne faze predstavlja ulaz za ovu fazu modela. Da bi se predloženi heuristički algoritam primenio, u skupovima linija definisanim u prvoj fazi treba uočiti podskupove linija sa sličnim karakteristikama. Kada se govori o karakteristikama linija, prvenstveno se misli na očekivani broj putnika po letu i dužinu linije. Linije na kojima se očekuje sličan broj putnika i koje su slične dužine predstavljaju kandidate za isti podskup linija. Linije uočenog podskupa su kandidati za jedan tip vazduhoplova. Pri izboru odgovarajućeg tipa vazduhoplova moguće je utvrditi

da za dva različita podskupa linija odgovara isti tip vazduhoplova. Prema tome, broj uočenih podskupova linija predstavlja maksimalan broj tipova vazduhoplova u floti vazduhoplovnog prevozioca.

Takođe u obzir treba uzeti i činjenicu da li se leti ka turističkim centrima ili su u pitanju političko-ekonomski centri. U slučaju turističkih destinacija treba očekivati veću količinu prtljaga koji će putnici prijaviti tako da su na linijama ove vrste poželjni vazduhoplovi koji imaju veći bagažni prostor. Kada se govori o linijama ka političko-ekonomskim centrima na njima se očekuju putnici čija je svrha putovanja posao te se ne očekuje velika količina prtljaga (ankete sprovedene na Aerodromu “Nikola Tesla”).

U drugoj fazi predloženog modela (Slika 7) se primenom predloženog specijalnog heurističkog algoritma za svaki podskup linija određuje broj vazduhoplova koji je potreban da bi se planirani saobraćaj mogao obaviti. Heuristika ima za cilj uvođenje što je moguće manjeg broja vazduhoplova.



Slika 7. Određivanje potrebnog broja vazduhoplova

Odluka koju planeri u aviokompaniji treba da donesu jeste koliko je vazduhoplova potrebno za obavljanje planiranog saobraćaja. Konačna odluka, tj. konačan broj vazduhoplova, zavisi od planiranog reda letenja (momenti poletanja i frekvencija letenja) i putničke potražnje. Primenom heurističkog algoritma određuje se potreban broj vazduhoplova za definisani red letenja (red letenja se projektuje u odgovarajućem odeljenju aviokompanije). Ovaj dobijeni broj potrebnih vazduhoplova se može smanjiti prilagođavanjem reda letenja. U ovom radu se pod prilagođavanjem reda letenja podrazumeva unošenje izmena u red letenja (koji je u fazi planiranja i kada su izmene moguće) kako bi se potreban broj vazduhoplova smanjio ako to potražnja dozvoljava. Vazduhoplovni prevoznik može pokušati da prilagodi red letenja tako što će promeniti vremena poletanja nekih letova, ili dane kojima se letovi obavljaju, ili prilagoditi frekvenciju letenja kako bi se omogućilo smanjenje potrebnog broja vazduhoplova ukoliko to potražnja dozvoljava. Broj vazduhoplova je moguće smanjiti i zamenom tipa, u izuzetnim slučajevima kada bi za obavljanje samo jednog leta bilo potrebno uvođenje novog vazduhoplova, što je ekonomski neisplativo. U ovakvim slučajevima vazduhoplov koji je raspoloživ bi mogao obaviti let koji je iz drugog podskupa letova ukoliko putnička potražnja to dozvoljava (ne prevazilazi kapacitet vazduhoplova i ima zadovoljavajući koeficijent popunjenosti putničke kabine). Na ovaj način bi se smanjio ukupan potrebni broj vazduhoplova, a raspoloživi vazduhoplov bi obavljanjem leta iz drugog podskupa povećao svoje iskorišćenje.

Predloženi heuristički algoritam se primenjuje dan po dan, za svaki uočeni podskup linija uzimajući u obzir prostorna i vremenska ograničenja, kao i balans vazduhoplova. Prostorna ograničenja podrazumevaju da vazduhoplov može započeti novi let sa aerodroma na kome je završio prethodni. Vremenska ograničenja se odnose na vreme započinjanja leta. Let može započeti nakon završetka prethodnog leta i opsluge vazduhoplova koja podrazumeva obavljanje svih akcija potrebnih da bi jedan vazduhoplov završio prethodni let i bio spreman za obavljanje narednog. Vreme započinjanja leta ne sme da bude pre planiranog vremena poletanja. Balans vazduhoplova podrazumeva da na svakom aerodromu postoji odgovarajući broj vazduhoplova koji su potrebni da se obavi planirani saobraćaj.

Razvijeni heuristički algoritam ima dva moguća pristupa i to simultani i sekvencijalni. Simultani pristup omogućava istovremeno raspoređivanje letova po vazduhoplovima,

dok se sekvencijalnim pristupom dodeljuju svi mogući letovi prvo jednom, pa zatim narednim vazduhoplovima. Rešenja dobijena simultanim pristupom su takva da je broj blok časova po vazduhoplovu (nedeljni nalet) ravnomerniji u odnosu na rešenja dobijena sekvencijalnim pristupom.

Simultani heuristički algoritam

Simultani heuristički algoritam se sastoji od sledećih pet koraka:

Korak 1: Napraviti listu letova posmatranog podskupa koji treba da se obave tokom nedelje tako što će prvi let na toj listi biti onaj koji ima najranije vreme poletanja prvog dana u nedelji, a poslednji onaj koji ima najkasnije vreme poletanja poslednjeg dana u nedelji.

Korak 2: Prvi let sa liste dodeliti vazduhoplovu 1. Jednom dodeljeni letovi se više ne razmatraju jer je jedan let moguće dodeliti samo jednom vazduhoplovu.

Korak 3: Razmotriti sledeći let sa liste letova. Dodeliti ga nekom od vazduhoplova koji su već uvedeni ako su zadovoljena ograničenja koja se odnose na vreme (vreme poletanja je nakon vremeneta sletanja prethodnog leta koji obavlja posmatrani vazduhoplov uvećanog za vreme opsluge) i mesto poletanja (aerodrom poletanja je isti kao i aerodrom sletanja prethodnog leta). Ako pomenuti uslovi nisu zadovoljeni, uvesti novi vazduhoplov.

Korak 4: Ako je let moguće dodeliti većem broju vazduhoplova, bira se onaj koji je najranije raspoloživ. Ako postoji više aviona koji su istovremeno raspoloživi, proizvoljno se bira jedan od njih.

Korak 5: Ako su svi letovi sa liste dodeljeni vazduhoplovima, završiti algoritam. Broj uvedenih vazduhoplova predstavlja broj vazduhoplova potrebnih za obavljanje planiranog saobraćaja. U suprotnom, ako na listi ima letova koji nisu dodeljeni vazduhoplovima, vratiti se na korak 3.

Za svaki podskup linija treba ponoviti korake 1 – 5 predloženog simultanog heurističkog algoritma.

Sekvencijalni heuristički algoritam

Drugi algoritam je sekvencijalni heuristički algoritam koji se sastoji iz sledeća četiri koraka:

Korak 1: Napraviti listu letova posmatranog podskupa koji treba da se obave tokom nedelje tako što će prvi let na toj listi biti onaj koji ima najranije vreme poletanja prvog dana u nedelji, a poslednji onaj koji ima najkasnije vreme poletanja poslednjeg dana u nedelji.

Korak 2: Prvi let sa liste dodeliti novom vazduhoplovu. Nakon toga proći kroz celu listu letova dodeljujući ovom vazduhoplovu letove koji imaju najranije moguće vreme poletanja, a zadovoljavaju ograničenja koja se odnose na vreme i mesto poletanja. Jednom dodeljeni letovi se više ne razmatraju jer je let moguće dodeliti samo jednom vazduhoplovu.

Korak 3: Razmotriti prvi naredni let sa liste koji nije dodeljen ni jednom vazduhoplovu i ponoviti proceduru iz koraka 2 uvodeći novi vazduhoplov.

Korak 4: Ako su svi letovi sa liste dodeljeni vazduhoplovima, završiti algoritam. Broj uvedenih vazduhoplova predstavlja broj vazduhoplova potrebnih za obavljanje planiranog saobraćaja. U suprotnom, ako na listi ima letova koji nisu dodeljeni vazduhoplovima, vratiti se na korak 3.

Za svaki podskup linija treba ponoviti korake 1 – 4 predloženog sekvencijalnog heurističkog algoritma.

Heuristički algoritam za prilagođavanje reda letenja

Nakon određivanja potrebnog broja vazduhoplova, kao što je ranije pomenuto, a u cilju smanjenja dobijenog broja, proverava se mogućnost prilagođavanja reda letenja. U ovoj disertaciji se razmatra prilagođavanje reda letenja prvo promenom vremena poletanja u istom danu, a zatim, ako ima potrebe i promenom dana u nedelji i vremena kada se let obavlja, ako to potražnja dozvoljava. Za prilagođavanje reda letenja predložen je sledeći heuristički algoritam:

Korak 1: U rešenju dobijenom primenom simultanog i sekvencijalnog pristupa proveriti da li postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta (usvojeno je da se razmatraju vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta) u nekom danu tokom nedelje. Ako ovakvih vazduhoplova nema, prilagođavanje reda letenja nije moguće na predviđeni način, te se algoritam završava. Ako postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta u nekom danu tokom nedelje ići na korak 2.

Korak 2: Za uočene dane u kojima postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta treba prilagoditi red letenja promenom vremena poletanja. Ako postoji veći broj takvih vazduhoplova koji obavljaju najviše dva leta (n), njihov broj smanjiti, tako što će letove koje je trebalo da obavljaju dva vazduhoplova obavljati jedan vazduhoplov. Treba napomenuti da se mogućnost dodavanja letova vazduhoplovu koji bi mogao da ih obavi, a koji prema redu letenja obavlja više od dva leta razmatra samo u izuzetnim slučajevima. Razmatraju se samo vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta. Ako je broj ovakvih vazduhoplova paran broj, ukupan broj potrebnih vazduhoplova u posmatranom danu će se smanjiti za $n/2$. Ukoliko je broj vazduhoplova koji ne obavljaju više od dva leta n neparan, ukupan broj potrebnih vazduhoplova u posmatranom danu će se smanjiti za $(n-1)/2$.

Korak 3: Kada se za svaki uočeni dan u nedelji u kojem postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta, red letenja prilagodi promenom vremena poletanja, a broj vazduhoplova smanji na opisani način, proveriti da li i dalje postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta (ovakvi vazduhoplovi obavljaju letove danima tokom kojih je neparan broj vazduhoplova (n) obavljao najviše dva leta). Ako ovakvi vazduhoplovi postoje ići na korak 4, a u suprotnom završiti algoritam.

Korak 4: Za uočene dane u kojima postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta prilagođavanje reda letenja radi smanjenja potrebnog broja vazduhoplova obaviti promenom dana i vremena kojim se pojedini letovi obavljaju. Ako postoji veći broj takvih vazduhoplova (m , $m \leq n$), njihov broj smanjiti, tako što će se letovi koje je trebalo da obavljaju dva vazduhoplova obavljati jednim vazduhoplovom danom kojim je potreban najmanji broj vazduhoplova (izabran na proizvoljan način). I u ovom slučaju se razmatraju samo vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta, osim u izuzetnim slučajevima. Ako je broj ovakvih vazduhoplova paran broj, ukupan broj potrebnih

vazduhoplova će se smanjiti za $m/2$, a ukoliko je broj vazduhoplova koji ne obavljaju više od dva leta (m) neparan, ukupan broj potrebnih vazduhoplova će se smanjiti za $(m-1)/2$ vazduhoplova.

Korak 5: Kada se za svaki uočeni dan u nedelji u kojem postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta, red letenja prilagodi promenom dana i vremena poletanja, a broj vazduhoplova, ako je moguće, smanji na opisani način, završiti algoritam. Smanjeni broj vazduhoplova predstavlja broj potrebnih vazduhoplova za obavljanje saobraćaja prema prilagođenom redu letenja.

Prilagođavanje reda letenja se ne obavlja u izuzetnim slučajevima, i to kada ono ne utiče na smanjenje broja vazduhoplova (primer u Poglavlju 6.6, Tabela 21). Takođe se prilagođavanje reda letenja može obaviti u posebnim slučajevima kada se smanjuje potreban broj vazduhoplova, a vazduhoplovi obavljaju više od jednog povratnog leta dnevno (primer u Poglavlju 6.6, Tabela 18).

S obzirom da se radi o srednjoročnom planiranju, i da je cilj određivanje što manjeg broja vazduhoplova, novi momenti poletanja u prilagođenom redu letenja za posmatrane letove neće biti razmatrani. Prilagođavanjem reda letenja smanjen je broj vazduhoplova potrebnih za obavljanje očekivanog saobraćaja, pri čemu se težilo da po prilagođavanju reda letenja što je moguće veći broj vazduhoplova obavlja više od dva leta tokom svih dana u nedelji.

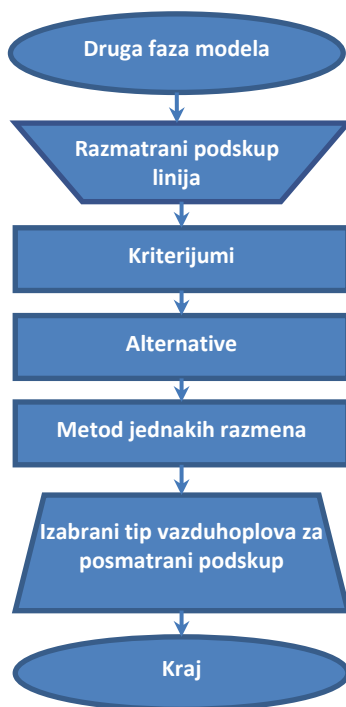
Na kraju ove faze izlaz je broj tipova vazduhoplova odgovarajuće veličine (mali i vazduhoplovi srednje veličine, čime je određena okvirna struktura flote) kao i broj vazduhoplova po svakom tipu koji su potrebni za obavljanje očekivanog saobraćaja (veličina flote). Nakon određivanja okvirne strukture (faza 1) i veličine (faza 2) flote, treba odrediti tipove vazduhoplova koji u najvećoj meri zadovoljavaju potrebe aviokompanije u datim uslovima na tržištu (faza 3).

5.3. Faza 3: izbor tipa vazduhoplova primenom metoda jednakih razmena (even swaps)

U trećoj fazi predloženog modela se vrši izbor odgovarajućeg tipa/tipova vazduhoplova iz skupa malih i skupa vazduhoplova srednje veličine (Slika 8). Polazeći od podataka iz

prethodnih faza definišu se kriterijumi na osnovu kojih iz skupova alternativa (tipovi vazduhoplova) treba izabrati odgovarajuće tipove vazduhoplova primenom metoda jednakih razmena (*even swaps*).

U ovom poglavlju će prvo biti detaljno prikazan metod jednakih razmena (*even swaps*), a zatim će biti objašnjena njegova primena na problem izbora odgovarajućeg tipa vazduhoplova.



Slika 8. Izbor odgovarajućeg tipa vazduhoplova

Hammond i Keeney (1999b) navode da je donošenje odluka najvažniji posao koji inženjeri obavljaju. Ako se odluke donose na ispravan način, ako se ispravno sagledaju alternative i posledice, uspeh neće izostati. Donošenje odluke koja se odnosi na nabavku vazduhoplova u aviokompaniji je od strateškog značaja i od nje zavisi uspešnost poslovanja. Prosečna cena novih vazduhoplova izražena u milionima američkih dolara se kreće u intervalu 70.1 – 403.9 za Airbus⁷, i 74.8 – 351.4 za vazduhoplove tipa Boeing⁸. Regionalni vazduhoplovi proizvođača Bombardier, Embraer i ATR imaju cene u intervalu 20 – 50 miliona američkih dolara. Jasno je da pri donošenju odluke i male

⁷http://www.airbus.com/presscentre/corporate-information/key-documents/?eID=dam_frontend_push&docID=14849, maj 2013. godine

⁸<http://www.boeing.com/boeing/commercial/prices/>, maj 2013. godine

uštede (nekoliko procenata), nisu zanemarljive za vazduhoplovnog prevozioca. Takođe je važno da vazduhoplov odgovara zahtevima tržišta, kao i da se troškovi eksploatacije i održavanja kreću u granicama prihvatljivim za prevozioca. Sve ove kriterijume treba razmotriti i videti kakve su posledice izbora određenih tipova vazduhoplova. U ovoj disertaciji se za izbor tipa vazduhoplova predlaže primena metoda jednakih razmena (*even swaps*).

Kako bi proces donošenja odluke bio uspešan Hammond i Keeney (1999b) su dali osam ključnih elemenata za donošenje pametnih odluka, i to:

1. problem – treba definisati problem odlučivanja kako bi se rešio pravi problem;
2. ciljevi – treba razjasniti šta se odlukom želi postići;
3. alternative – treba navesti što bolje alternative kako bi izbor bio bolji;
4. ishodi – treba opisati koliko dobro ponuđene alternative zadovoljavaju ciljeve;
5. razmene – treba napraviti kompromise u slučaju kada svi ciljevi ne mogu da budu zadovoljeni;
6. neizvesnost – treba identifikovati i kvantifikovati osnovne neizvesnosti koje utiču na odluku;
7. rizik – treba uračunati sklonost ka riziku;
8. povezanost odluka – treba planirati unapred tako da sadašnje i buduće odluke budu usklađene.

Prvih pet elemenata predstavljaju osnovu za dobar način razmišljanja pri donošenju odluka. Od engleskih naziva ovih elemenata **Problem**, **Objectives**, **Alternatives**, **Consequences** i **Tradeoffs** potiče skraćenica PrOACT koja ukazuje na suštinu pristupa donošenju odluka, a to je proaktivnost, odnosno težnja da se promene iniciraju radije nego da se reaguje na događaje. Poslednja tri elementa se dodatno razmatraju u slučajevima kada postoji velika neizvesnost. U daljem tekstu će biti detaljnije objašnjeno prvih pet elemenata.

Prilikom donošenja odluke veoma je važno definisati problem na pravi način, jer to utiče na ciljeve i alternative i usmerava ka odluci. Ako je problem loše definisan, i

pored ispravnog načina razmišljanja i sagledavanja svih elemenata, odluka neće biti ispravna.

Kada se govori o posledicama (ishodima) treba znati i razumeti koliko dobro svaka alternativa ispunjava zadate ciljeve, pre donošenja odluke. Ukoliko posledice nisu u potpunosti shvaćene, izbor alternative može biti pogrešan.

Kako bi se olakšalo donošenje pametnih odluka nekada je potrebno obaviti odgovarajuće razmene. Obavljanje mudrih razmena je jedan od najvažnijih i najtežih izazova u procesu donošenja odluke. Metoda jednakih razmena je praktičan način da se razmene obavljaju između bilo kog skupa ciljeva kroz sve alternative. Ovaj metod zahteva od donosioca odluke da razmišlja o vrednosti jednog kriterijuma u odnosu na drugi kako bi odluka bila doneta na pravi način. Donošenje teških odluka se ne olakšava, ali se pruža pouzdan mehanizam za obavljanje razmena.

Prvo što treba uraditi kako bi se metod jednakih razmena sproveo, jeste kreiranje tabele ishoda. U horizontalnom zaglavlju tabele se nalaze alternative, dok su u vertikalnom kriterijumi. Tabela se popunjava tako što se u svako polje upisuje kako posmatrana alternativa utiče (posledica, ishod) na odgovarajući cilj (kriterijum). Neke posledice je jednostavno opisati kvantitativno – brojevima, dok se neke opisuju kvalitativno, rečima. U slučaju kada posledice nije moguće opisati kvantitativno neophodno je imati konzistentnu terminologiju pri opisivanju posledice za posmatrani cilj. Tabela ishoda donosiocu odluke pruža mnogo informacija u preglednom obliku i olakšava poređenje alternativa po kriterijumima. Bez tabele ishoda, važne informacije se mogu prevideti i razmene se mogu obaviti na slučajan način što bi dovelo do loše donetih odluka.

Ako postoji manji broj alternativa, jasno je da će se i manje razmena obavljati. Iz tog razloga treba smanjiti broj alternativa. Da bi se ovaj broj smanjio, treba izvršiti rangiranje ishoda prema svakom pojedinačnom kriterijumu. Rangiranje se obavlja tako što se najpoželjnija alternativa obeležava brojem 1, sledeća po redu najpoželjnija brojem 2, i tako redom do alternative koja je najmanje poželjna. Na ovaj način se formira kvantitativna tabela vrednosti, koja će omogućiti poređenje alternativa po svim kriterijumima i pronalaženje dominantnih alternativa. Dominantna alternativa je ona alternativa koja je po nekim kriterijumu bolja, a po ostalim nije gora od neke (nekih)

druge (drugih). Alternative nad kojima postoji dominantna alternativa se izuzimaju iz daljeg razmatranja.

Nakon primene pravila dominacije (pronalaženje dominantnih alternativa), primenjuje se pravilo praktične dominacije, kako bi se dodatno suzila mogućnost izbora. Praktična dominacija podrazumeva da je neka alternativa samo po jednom kriterijumu lošija od neke druge, dok je po svim ostalim bolja ili jednaka. Alternative nad kojima postoji praktična dominacija se takođe izuzimaju iz daljeg razmatranja, ukoliko donosilac odluke odluči da je dominacija opravdana. Ako je dominacija neopravdana (kriterijum po kojem je alternativa lošija je veoma bitan), alternativa neće biti izuzeta iz daljeg razmatranja. Teoretski gledano, moguće je da se nakon eliminisanja dominiranih alternativa dođe do rešenja, ali se u praksi to veoma retko događa.

Kada više nema dominantnih alternativa, pristupa se razmenama. Preostale alternative imaju neke prednosti i neke mane. Izazov predstavlja pronalaženje i obavljanje pravih razmena između njih. Osnovni princip donošenja odluka jeste da ako je neki kriterijum jednako vrednovan kroz sve alternative on postaje irelevantan za donošenje odluka. Metod jednakih razmena pruža mogućnost podešavanja vrednosti različitih kriterijuma, kako bi se vrednost nekog od njih izjednačila u svim alternativama i na taj način kriterijum, kao irelevantan, eliminisao iz daljeg razmatranja. To znači da metod jednakih razmena dozvoljava da donosilac odluke poveća vrednost nekog kriterijuma, dok za ekvivalentnu vrednost smanjuje vrednost drugog kriterijuma sa kojim se vrši razmena. Preciznije, donosilac odluke procenjuje vrednost povećanja nekog kriterijuma kroz smanjenje vrednosti kriterijuma sa kojim se vrši razmena. Donošenje pametne odluke se svodi na procenu vrednosti za koju treba smanjiti određeni kriterijum, ako se vrednost nekog kriterijuma poveća za izvesnu vrednost.

Nekada je dovoljno obaviti samo jednu razmenu kako bi se došlo do konačnog rešenja, a obično ih je potrebno obaviti više. Suština ove metode jeste da se broj kriterijuma sistematski može smanjivati, nezavisno od broja alternativa i kriterijuma koji se analiziraju, dok se ne dođe do jasnog izbora. Kriterijumi se eliminišu iterativnim putem sve dok jedna alternativa ne postane dominantna nad svim ostalim ili dok ne ostane samo jedan kriterijum po kojem se vrši poređenje alternativa.

Hammond i ostali (1998) i Hammond i Keeney (1999a) su dali sledeće praktične preporuke za primenu metoda jednakih razmena:

1. prvo treba izvršiti lakše razmene – procena vrednosti promene kriterijuma koji učestvuju u razmeni se procenjuje na jednostavniji način, ako se radi o kriterijumima koji su opiani kvantitativno; nekada se odluka može doneti (ili se bar mogu eliminisati neke alternative) samo obavljanjem lakih razmena;
2. usredsrediti se na vrednost razmene, a ne na vrednost kriterijuma – nema smisla reći da je jedan kriterijum važniji od drugog ako se ne razmatra stvarni stepen razlike među vrednostima kriterijuma za alternative koje se razmatraju; suština je da se pri obavljanju jednakih razmena razmatra važnost vrednosti koje su u pitanju, a ne važnost kriterijuma;
3. upamtiti da vrednost kriterijuma posle izvršene razmene zavisi od početnih podataka – nije dovoljno posmatrati samo veličinu jednog dela, već na umu treba imati i veličinu celine; uvećavanje vrednosti kriterijuma za određeni iznos zavisi od toga šta se uvećava (ako se npr. veličina nekog poslovnog prostora povećava za 300m^2 to je veliko povećanje ako je početna kvadratura bila, recimo, 400m^2 , ali nije veliko povećanje ako je početna površina 1000m^2);
4. dosledno obavljati razmene – iako će vrednost onoga što se razmenjuje biti relativna, razmene same po sebi treba da budu logički dosledne; na primer, ako razmenjujemo kriterijum A za kriterijum B (povećava se vrednost jednog, dok se vrednost drugog smanjuje) i kriterijum B za kriterijum C, onda je logično da se može razmeniti kriterijum A za C (npr. povećati vrednost kriterijuma A, dok bi se vrednost kriterijuma B smanjila za odgovarajuću procenjenu vrednost); povremeno treba proveriti da li se razmene obavljaju dosledno;
5. raspolagati relevantnim informacijama – razmene među kriterijumima zahtevaju subjektivne ocene, ali ove ocene treba da budu potkrepljene valjanim informacijama i odgovarajućim analizama;
6. ponavljanjem se postiže savršenstvo – kada se donosilac odluke jednom navikne na metod jednakih razmena, njegova primena postaje veoma jednostavna (proces nije komplikovan i uvek se sprovodi na isti način); odlučivanje o odgovarajućim razmenama nikada neće biti lako i potrebno je pažljivo razmotriti svaku

razmenu; metod jednakih razmena od donosioca odluke zahteva da o vrednosti svake razmene razmišlja na racionalan način, što predstavlja jednu od najvećih prednosti ove metode.

Za primenu metode jednakih razmena Vujošević i ostali (2003) su razvili originalni softver koji ima lak i jednostavan korisnički interfejs, dajući mogućnost širokom krugu korisnika da primenjuju ovu metodu prilikom rešavanja najrazličitijih problema višekriterijumskog odlučivanja. U softver su ugrađene funkcije koje eliminišu mogućnost previda postojanja dominacija ili praktičnih dominacija prilikom upoređivanja većeg broja alternativa. Da bi se previdi ove vrste izbegli, za potrebe ove disertacije je napravljena aplikacija u MS Excelu.

Primena metoda jednakih razmena je u ovoj disertaciji korišćena za izbor tipa/tipova vazduhoplova koji odgovaraju definisanom tržištu. Postojanje skupova i podskupova linija definisanih u prethodnim poglavljima ukazuje na potrebu vazduhoplovnog prevozioca za različitim tipovima malih/srednjih vazduhoplova (Dožić i Kalić, 2013a). Broj definisanih skupova/podskupova linija ukazuje na maksimalan potreban broj različitih tipova vazduhoplova u floti, jer je moguće da se nakon primene metoda jednakih razmena kao rešenje dobije da je jedan tip vazduhoplova najpovoljnije rešenje za dva ili više definisanih podskupova linija.

Izbor tipa vazduhoplova je po svojoj prirodi problem višekriterijumskog odlučivanja. U procesu donošenja odluke treba razmotriti različite kriterijume. Cena vazduhoplova je svakako jedan od važnijih kriterijuma, kao i troškovi tokom eksploatacije. Vazduhoplovni prevoznik želi da kupi vazduhoplov po prihvatljivoj ceni i uz najpovoljnije uslove plaćanja. Takođe je važno da troškovi koje vazduhoplov generiše tokom eksploatacije u saobraćaju budu prihvatljivi. Vazduhoplov treba da ima zadovoljavajući kapacitet i odgovarajuće performanse. Kriterijumi koji se razmatraju u manjoj ili većoj meri odgovaraju potrebama aviokompanije tako da je donosilac odluke onaj koji će odlučiti koji tip vazduhoplova treba da se nabavi. Mnogi kriterijumi su razmatrani, ali je za konačnu analizu u ovom radu izabrano sledećih 6 kriterijuma koji se odnose na vazduhoplov odgovarajućeg tipa:

1. kapacitet vazduhoplova odgovarajućeg tipa koji predstavlja resurs aviokompanije za usaglašavanje ponude i potražnje (broj sedišta),

2. cena novog vazduhoplova odgovarajućeg tipa (izražena u milionima USD) koja može biti ograničavajući faktor,
3. ukupan prostor koji je u avionu na raspolaganju putnicima za prtljag i za prevoz robe (kargo prostor – m^3) – koji može za kompaniju čija je primarna delatnost prevoz putnika, biti izvor dodatnih prihoda,
4. maksimalna masa vazduhoplova u poletanju (*maximum take-off weight* – MTOW) izražena u tonama je parametar na osnovu kojeg se vrši naplata navigacionih i aerodromskih naknada, a takođe od nje zavisi i dužina poletno-sletne staze potrebne za poletanje i sletanje,
5. količina dozvoljenog prtljaga po putniku (m^3) (bez prostora iznad sedišta u putničkoj kabini – *overhead bins*) koji je sa aspekta putnika veoma važan,
6. jedinični putni troškovi leta izraženi u centima po ponuđenoj sedište-milji (c/ASM).

Kako bi se definisao skup alternativa (skup tipova vazduhoplova) između kojih će se vršiti izbor, predlaže se upotreba prethodnog iskustva planera iz različitih aviokompanija (Dožić i Kalić, 2013a). Ovo iskustvo je izraženo kroz podatke koji se odnose na vazduhoplove kojima se letelo na izabranim linijama u prethodnim godinama. Mogu se pronaći u zvaničnim redovima letenja vazduhoplovnih prevoznika koji su na posmatranom tržištu obavljali saobraćaj u određenom periodu. Vazduhoplovi koji se više ne proizvode se ne razmatraju, dok se u razmatranje uvode njihove novije verzije koje ranije nisu korišćene, kao i novi tipovi vazduhoplova koji su u fazi razvoja, a koji će biti uvedeni u saobraćaj u narednom periodu.

Nakon primene metoda jednakih razmena na svaki uočeni podskup linija treba proveriti da li postoje podskupovi linija na kojima bi se saobraćaj obavljao istim tipom vazduhoplova. Ako takvi podskupovi postoje treba se vratiti na drugu fazu i izvršiti proveru mogućnosti smanjenja veličine flote primenom specijalnog heurističkog algoritma i heurističkog algoritma za prilagođavanje reda letenja. Pri tome se kao skup linija za koji se određuje potreban broj vazduhoplova uzima skup koji predstavlja uniju podskupova linija na kojima bi se saobraćaj obavljao istim tipom vazduhoplova.

6. Primena trofaznog modela planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca na primeru hipotetičke aviokompanije

Razvijeni trofazni model planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca ilustrovan je na primeru hipotetičke aviokompanije sa bazom na aerodromu “Nikola Tesla” u Beogradu. Hipotetička aviokompanija bi trebalo da saobraća na formiranom tržištu. Mreža linija i red letenja bi bili delimično izmenjeni, o čemu će više reči biti u narednim poglavljima. Hipotetička aviokompanija bi saobraćaj obavljala na kratkim i linijama srednje dužine. Dakle, ona ne bi bila u potpunosti nova, pošto bi na određenim linijama zamenila postojeću aviokompaniju, sa obnovljenom flotom.

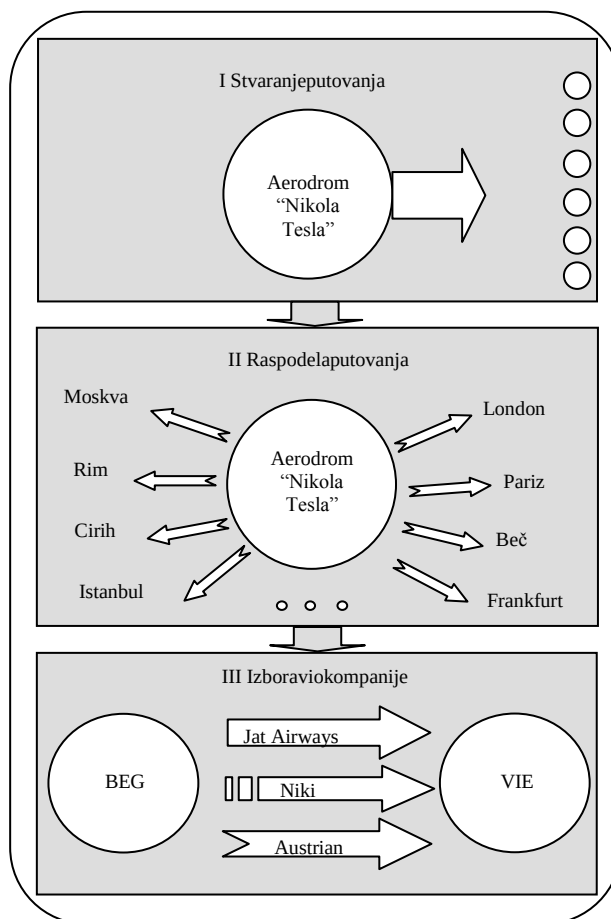
6.1. Stvaranje putovanja (*trip generation*)

Jedan od osnovnih ciljeva aviokompanije jeste usaglašavanje ponude sa potražnjom za prevozom. Kako bi se ovo usaglašavanje obavilo, aviokompanija treba da prognozira potražnju, da bi se olakšalo projektovanje odgovarajuće mreže linija i odredio potreban kapacitet za odgovarajuće uslove na tržištu. Za usvojenu prognozu potražnje na ciljnom tržištu avioprevozilac treba da donese odluku na koji način da opslužuje tržište (non-stop ili let sa više međusletanja, letovi sa podeljenim kodom), kao i to da li će ponuda podrazumevati veću frekvenciju i upotrebu manjih vazduhoplova pri čemu su jedinični troškovi veći, ili manji broj letova koji se obavljaju većim avionima sa nižim jediničnim troškovima. Udeo aviokompanije na izvorno ciljnom tržištu u najvećoj meri zavisi od ukupne potražnje na tržištu, proizvoda koji ona nudi i proizvoda koji su ponuđeni od strane konkurencije.

Za predikciju putničke potražnje se obično koristi četvorofazni model. Za prognoze u vazdušnom saobraćaju ovaj model se može redukovati, tako da se koristi model koji ima sledeće faze (Kalić i ostali, 2012), Slika 9:

- stvaranje putovanja, što predstavlja broj putnika koji generiše/privlači određeni aerodrom,
- raspodela putovanja, što predstavlja putničke tokove između aerodroma i

- izbor aviokompanije od strane putnika, što predstavlja raspodelu putnika po aviokompanijama.



Slika 9. Šematski prikaz modela za predikciju putničke potražnje⁹

U prvoj fazi ovog modela trebalo je odrediti ukupan broj putovanja sa baznog aerodroma za 2012. i 2015. godinu. Kako je ovaj deo istraživanja u okviru disertacije sproveden početkom 2012. godine, to se podaci u ovom poglavlju odnose na 2012. godinu. Treba napomenuti da se trenutna situacija na Aerodromu “Nikola Tesla” po pitanju aviokompanija koje obavljaju saobraćaj sa ovog aerodroma razlikuje u odnosu na situaciju iz 2012. godine, koja je predstavljena u ovom poglavlju.

⁹U periodu od 2010. do 2012. godine na liniji Beograd – Beč vazdušni saobraćaj obavljaju tri aviokompanije i to JAT Airways, Niki i Austrian Airlines

Za ocenu broja putovanja korišćena je višestruka linearna regresija, pri čemu su za nezavisne promenljive uzeti bruto domaći proizvod (BDP) i broj dolazaka stranih turista na nivou Republike Srbije.

Kako se istraživanje odnosi na vazduhoplovnog prevozioca koji ima samo jednu bazu, to se pod potražnjom za prevozom može podrazumevati celokupna potražnja sa baznog aerodroma. “Nov” prevozilac treba da zameni postojećeg dominantnog prevozioca, što znači da je tržište usluga većim delom formirano. Potrebno je samo da vazduhoplovni prevozilac na bolji način odgovori zahtevima tržišta.

Na osnovu podataka o broju putnika sa baznog aerodroma za prethodnih deset godina moguće je oceniti broj putnika u budućnosti, odnosno dobiti podatak o putničkoj potražnji za vazduhoplovnog prevozioca koji bi bio “nov” na postojećem tržištu. Ukupna putnička potražnja sa baznog aerodroma, u ovom slučaju Aerodrom “Nikola Tesla” ocenjena je primenom višestruke linearne regresije. Za ulazne promenljive uzeti su BDP po glavi stanovnika izražen u američkim dolarima (World Bank, 2012) koji, kao što je ranije pomenuto, predstavlja jedan od faktora koji u velikoj meri utiče na generisanje putovanja i dolasci stranih turista (Republički zavod za statistiku, 2012), veličina koja u slučaju Republike Srbije predstavlja značajan generator putovanja. Vrednosti ovih faktora za jedanaestogodišnji period (2001-2011) date su u Tabeli 2.

Tabela 2. Ulazni i izlazni podaci za višestruku linearnu regresionu analizu (2001-2011)

Godina	Ulazni podaci			Izlazni podaci	
	Dolasci stranih turista (hiljade)	BDP po glavi stanovnika (USD)	Stvarni broj putnika (hiljade)	Ocenjeni broj putnika (hiljade)	Relativna greška (%)
2001	446	1518	1522	1525	0.2
2002	503	2014	1622	1716	5.8
2003	509	2614	1849	1812	2.0
2004	539	3169	2045	1955	4.4
2005	578	3391	2032	2070	1.9
2006	586	3943	2222	2162	2.7
2007	696	5277	2513	2587	3.0
2008	646	6498	2650	2648	0.1
2009	645	5484	2384	2505	5.1
2010	683	5269	2699	2557	5.3
2011	764	5374	3125	2749	11.2

Uzimajući ove faktore kao nezavisne promenljive, primenom višestruke linearne regresije moguće je oceniti vrednost zavisne promenljive – broja putnika sa Aerodroma “Nikola Tesla”. Regresiona jednačina data je relacijom (4):

$$Pax[t] = 342.45 + 0.002 \cdot Tarr[t] + 0.14 \cdot BDPpc[t], \quad (4)$$

gde je $Pax[t]$ očekivani broj putnika u godini t , $Tarr[t]$ broj stranih turista koji su došli u Republiku Srbiju u godini t , dok je $BDPpc[t]$ BDP po glavi stanovnika u godini t .

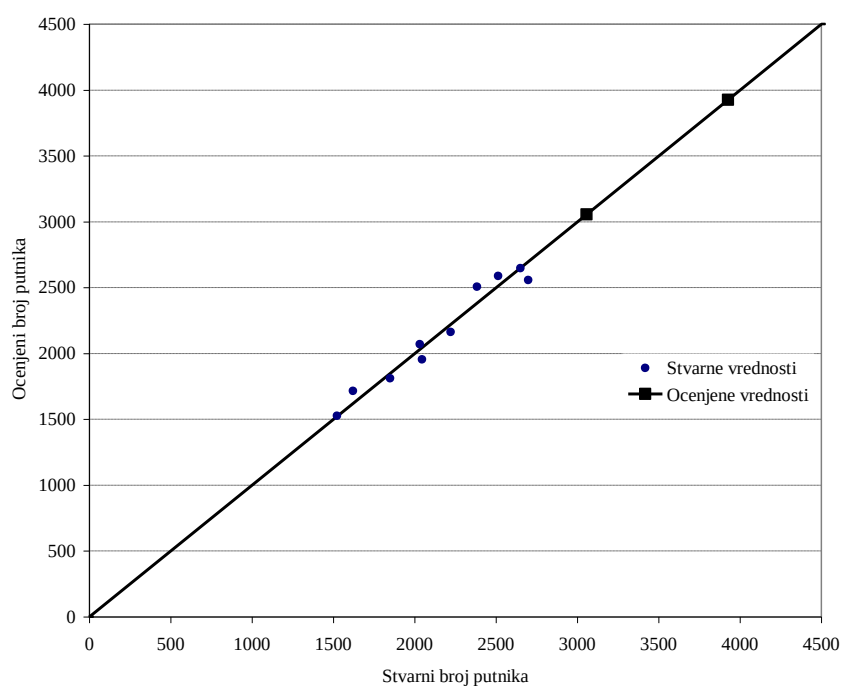
Na osnovu jednačine (4) izračunat je broj putnika sa Aerodroma za period 2001-2010, dok je 2011. uzeta kao kontrolna godina. Iz Tabele 2 se može videti da stvarni i ocenjeni broj putnika imaju trend porasta iz godine u godinu. Izuzetak je 2009. godina, kada su se u Srbiji intenzivnije osetili efekti svetske ekonomske krize a uticali su na to da se broj putnika u vazдушnom saobraćaju na godišnjem nivou smanji. Takođe se primećuje da se vrednost relativne greške nalazi u intervalu od 0.1 do 11.2%, što predstavlja prihvatljiv rezultat. Koeficijent višestruke korelacije je $R = 0.979$, dok je koeficijent višestruke determinacije $R^2 = 0.9584$, a vrednost korigovanog koeficijenta determinacije je 0.9466, što potvrđuje valjanost modela i odabir odgovarajućih promenljivih.

Za ocenu ukupnog broja putnika sa Aerodroma “Nikola Tesla” u 2012. i 2015. godini potrebna je prognoza nezavisnih promenljivih za 2012. i 2015. godinu. Prema WTO (World Tourist Organization, 2000) za period 2012-2015. godine se očekuje da broj dolazaka stranih turista u Republiku Srbiju ima porast od 10% na godišnjem nivou. To znači da se u 2012. godini očekuje 841 hiljada, a u 2015. godini 1119 hiljada stranih turista (Tabela 3). Očekivana vrednost BDP po glavi stanovnika prema Trading Economics (2012) je 6390 i 8300 američkih dolara za 2012. i 2015. godinu respektivno (Tabela 3). Uzimajući u obzir ove vrednosti (broj stranih turista i BDP po glavi stanovnika) i na osnovu njihove funkcionalne veze sa zavisnom promenljivom (4), izračunat je broj putnika sa Aerodroma “Nikola Tesla” u 2012. i 2015. godini (Tabela 3). Za 2012. godinu ovaj broj je oko 3 miliona, dok se u 2015. godini očekuje blizu 4 miliona putnika.

Tabela 3. Ocenjene vrednosti *Tarr*, *BDPpc* i *Pax* za 2012. i 2015. godinu

Godina	Dolasci stranih turista (hiljade)	BDP po glavi stanovnika (USD)	Ocenjeni broj putnika (hiljade)
2012	841	6390	3056
2015	1119	8300	3926

Ako se na istom grafiku prikažu stvarne i ocenjene vrednosti (Slika 10), može se videti da je odstupanje u odnosu na idealan slučaj prihvatljivo, a što potvrđuje i $R^2=0.9584$.

**Slika 10.** Poređenje stvarnih i ocenjenih vrednosti (broj putnika u hiljadama)

6.2. Raspodela putovanja po pojedinim zonama (trip distribution)

U ovom poglavlju je prikazano određivanje raspodele putovanja po pojedinim zonama, odnosno raspodela putovanja sa Aerodroma “Nikola Tesla” ka pojedinim državama. Broj posmatranih država je povećan u odnosu na rad Kalićeve i ostalih (2012), tako da su razmatrani tokovi putnika ka 20 država (u radu ka 14 država). Na osnovu raspoloživih podataka (bilten Saobraćaj i veze 2004-2010) uočene su države sa dominantnim putničkim tokovima sa Aerodroma “Nikola Tesla”. Skup od dvadeset izabranih država obuhvata 62, 66, 68, 88, 90, 93 i 87% ukupnih putovanja u 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009. i 2010. godini, respektivno. Broj putnika ka odabranim državama za pomenuti period dat je u Tabeli 4.

Tabela 4. Najveći putnički tokovi (u hiljadama putnika) sa Aerodroma “Nikola Tesla” (2004-2010)

Država	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austrija	91	110	111	126	148	145	203
Belgija	9	9	12	11	11	8	12
Danska	30	25	27	0	28	24	35
Francuska	106	108	119	123	127	130	129
Grčka	43	87	71	106	115	98	77
Holandija	28	24	30	0	42	27	47
Italija	141	108	139	165	137	123	132
Nemačka	226	257	309	479	473	487	538
Švedska	38	32	38	12	48	44	49
Velika Britanija	110	111	118	65	129	124	136
Češka Republika	52	54	54	51	36	30	41
Slovenija	8	8	12	26	17	14	25
Makedonija	36	27	41	46	40	42	47
Ruska Federacija	89	100	118	123	130	126	133
Švajcarska	137	142	165	193	197	187	177
Bosna i Hercegovina	33	20	23	26	30	24	24
Tunis	27	43	49	31	50	49	41
Turska	64	75	67	104	110	126	106
Norveška ¹⁰	-	-	-	46	17	16	19
Crna Gora ¹¹	-	-	-	489	507	385	374

¹⁰U periodu 2004-2007. godine nije bilo saobraćaja sa Aerodroma “Nikola Tesla” ka Norveškoj

¹¹Crna Gora je postala nezavisna država u maju 2006. godine, a podataka za prethodne godine nema u korišćenom izvoru

Uzimajući u obzir zvanične podatke o godišnjem broju putnika, moguće je izračunati procentualno učešće broja putnika ka svakoj od izabranih država u ukupnom broju putnika na Aerodromu “Nikola Tesla”. Ovaj procenat je izračunat za period 2004-2010. godine (Tabela 5). Putnički tokovi za 2012. i 2015. godinu su ocenjeni na osnovu istorijskih podataka (2004-2010), ekspertskog mišljenja autora uzimajući u obzir postojeću konkurenciju i trendove na vazduhoplovnom tržištu. Pretpostavljeno je da će raspodela putovanja po državama izražena u relativnim vrednostima biti ista u 2012. i 2015. godini. U Tabeli 5 je data raspodela putovanja sa Aerodroma “Nikola Tesla” po državama za period 2004-2010. godine, kao i ocenjene vrednosti (relativne i apsolutne) za 2012. i 2015. godinu. Još jednom treba napomenuti da je istraživanje rađeno početkom 2012. godine.

Na osnovu ocenjenog broja putnika sa Aerodroma “Nikola Tesla” u 2012. i 2015. godini, kao i ocenjenog procentualnog učešća tokova ka izabranim državama, moguće je izračunati broj putnika ka ovim državama za 2012. i 2015. godinu (Tabela 5).

Tabela 5. Raspodela putovanja sa Aerodroma “Nikola Tesla” po državama

Država	Učešće u ukupnom toku (%)							Ocenjeno učešće u ukupnom toku (%)	Ocenjeni tok (hiljade)	
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012-2015	2012	2015
Austrija	4.44	5.42	4.99	5.03	5.58	6.08	7.51	8	244	314
Belgija	0.45	0.46	0.55	0.44	0.41	0.33	0.46	0.5	15	20
Danska	1.46	1.22	1.22	-	1.07	1.02	1.28	1.3	40	51
Francuska	5.20	5.33	5.33	4.91	4.77	5.44	4.78	5	153	196
Grčka	2.12	4.29	3.20	4.22	4.35	4.13	2.86	4	122	157
Holandija	1.37	1.19	1.35	-	1.58	1.15	1.73	1.75	53	69
Italija	6.89	5.31	6.27	6.57	5.18	5.14	4.89	5.5	168	216
Nemačka	11.07	12.63	13.88	19.07	17.86	20.43	19.93	21	642	824
Švedska	1.85	1.58	1.71	0.46	1.81	1.85	1.83	1.85	57	73
Velika Britanija	5.40	5.45	5.32	2.58	4.87	5.21	5.06	5.5	168	216
Češka Republika	2.56	2.64	2.42	2.04	1.37	1.25	1.53	1	31	39
Slovenija	0.41	0.38	0.56	1.05	0.66	0.57	0.92	1.3	40	51
Makedonija	1.76	1.33	1.84	1.81	1.49	1.75	1.74	1.75	53	69
Ruska Federacija	4.34	4.90	5.30	4.89	4.91	5.29	4.93	5.3	162	208
Švajcarska	6.71	7.00	7.41	7.69	7.45	7.85	6.57	7.5	229	294
Bosna i Hercegovina	1.61	0.98	1.06	1.04	1.11	0.99	0.90	1	31	39
Tunis	1.30	2.12	2.22	1.25	1.88	2.07	1.52	1.6	47	61
Turska	3.13	3.71	3.02	4.13	4.16	5.27	3.93	5	153	196
Norveška				1.82	0.65	0.66	0.71	0.75	23	29
Crna Gora				19.48	19.12	16.15	13.86	15	458	589

U Tabeli 5 se može videti da je ocenjeno procentualno učešće nekih tokova u ukupnom broju putnika sa aerodroma približno jednako učešću iz prethodnih godina. To je slučaj sa Belgijom, Danskom, Francuskom, Holandijom, Švedskom, Makedonijom, Bosnom i Hercegovinom i Norveškom.

Ka nekim državama se uočava trend povećanja procentualnog učešća, kao u slučaju Austrije, Italije, Nemačke, Velike Britanije, Ruske Federacije, Švajcarske i Turske. Karakteristika ovih destinacija jeste prisustvo niskotarifnih prevozlaca, aviokompanija koje su u fazi intenzivnog širenja i učvršćivanja pozicije na tržištu (Turkish Airlines) i velikih habova (Cirih, Frankfurt, Minhen), a sve to utiče na generisanje novih putovanja i jačanje tokova.

6.3. Raspodela putovanja po gradovima – mreža linija

Nakon ocenjene raspodele putovanja po državama, treba odabrati aerodrome ka kojima će se obavljati saobraćaj. U izabranim državama (Poglavlje 6.2) razmatrana su 34 odredišna grada (Tabela 6), ka kojima se letelo sa Aerodroma “Nikola Tesla” u 2012. godini (zvanični red letenja aerodroma). Na osnovu frekvencija letenja sa Aerodroma “Nikola Tesla” (red letenja iz 2012. godine) i pod pretpostavkom da je broj putnika proporcionalan frekvenciji, ocenjena su putovanja ka gradovima u pomenutim državama. Ova raspodela putovanja je potrebna kako bi se mogao oceniti udeo novog prevozioca u tokovima ka izabranim gradovima (za 2012. i 2015. godinu), na osnovu čega bi se planirala mreža linija i red letenja, što predstavlja ulazne podatke za srednjoročno planiranje i odabir flote vazduhoplovnog prevozioca.

Tabela 6. Raspodela putovanja po gradovima (broj putnika u hiljadama) za 2012. i 2015. godinu

Grad	2012	2015	Grad	2012	2015
Beč	244	314	Malme	18	23
Brisel	15	20	Geteborg	12	15
Kopenhagen	40	51	London	168	216
Pariz	153	196	Prag	31	39
Atina	73	94	Ljubljana	40	51
Solun	24	31	Skoplje	53	69
Amsterdam	37	48	Moskva	162	208
Ajndhoven	16	21	Cirih	196	252
Rim	134	173	Bern	33	42
Milano	34	43	Sarajevo	31	39
Minhen	217	279	Hurgada	22	29
Frankfurt	198	255	Enfidha	14	18
Štutgart	85	109	Monastir	6	7
Dizeldorf	52	67	Istanbul	138	177
Berlin	42	55	Oslo	23	29
Dortmund	38	48	Tivat	252	324
Stokholm	27	34	Podgorica	206	265

U daljem tekstu će biti detaljnije objašnjene izabrane destinacije (na osnovu postojećeg stanja sa početka 2012. godine) kako bi se odredila konačna mreža linija, na kojoj bi se saobraćaj obavljao direktnim letovima iz Beograda.

Beograd – Beč je linija na kojoj saobraćaju 3 avioprevozioca, i to nacionalni prevozioci Austrije i Srbije Austrian Airlines i Jat Airways, i austrijski niskotarifni avioprevozilac Niki Luftfahrt. Nedeljno se obavljaju 43 leta kao letovi sa podeljenim kodom (Austrian Airlines i Jat Airways), i 12 letova koje obavlja Niki. Saobraćaj se obavlja avionima ATR72 (kapacitet 66), Fokker 100 (kapaciteta 100), Bombardier Q400 (kapaciteta 76) i Boeing 737-600 (kapaciteta 184). Prosečan kapacitet vazduhoplova na ovoj liniji jeste 107. Ako se pogleda profil putnika koji lete na ovoj liniji (podaci iz anketa koje su sprovedene na Aerodromu “Nikola Tesla” 2002, 2003, 2005 i 2006. godine) može se videti da se odnos poslovni – neposlovni putnici menja iz godine u godinu tako što se povećava broj neposlovnih putovanja. Za navedene godine ovaj odnos je 74-26%, 60-40%, 59-41% i 50-50%, respektivno. Ukupan tok putnika ka Beču je u stvari ukupan tok ka Austriji. S obzirom da na ovoj liniji saobraća niskotarifni avioprevozilac, udeo

novog prevozioca bi na ovoj liniji bio manji nego što bi se očekivalo na osnovu frekvencija letenja, jer bi cena prevoza bila odlučujući faktor. Ovaj udeo je procenjen na 20%.

Beograd – Brisel je linija na kojoj se saobraćaj obavlja na dva aerodroma. Na aerodrom u Briselu leti Jat Airways i to 6 puta nedeljno, dok na Charleroi aerodrom leti niskotarifni prevozilac Wizz Air 2 puta nedeljno. Saobraćaj se obavlja avionim Boeing 737-300 (124) i Airbus 320 (180), a prosečan kapacitet je 152. Većina putnika na ovoj liniji su poslovni putnici. Ukupan tok putnika ka Briselu je u stvari ukupan tok ka Belgiji. Kako bi novi prevozilac za konkurenta imao niskotarifnog prevozioca, to se njegov udeo na ovoj liniji procenjuje na 50% (cena karte je odlučujući faktor).

Na liniji Beograd – Kopenhagen Jat Airways nedeljno obavlja 4 leta, dok niskotarifni prevozilac Norwegian Air Shuttle obavlja 2 leta. Leti se avionima Boeing 737-300 (124) i 737-800 (189) sa prosečnim kapacitetom 157. Kako se iz Beograda jedino leti za Kopenhagen, to tok putnika ka Kopenhagenu predstavlja ukupan tok putnika ka Danskoj u kome bi novi prevozilac učestvovao sa 35% (konkurent je niskotarifni prevozilac).

Na liniji Beograd – Pariz Jat Airways obavlja 11, a Air France 7 letova nedeljno, avionima Boeing 737-300 (Jat Airways) i Airbus 319 (Air France). Kapaciteti ovih aviona su 124, odnosno 138, a prosečna veličina aviona je 131. S obzirom da je Pariz jedina destinacija u Francuskoj ka kojoj postoji vazdušni saobraćaj iz Beograda, to je tok putnika ka Parizu isti kao tok putnika ka Francuskoj. Pošto se saobraćaj obavlja zajedničkim letovima sa podeljenim kodom, to se može pretpostaviti da će udeo novog prevozioca biti oko 50%.

Putnički tok ka Grčkoj se razdvaja na tokove ka Atini i ka Solunu. Beograd – Atina je linija na kojoj saobraćaju dva avioprevozioca, i to Jat Airways 9 puta nedeljno avionom ATR 7 (66) i Olimpyc Air 7 puta nedeljno avionom Bombardier Q400 (78). Prosečna veličina aviona na ovoj liniji je 72. Beograd – Solun je linija na kojoj je jedini prevozilac Jat Airways, a koji leti 5 puta nedeljno avionom ATR 72 kapaciteta 66. Kako bi se odredili tokovi putnika ka Atini i Solunu, ukupan tok putnika ka Grčkoj je umanjen za čarter saobraćaj koji se obično obavlja tokom letnje sezone ka grčkim letovalištim. Preostali saobraćaj je na osnovu postojećeg reda letenja, uz pretpostavku

da će ista situacija biti i 2015. godine, podeljen u odnosu 75% ka Atini, a ka Solunu 25% ukupnog toka umanjenog za čarter saobraćaj. U ovim tokovima bi novi prevoznik učestvovao sa 60% ka Atini, odnosno 100% ka Solunu.

Tok putnika ka Holandiji deli se na dve destinacije Amsterdam i Ajndhoven. Beograd – Amsterdam je linija na kojoj saobraćaj obavljaju Jat Airways i KLM 7 puta nedeljno zajedničkim letovima sa podeljenim kodom. Saobraćaj se obavlja avionima Boeing 737-300 kapaciteta 124, odnosno 129, što je u proseku 127. Na osnovu postojećeg reda letenja, uz pretpostavku da će ista situacija biti i 2015. godine, procenjeno je da 70% ukupnog putničkog toka ide ka Amsterdamu, a uzimajući u obzir da se radi o letovima sa podeljenim kodom, može se očekivati da novi prevoznik učestvuje u toku sa 50%. 30% ukupnog toka ka Holandiji je usmereno ka Ajndhovenu. Beograd – Ajndhoven je linija na kojoj saobraća jedino Wizz Air avionom Airbus 320 (180). S obzirom da na ovoj liniji saobraća samo niskotarifni prevoznik, pretpostavka je da novi avioprevoznik ne bi mogao da bude konkurentan po pitanju cena, te se ova linija dalje neće razmatrati.

U Italiji se uočavaju dva odredišta i to Rim i Milano. Na liniji Beograd – Rim saobraćaj obavljaju Jat Airways (Boeing 737-300 kapaciteta 124) i Alitalia (Airbus 320 kapaciteta 165) sa 35 zajedničkih letova sa podeljenim kodom nedeljno i niskotarifni Wizz Air 2 puta nedeljno (Airbus 320 kapaciteta 180). Prosečan kapacitet aviona na ovoj liniji je 156. Na liniji Beograd – Milano Jat Airways i Alitalia obavljaju 6 zajedničkih letova nedeljno avionima Boeing 737 (124), a Air One leti 3 puta nedeljno avionom Airbus 320 (180), te je prosečna veličina aviona 152. Uzimajući u obzir postojeći red letenja uz pretpostavku da će ista situacija biti i 2015. godine, procenjeno je da se ukupan putnički tok deli tako što ka Rimu ide 80% putnika, od kojih bi 25 % moglo da koristi usluge novog prevoznika, a ka Milanu preostalih 20% od kojih bi novi prevoznik mogao da uzme 20%. Ovako nizak procenat putnika koji bi koristili usluge novog prevoznika se može objasniti postojanjem konkurencije koja ima povoljnije cene prevoza.

Kada se govori o putničkom toku ka Nemačkoj, može se uočiti veći broj manjih tokova. Iz Beograda se leti ka Minhenu i Memingenu (manji aerodrom u blizini Minhena) a sve je uračunato u putnički tok ka Minhenu. Lufthansa obavlja saobraćaj ka Minhenu 21 put nedeljno avionima Embraer 195 (116), Canadair Regional Jet 900 (86), a ka Memingenu leti Wizz Air 2 puta nedeljno avionom Airbus 320 (180). Prosečna veličina

aviona na ovoj liniji je 127. Ka Frankfurtu lete Lufthansa i Jat Airways sa nedeljnim frekvencijama 14 i 7 avionima Airbus 320 (168) i Boeing 737-300 (124), te je prosečna veličina aviona 146. Ka Štutgartu se nedeljno obavlja 6 letova – 3 obavlja Jat Airways avionom Boeing 737-300 (124), a 3 niskotarifni Germanwings avionom Airbus 319 (156), te je prosečna veličina aviona 140. Beograd – Dizeldorf je linija na kojoj saobraća samo Jat Airways 7 puta nedeljno avionom Boeing 737-300 (124). Ka Berlin takođe saobraća samo Jat Airways 6 puta nedeljno Avionom Boeing 737-300 (124). Na liniji Beograd – Dortmund nema konkurencije, već je niskotarifni prevoznik Wizz Air koji 3 puta nedeljno leti avionom Airbus 320 (180) jedini avioprevoznik. Ova linija neće biti dalje razmatrana iz istih razloga kao i linija Beograd – Ajndhoven. Na osnovu postojećeg reda letenja, uz pretpostavku da će ista situacija biti i 2015. godine može se ustanoviti da su najjači tokovi ka Minhenu (oko 1/3 ukupnog toka) i Frankfurtu (1/3 ukupnog toka). Preostali putnički tok se deli ka Štutgartu oko 13%, Dizeldorfu oko 8%, Berlinu oko 6.5% i Dortmundu oko 6%. Novi prevoznik bi u ovim tokovima učestvovao sa 10% ka Minhenu jer bi se saobraćaj na toj liniji ponovo uspostavio, tako da se ne bi mogao očekivati veliki broj putnika. Na liniji ka Frankfurtu učešće bi bilo oko 30% jer je Frankfurt jedan od habova značajnih za tržište novog prevoznika, a konkurencija je Lufthansa. S obzirom da je na liniji Beograd – Štutgartu konkurentni prevoznik niskotarifni Germanwings, udeo novog prevoznika se procenjuje na 15%. Dizeldorf i Berlin su linije na kojima bi novi prevoznik obavljao celokupan saobraćaj.

U Švedskoj se uočavaju tri odredišta i to Stockholm, Malme i Geteborg. Beograd – Stockholm je linija na kojoj saobraćaj obavljaju tri avioprevoznika na dva aerodroma, i to Jat Airways koji leti 5 puta nedeljno ka aerodromu Arlanda avionom Boeing 737-300 (124), niskotarifni Norwegian Air Shuttle 2 puta nedeljno avionom Boeing 737-800 (189), takođe ka aerodromu Arlanda, dok Wizz Air leti na aerodrom Skavska 2 puta nedeljno avionom Airbus 320 (180). Prosečna veličina aviona je 164. Beograd – Malme je linija koja nije od značaja za novog prevoznika jer na njoj jedino leti niskotarifni avioprevoznik Wizz Air (5 puta nedeljno avionom Airbus 320 (180)), te neće biti razmatrana. Iz Beograda ka Geteborgu leti 2 puta nedeljno Jat Airways avionom Boeing 737-300 (124), a Wizz Air leti na Geteborg Siti aerodrom 3 puta nedeljno avionom Airbus 320 (180). Prosečna veličina aviona je 152. Ukupan putnički tok ka Švedskoj se na pomenute tri destinacije deli u odnosu 47%, 32% i 21%, respektivno, ako se u obzir

uzme postojeći red letenja uz pretpostavku da će ista situacija biti i 2015. godine. Na liniji Beograd – Stockholm, novi prevozilac bi učestvovao sa 40% (s obzirom na niskotarifnu konkurenciju), dok bi na liniji Beograd – Geteborg njegovo učešće bilo 30% (takođe uz prisustvo niskotarifne konkurencije).

Na liniji Beograd – London lete dva avioprevozioca na tri londonska aerodroma. Jat Airways leti na London Getvik 3 puta nedeljno i na London Hitrou 9 puta nedeljno avionom Boeing 737-300 (124), dok na London Luton leti niskotarifni prevozilac Wizz Air 4 puta nedeljno avionom Airbus 320 (180). Prosečna veličina aviona je 152. Celokupan putnički tok ka Velikoj Britaniji je usmeren ka Londonu, a novi prevozilac bi u njemu učestvovao sa 40%.

Beograd – Prag je linija na kojoj se saobraćaj ranijih godina obavljao, ali se više ne obavlja. Ako se pogledaju linije iz Praga ka jugoistočnoj Evropi, može se videti da se leti ka Bukureštu (Boeing 737-500 i Airbus 319) i ka Sofiji (Bea 146), pa bi se moglo pretpostaviti da bi kapacitet na pomenutim linijama odgovarao liniji Beograd – Prag (oko 120). Celokupan putnički tok ka Češkoj Republici je usmeren ka Pragu. S obzirom da bo ova linija bila nova, tj. ponovo uspostavljena linija koja je ranijih godina postojala, na osnovu podataka iz prethodnih godina procenjeno je da bi novi prevozilac mogao da ima učešće u ovom toku oko 30%.

Na liniji Beograd – Ljubljana saobraćaj obavljaju Jat Airways i Adria zajedničkim letom sa podeljenim kodom 7 puta nedeljno i to avionom Canadair Regional Jet 200 čiji je kapacitet 50. Kako je Ljubljana jedina destinacija u Sloveniji ka kojoj postoji vazdušni saobraćaj, to je celokupan putnički tok ka Sloveniji usmeren ka Ljubljani, a imajući u vidu da se obavljaju zajednički letovi sa podeljenim kodom pretpostavljeno je da će udeo novog prevozioca biti 50%.

Beograd – Skoplje je linija na kojoj leti samo Jat Airways avionom ATR72 (66) 13 puta nedeljno. S obzirom da je saobraćaj ka Ohridu zanemarljiv, može se reći da je tok putnika ka Skoplju isti kao tok putnika ka Makedoniji. Celokupan saobraćaj bi obavljao novi prevozilac.

Iz Beograda ka Moskvi saobraćaj obavljaju Aeroflot i Jat Airways zajedničkim letovima sa podeljenim kodom 17 puta nedeljno, avionima Airbus 320 (140) i Boeing 737-300

(124), te je prosečna veličina aviona 132. Celokupan putnički tok ka Ruskoj Federaciji je usmeren ka Moskvi, a novi prevozilac bi imao učešće oko 50%.

Na liniji Beograd – Cirihi saobraćaju Jat Airways i Swiss International Air Lines. Nedeljne frekvencije su 10 i 14, respektivno. Saobraćaj se obavlja avionima Boeing 737-300 (124), Airbus 320 (168), Airbus 319 (138) i Fokker 100 (100), te je prosečna veličina aviona 133. Na liniji Beograd – Bern saobraća aviokompanija SkyWork Airlines 4 puta nedeljno, avionom Bombardier Q400. Ova linija će biti izostavljena iz daljeg razmatranja, jer je glavni tok putnika usmeren ka Cirihi. Uzimajući u obzir postojeći red letenja uz pretpostavku da će ista situacija biti i 2015. godine, putnički tok ka Švajcarskoj se deli na tokove ka Cirihi 86% i ka Bernu 14% ukupnog toka. Na osnovu postojećeg reda letenja i ekspertskog mišljenja procenjeno je da će novi prevozilac na liniji ka Cirihi učestvovati sa 36%.

Iz Beograda ka Sarajevu saobraćaj obavlja Jat Airways i B&H Airlines zajedničkim letovima sa podeljenim kodom 14 puta nedeljno avionom ATR72 (66). Celokupan putnički tok ka Bosni i Hercegovini je usmeren ka Sarajevu, a jedini prevozilac na toj liniji bi bio novi prevozilac.

Beograd – Hurgada i Beograd – Enfidha su čarter linije i iz tog razloga neće biti razmatrane. Na liniji Beograd – Monastir saobraćaj obavlja Jat Airways 2 puta nedeljno avionom Boeing 737-300 (124), što predstavlja oko 12% ukupnog putničkog toka ka Tunisu ako se oceni na osnovu postojećeg reda letenja, uz pretpostavku da će ista situacija biti i 2015. godine. Celokupan saobraćaj ka Monastiru bi obavljao novi prevozilac.

Na liniji Beograd – Istanbul saobraćaj obavlja dva vazduhoplovna prevozioca i to Turkish Airlines i Jat Airways sa nedeljnim frekvencijama 14 i 5, respektivno. Leti se avionima Boeing 737-300 (124), ATR72 (66), Airbus 320 (159) i Boeing 737-800 (189), te je prosečna veličina aviona 135. Ukupan putnički tok ka Turskoj je umanjen za čarter saobraćaj koji se obavlja obično tokom letnje sezone i to ka letovalištima, a preostali tok je usmeren ka Istanbulu. Na ovoj liniji bi konkurent bila aviokompanija koja je u usponu i čija je ponuda veoma privlačna za putnike kako po pitanju cene prevoza, tako i po kvalitetu pružene usluge, te bi učešće novog prevozioca bilo oko 25%.

Na liniji Beograd – Oslo leti samo jedan niskotarifni avioprevoznik Norwegian Air Shuttle, tako da ova linija nije od značaja za novog prevoznika, pa neće biti razmatrana. Celokupan putnički tok ka Norveškoj je usmeren ka Oslu.

Na linijama Beograd – Tivat i Beograd – Podgorica saobraćaju Jat Airways i Montenegro Airlines avionima ATR 72 (66) i Fokker 100 (100), te je prosečna veličina aviona 83. Nedeljne frekvencije Jat Airwaysa i Montenegro Airlinesa ka Tivtu su 33, odnosno 21, dok ka Podgorici obe aviokompanije obavljaju po 21 let nedeljno. Putnički tok ka Crnoj Gori se deli na tok ka Podgorici 45% i ka Tivtu 55% ukupnog toka, ako se u obzir uzme postojeći red letenja uz pretpostavku da će ista situacija biti i 2015. godine. Tivat i Podgorica su linije na kojima bi konkurent bila aviokompanija koja je u usponu i čija je ponuda veoma privlačna za putnike kako po pitanju cene prevoza, tako i po kvalitetu pružene usluge, te bi učešće novog prevoznika bilo 15%, odnosno 13%, respektivno.

Polazeći od 34 aerodroma u ovoj disertaciji, na osnovu prethodne analize, odabrano je 27 aerodroma (u radu Kalićeve i ostalih (2012) razmatrano je 17 aerodroma, dakle mreža je proširena za 10 novih aerodroma). U Tabeli 7 su date odabrane linije na kojima bi novi prevoznik mogao da leti, njegovo procentualno učešće u ukupnom toku na posmatranoj liniji, kao i izračunati broj putnika u hiljadama za 2012. i 2015. godinu. Procentualno učešće u ukupnom toku na posmatranoj liniji određeno je na osnovu ekspertskog mišljenja autora i predašnjeg iskustva (radovi koji su rađeni na ovu temu, Kalić i ostali, 2012).

Tabela 7. Ocenjeno procentualno učešće i broj putnika novog prevozioca na odabranim linijama za 2012. i 2015. godinu

Redni broj	Grad	Rastojanje (km)	Ocenjeno učešće (%)	Broj putnika (hiljade)	
				2012	2015
1.	Beč	464	20	49	63
2.	Brisel	1355	50	8	10
3.	Kopenhagen	1316	35	14	18
4.	Pariz	1422	50	76	98
5.	Atina	823	60	44	57
6.	Solun	525	100	24	31
7.	Amsterdam	1409	50	19	24
8.	Rim	732	25	34	43
9.	Milano	909	20	7	9
10.	Minhen	759	10	22	28
11.	Frankfurt	1055	30	59	76
12.	Štutgart	947	15	13	16
13.	Dizeldorf	1233	100	52	67
14.	Berlin	993	100	42	55
15.	Stokholm	1656	40	11	14
16.	Geteborg	1530	30	4	5
17.	London	1699	40	67	86
18.	Prag	742	30	9	12
19.	Ljubljana	481	50	20	26
20.	Skoplje	335	100	53	69
21.	Moskva	1724	50	81	104
22.	Cirih	951	36	71	91
23.	Sarajevo	191	100	31	39
24.	Monastir	1290	100	6	7
25.	Istanbul	813	25	34	44
26.	Tivat	252	15	38	49
27.	Podgorica	206	13	27	34

6.4. Faza 1: određivanje okvirne strukture flote vazduhoplovnog prevozioca primenom fazi logike

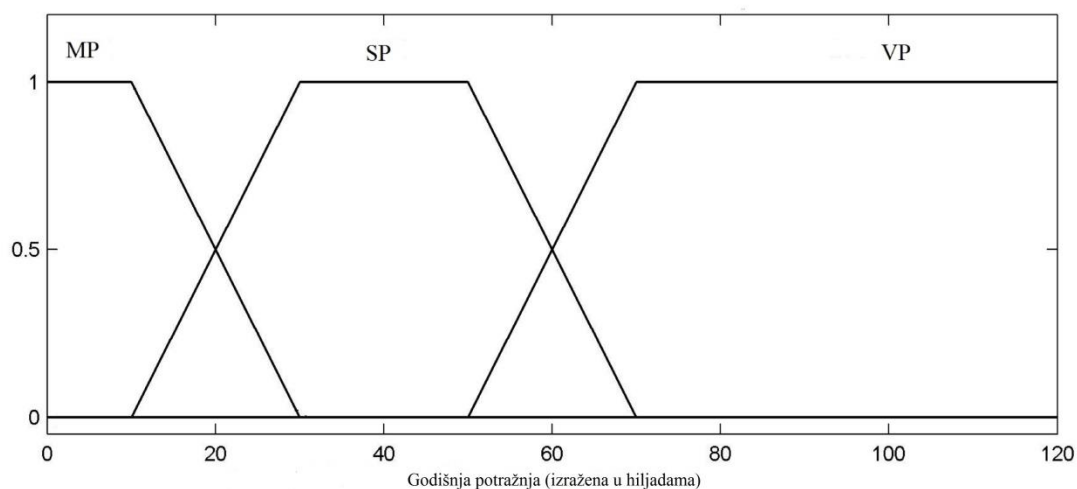
U ovom poglavlju će biti prikazana primena prve faze trofaznog modela, tj. određivanje okvirne strukture flote na primeru hipotetičke aviokompanije. Za određivanje okvirne

strukture flote razvijen je fazi logički sistem kojim se na osnovu godišnje putničke potražnje i dužine linije određuje indeks preferencije aviokompanije za upotrebu malog vazduhoplova na posmatranoj liniji. Kako bi se ocenila valjanost fazi modela, korišćena su dva skupa podataka, i to obučavajući i kontrolni skup. Vrednosti indeksa preferencije koje su dobijene primenom fazi logike su poređene sa proračunatim indeksom preferencije. Proračunati indeks preferencije je računat na osnovu podataka iz zvaničnih redova letenja o vazduhoplovima koji su leteli na posmatranim linijama u periodu 2001-2010. godine. Nakon izvršene validacije, fazi logičkim sistemom je ocenjena jačina preferencije za upotrebu malog vazduhoplova na definisanoj mreži linija (Poglavlje 6.3) u 2012. i 2015. godini.

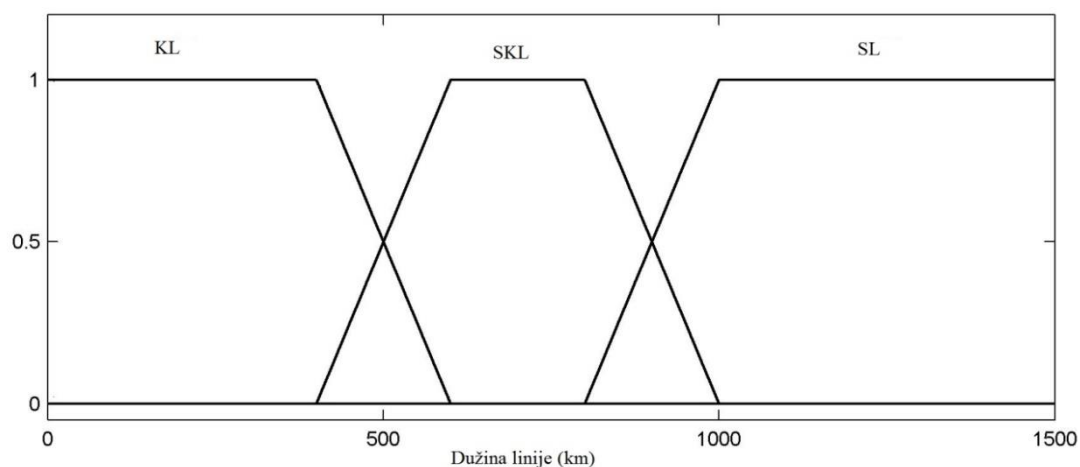
Kao što je pomenuto u prethodnim poglavljima, osnovna pretpostavka u modelu jeste da se svi vazduhoplovi mogu svrstati u dve kategorije, i to male i vazduhoplove srednje veličine. Mali vazduhoplovi su oni vazduhoplovi čiji je kapacitet od 50 do 100 sedišta, dok se pod vazduhoplovima srednje veličine podrazumevaju vazduhoplovi čiji je kapacitet 101-200 putničkih sedišta. Svaka od ovih kategorija sadrži različite tipove vazduhoplova koji se razlikuju po kapacitetu, tehničkim karakteristikama, dimenzijama, nivou buke koji generišu, dužini PSS potrebnoj za poletanje, odnosno sletanje.

Potražnju za prevozom i dužinu linije moguće je opisati fazi skupovima. Za opisivanje putničke potražnje i dužine linije je na osnovu predašnjeg iskustva (Kalić i ostali, 2014) odlučeno da se koriste trapezasti fazi skupovi. Tako se putnička potražnja na godišnjem nivou može opisati trapezastim fazi skupovima kao *Mala* (MP), *Srednja* (SP) i *Velika* (VP) (Slika 11, preuzeta iz Matlab aplikacije), dok se dužina linije može opisati trapezastim rasplnutim skupovima kao *Kratka* (KL), *Srednje kratka* (SKL) i *Srednja* (SL) (Slika 12, preuzeta iz Matlab aplikacije).

Baza fazi pravila za utvrđivanje jačine preferencije u algoritmu aproksimativnog rezonovanja je potpuna i sastoji se od 9 pravila, kao što je rečeno u Poglavlju 5.1. Za poznatu godišnju potražnju i dužinu linije, korišćenjem pravila aproksimativnog rezonovanja utvrđuje se jačina preferencije za upotrebu malog vazduhoplova na svakoj liniji. Indeks preferencije (p_m) se dobija primenom MAX-MIN pravila, a defazifikacija se vrši primenom centra gravitacije.

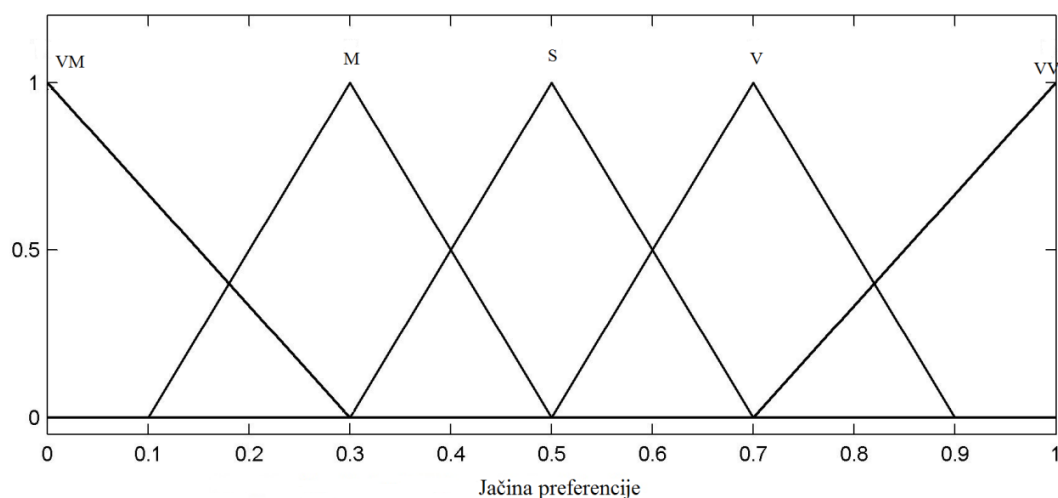


Slika 11. Fazi skupovi koji opisuju potražnju za prevozom na godišnjem nivou



Slika 12. Fazi skupovi koji opisuju dužinu linije

Pri izboru vazduhoplova za datu liniju svaki avioprevoznik ima određenu preferenciju za izbor malog vazduhoplova kojim će obavljati saobraćaj, a ona može biti “jača” ili “slabija”. Sa opadanjem jačine preferencije, smanjuje se i vrednost indeksa preferencije, tako da će na linijama na kojima se koriste vazduhoplovi srednje veličine njegova vrednost biti 0. Jačinu preferencije za upotrebu malog vazduhoplova na određenoj liniji moguće je opisati trouglastim fazi skupovima kao *Veoma malu* (VM), *Malu* (M), *Srednju* (S), *Veliku* (V) i *Veoma veliku* (VV), (Slika 13, preuzeta iz Matlab aplikacije).



Slika 13. Fazi skupovi koji opisuju jačinu preferencije

Indeks preferencije za korišćenje malih vazduhoplova je izračunat na osnovu podataka o vazduhoplovima koji su korišćeni na izabranim linijama. Ovi podaci su uzeti iz sezonskih redova letenja Aerodroma “Nikola Tesla” u Beogradu za period zima 2001 – zima 2012. godine. Proračunati indeks preferencije (p_{mp}) je određen kao učešće broja malih vazduhoplova u ukupnom broju vazduhoplova kojima se letelo na posmatranoj liniji u periodu zima 2001 – zima 2009 (obučavajući skup), i njegova vrednost se kreće, kao što je pomenuto u intervalu 0-1. Najmanja vrednost 0 podrazumeva da se na posmatranoj liniji nije letelo malim avionom u posmatranom vremenskom periodu, dok vrednost indeksa preferencije 1 ima linija na kojoj se u posmatranom periodu letelo samo malim avionima. Broj malih aviona je računat kao suma broja različitih tipova aviona čiji je kapacitet manji od 100 za svaku posmatranu sezonu. U Tabeli 8 je dat primer za liniju Beograd – Cirihi. U Tabeli 8 se može videti da se malim vazduhoplovima letelo 10 puta (mali avioni su D93, 100, AR1), dok se avionima srednje veličine (M83, 320, 319, 733, 734) letelo 43 puta. Dakle, preferencija za korišćenje malog aviona iznosi $p_{mp}=10/53 = 0.19$.

Tabela 8. Avioni koji su korišćeni za obavljanje saobraćaja na liniji Beograd-Cirih u periodu 2001-2009. godine (obučavajući skup)

Sezona	Tipovi vazduhoplova korišćeni od strane inostranih aviokompanija	Tipovi vazduhoplova korišćeni od stranedomaćih aviokompnaija
Zima 2001	M83	733, D93
Leto 2002	320	733
Zima 2002	320	733
Leto 2003	319, 100	734, 733
Zima 2003	320, 100	734
Leto 2004	320, 100, AR1	734, 733
Zima 2004	320, 100	734, 733
Leto 2005	320, 100, 319	734, 733
Zima 2005	320, 100	734, 733
Leto 2006	319, 100	734, 733
Zima 2006	319, 100	734, 733
Leto 2007	320	733
Zima 2007	320	733
Leto 2008	320	733
Zima 2008	320	733
Leto 2009	320	733
Zima 2009	320	733

Za definisanu mrežu linija (Poglavlje 6.3) pri čemu se sa baznog aerodroma leti ka 27 destinacija, vrednosti proračunatog indeksa preferencije (p_{mp}), izračunate na prethodno opisani način za obučavajući skup podataka, date su u Tabeli 9.

Tabela 9. Proračunate vrednosti indeksa preferencije (p_{mp}) za korišćenje malog aviona

Redni broj	Destinacija	p_{mp}	Vazduhoplov	Redni broj	Destinacija	p_{mp}	Vazduhoplov
1.	Beč	0.63	Mali	15.	Stokholm	0	Srednji
2.	Brisel	0.12	Srednji	16.	Geteborg	0	Srednji
3.	Kopenhagen	0.11	Srednji	17.	London	0	Srednji
4.	Pariz	0.03	Srednji	18.	Prag	0.24	Srednji
5.	Atina	0.47	Srednji	19.	Ljubljana	1	Mali
6.	Solun	1	Mali	20.	Skoplje	0.59	Mali
7.	Amsterdam	0	Srednji	21.	Moskva	0	Srednji
8.	Rim	0.31	Srednji	22.	Cirih	0.19	Srednji
9.	Milano	0.48	Srednji	23.	Sarajevo	0.94	Mali
10.	Minhen	0.59	Mali	24.	Monastir	0	Srednji
11.	Frankfurt	0.09	Srednji	25.	Istanbul	0.59	Mali
12.	Štuttgart	0.6	Srednji	26.	Tivat	0.73	Mali
13.	Dizeldorf	0.33	Srednji	27.	Podgorica	0.70	Mali
14.	Berlin	0.11	Srednji				

Zbog uvedenih pretpostavki (kada proračunati indeks preferencije nije veći od 0.05, liniji se dodeljuje avion srednje veličine, dok se za preferenciju koja nije manja od 0.95 liniji dodeljuje mali avion) jačina preferencije za upotrebu malog vazduhoplova primenom fazi logičkog sistema neće se određivati za sve linije. Iz Tabele 9 se može videti da se iz daljeg razmatranja izuzimaju linije ka Solunu i Ljubljani (proračunata vrednost indeksa preferencije je 1), kojima se dodeljuju mali vazduhoplovi, kao i linije ka Parizu (proračunata vrednost indeksa preferencije je 0.03), Amsterdamu, Stokholmu, Geteborgu, Londonu, Moskvi i Monastiru (proračunata vrednost indeksa preferencije je 0) kojima se dodeljuju avioni srednje veličine. Dakle, za određivanje potrebne okvirne veličine aviona primenom fazi logičkog sistema ostaje 18 linija.

U Tabeli 10 je dat uporedni prikaz proračunatih (p_{mp}) i vrednosti indeksa preferencije dobijenih primenom fazi logike (p_m), kao i odgovarajuća veličina vazduhoplova za obučavajući skup. Za odabranih 18 linija, okvirna veličina vazduhoplova određena na osnovu p_{mp} i p_m se poklapa za 15 linija. Štuttgart, Prag i Istanbul su linije na kojima ima odstupanja po pitanju veličine vazduhoplova.

Tabela 10. Vrednosti p_{mp} i p_m i odgovarajuća veličina vazduhoplova (obučavajući skup)

Redni broj	Destinacija	p_{mp}		p_m	
1.	Beč	0.63	Mali	0.63	Mali
2.	Brisel	0.12	Srednji	0.10	Srednji
3.	Kopenhagen	0.11	Srednji	0.10	Srednji
4.	Atina	0.47	Srednji	0.28	Srednji
5.	Rim	0.31	Srednji	0.30	Srednji
6.	Milano	0.48	Srednji	0.22	Srednji
7.	Minhen	0.59	Mali	0.51	Mali
8.	Frankfurt	0.09	Srednji	0.10	Srednji
9.	Štuttgart	0.60	Mali	0.22	Srednji
10.	Dizeldorf	0.33	Srednji	0.10	Srednji
11.	Berlin	0.11	Srednji	0.16	Srednji
12.	Prag	0.24	Srednji	0.70	Mali
13.	Skoplje	0.59	Mali	0.90	Mali
14.	Cirih	0.19	Srednji	0.17	Srednji
15.	Sarajevo	0.94	Mali	0.90	Mali
16.	Istanbul	0.59	Mali	0.29	Srednji
17.	Tivat	0.73	Mali	0.67	Mali
18.	Podgorica	0.70	Mali	0.90	Mali

Proračunati indeks preferencije (p_{mp}) za kontrolni skup je određen kao učešće broja malih vazduhoplova u ukupnom broju vazduhoplova kojima se letelo na posmatranoj liniji u periodu zima 2002 – zima 2010. U Tabeli 11 je dat uporedni prikaz proračunatih (p_{mp}) i vrednosti indeksa preferencije dobijenih primenom fazi logike (p_m), kao i odgovarajuća veličina vazduhoplova za kontrolni skup. U ovom slučaju se može videti da se okvirne veličine vazduhoplova dobijene proračunom i primenom fazi logike podudaraju u 17 od ukupno 18 slučajeva. Jedini izuzetak je linija ka Pragu. Ovo odstupanje se može objasniti činjenicom da na toj liniji poslednjih godina nema saobraćaja, tako da je logično da se uzima manji avion pri otvaranju “nove” linije.

Tabela 11. Vrednosti p_{mp} i p_m i odgovarajuća veličina vazduhoplova (kontrolni skup)

Redni broj	Destinacija	p_{mp}	Vazduhoplov	p_m	Vazduhoplov
1.	Beč	0.66	Mali	0.60	Mali
2.	Brisel	0.06	Srednji	0.10	Srednji
3.	Kopenhagen	0.05	Srednji	0.11	Srednji
4.	Atina	0.48	Srednji	0.41	Srednji
5.	Rim	0.27	Srednji	0.30	Srednji
6.	Milano	0.46	Srednji	0.34	Srednji
7.	Minhen	0.6	Mali	0.50	Mali
8.	Frankfurt	0.06	Srednji	0.10	Srednji
9.	Štuttgart	0.48	Srednji	0.35	Srednji
10.	Dizeldorf	0.29	Srednji	0.10	Srednji
11.	Berlin	0.06	Srednji	0.16	Srednji
12.	Prag	0.29	Srednji	0.70	Mali
13.	Skoplje	0.57	Mali	0.9	Mali
14.	Cirih	0.17	Srednji	0.17	Srednji
15.	Sarajevo	0.94	Mali	0.90	Mali
16.	Istanbul	0.49	Srednji	0.29	Srednji
17.	Tivat	0.76	Mali	0.50	Mali
18.	Podgorica	0.70	Mali	0.52	Mali

Na osnovu validacije razvijenog fazi logičkog sistema koja je obavljena poređenjem sa proračunatim indeksom preferencije, zaključuje se da se fazi logički sistem može koristiti za ocenu indeksa preferencije u budućnosti.

Primenom fazi logičkog sistema koji kao ulazne podatke koristi ocenjeni broj putnika i dužinu linije, dobijena je okvirna struktura flote hipotetičkog vazduhoplovnog prevozioca za 2012. i 2015. godinu (Tabela 12). Može se primetiti da je linija ka Minhenu u prošlosti opsluživana malim vazduhoplovom, dok se, zbog ocenjenog povećanja putničke potražnje, očekuje upotreba vazduhoplova srednje veličine.

Tabela 12. Ocenjene vrednosti p_m i odgovarajuća veličina vazduhoplova za 2012. i 2015. godinu

Redni broj	Destinacija	2012		2015	
		p_m	Vazduhoplov	p_m	Vazduhoplov
1.	Beč	0.64	Mali	0.55	Mali
2.	Brisel	0.10	Srednji	0.10	Srednji
3.	Kopenhagen	0.10	Srednji	0.11	Srednji
4.	Atina	0.28	Srednji	0.28	Srednji
5.	Rim	0.30	Srednji	0.30	Srednji
6.	Milano	0.43	Srednji	0.43	Srednji
7.	Minhen	0.47	Srednji	0.36	Srednji
8.	Frankfurt	0.11	Srednji	0.10	Srednji
9.	Štutgart	0.34	Srednji	0.35	Srednji
10.	Dizeldorf	0.10	Srednji	0.10	Srednji
11.	Berlin	0.11	Srednji	0.12	Srednji
12.	Prag	0.7	Mali	0.64	Mali
13.	Skoplje	0.79	Mali	0.53	Mali
14.	Cirih	0.17	Srednji	0.17	Srednji
15.	Sarajevo	0.90	Mali	0.90	Mali
16.	Istanbul	0.29	Srednji	0.29	Srednji
17.	Tivat	0.90	Mali	0.90	Mali
18.	Podgorica	0.90	Mali	0.90	Mali

Kao izlaz iz ove faze dobijena su dva skupa linija: skup linija na kojima se saobraćaj obavlja malim avionima (Tabela 13) i skup linija na kojima se leti avionima srednje veličine (Tabela 14). U Tabeli 13 se može primetiti da na 8 linija saobraćaj treba obavljati malim avionima. Prvim dvema linijama (ka Solunu i Ljubljani, bold u Tabeli 13) je mali avion dodeljen odmah nakon proračunavanja indeksa preferencije, dok je za ostalih 6 linija indeks preferencije dobijen primenom fazi logičkog sistema.

Tabela 13. Linije na kojima se saobraćaj obavlja malim avionima

Redni broj	Destinacija
1.	Solun
2.	Ljubljana
3.	Beč
4.	Prag
5.	Skoplje
6.	Sarajevo
7.	Tivat
8.	Podgorica

Tabela 14. Linije na kojima se saobraćaj obavlja avionima srednje veličine

Redni broj	Destinacija
1.	Amsterdam
2.	Stokholm
3.	Geteborg
4.	London
5.	Moskva
6.	Monastir
7.	Pariz
8.	Atina
9.	Brisel
10.	Kopenhagen
11.	Rim
12.	Frankfurt
13.	Dizeldorf
14.	Berlin
15.	Cirih
16.	Istanbul
17.	Milano
18.	Minhen
19.	Štuttgart

U Tabeli 14 se može primetiti da na 19 linija saobraćaj treba obavljati avionima srednje veličine. Prvih 7 linija (bold u Tabeli 14) su izuzete iz razmatranja primenom fazi logike (odmah su im dodeljeni avioni srednje veličine, kao što je ranije pomenuto), dok su za ostalih 12 odluke o korišćenju aviona srednje veličine donete na osnovu izlaza iz fazi logičkog sistema.

Kako bi se odredio potreban broj malih i vazduhoplova srednje veličine (druga faza modela) potrebno je odrediti frekvencije letenja na linijama i definisati red letenja (odrediti momente poletanja).

6.5. Određivanje nedeljnog broja letova po linijama

Za mrežu linija definisanu u prethodnom poglavlju treba odrediti nedeljni broj letova po linijama. Kao što je ranije pomenuto i kao što se može videti u referentnoj literaturi (Wei i Hansen, 2007, Pitfield, 2010) pitanje frekvencije letenja i veličine vazduhoplova su usko povezani. Za poznatu potražnju za prevozom na nekoj liniji, u zavisnosti od uslova na tržištu (konkurencije, profila putnika, dužine linije, aerodroma na koje se leti i tome slično), vazduhoplovni prevoznik treba da donese odluku o frekvenciji, odnosno o veličinini vazduhoplova koji će obavljati saobraćaj na posmatranoj liniji.

U ovom poglavlju će biti određen nedeljni broj letova za svaku liniju. S obzirom da se “novi” prevoznik “pojavljuje” na već formiranom tržištu, pri određivanju nedeljnog broja letova na linijama u obzir će biti uzeta prognozirana potražnja i okvirna veličina vazduhoplova određena u prethodnom poglavlju. Frekvencije letenja na postojećim linijama su delimično razmatrane.

Pre određivanja nedeljnog broja letova usvojene su pretpostavke: minimalni nedeljni broj letova je 2 (odlazni i povratni let), dok je maksimalna vrednost 28 (14 povratnih letova). Gornja granica je usvojena iz razloga što se radi o aviokompaniji koja nije velika, tako da se smatra da veći broj letova ne bi bio opravdan.

U Tabeli 15 je za svaku liniju dat ocenjeni nedeljni broj putnika kao i minimalni i maksimalni nedeljni broj letova ako je pretpostavljen koeficijent popunjenosti koji je prihvatljiv za vazduhoplovnog prevoznika 75% (Clarke, 2007) za 2012. i 2015. godinu. Ocenjeni nedeljni broj putnika je izračunat deljenjem ocenjenog godišnjeg broja putnika brojem nedelja u godini. Kao što je ranije pomenuto, pod malim avionima se podrazumevaju avioni čiji je kapacitet 50-100, dok su srednji avioni sa kapacitetom 101-200 putničkih sedišta. Minimalni nedeljni broj letova ($f_{min75(2012)}$ i $f_{min75(2015)}$) je izračunata za 75% popunjenosti putničke kabine aviona maksimalnog kapaciteta

odgovarajuće kategorije (za male je to 100, dok je za srednje avione 200), dok maksimalni nedeljni broj letova ($f_{max75(2012)}$ i $f_{max75(2015)}$) odgovara popunjenosti od 75% minimalnog kapaciteta aviona odgovarajuće kategorije (za male avione 50, a za srednje 101).

Tabela 15. Proračunati nedeljni broj letova na linijama za koeficijent popunjenosti 75% u 2012. i 2015. godini

Redni broj	Grad	Nedeljni broj putnika		2012				2015
		2012	2015	$f_{min75(2012)}$	$f_{max75(2012)}$	$f_{min75(2015)}$	$f_{max75(2015)}$	
1.	Beč	940	1208	13	25	16		32
2.	Brisel	147	189	1	2	1		2
3.	Kopenhagen	267	343	2	4	2		5
4.	Pariz	1469	1887	10	19	13		25
5.	Atina	846	1087	6	11	7		14
6.	Solun	470	604	6	13	8		16
7.	Amsterdam	360	462	2	5	3		6
8.	Rim	646	830	4	9	6		11
9.	Milano	129	166	1	2	1		2
10.	Minhen	417	536	3	6	4		7
11.	Frankfurt	1143	1469	8	15	10		19
12.	Štutgart	245	315	2	3	2		4
13.	Dizeldorf	998	1282	7	13	9		17
14.	Berlin	817	1049	5	11	7		14
15.	Stokholm	206	265	1	3	2		3
16.	Geteborg	69	88	0	1	1		1
17.	London	1293	1661	9	17	11		22
18.	Prag	176	226	2	5	3		6
19.	Ljubljana	382	491	5	10	7		13
20.	Skoplje	1028	1321	14	27	18		35
21.	Moskva	1557	2001	10	21	13		26
22.	Cirih	1360	1747	9	18	12		23
23.	Sarajevo	588	755	8	16	10		20
24.	Monastir	214	275	1	3	2		4
25.	Istanbul	661	849	4	9	6		11
26.	Tivat	727	934	10	19	12		25
27.	Podgorica	516	662	7	14	9		18

U Tabeli 16 su dati minimalni, maksimalni i usvojeni nedeljni broj letova po linijama. Minimalna i maksimalna vrednost su izračunate kao aritmetičke sredine minimalnih (5), odnosno maksimalnih vrednosti (6).

$$f_{min75} = (f_{min75(2012)} + f_{min75(2015)})/2 \quad (5)$$

$$f_{max75} = (f_{max75(2012)} + f_{max75(2015)})/2 \quad (6)$$

Tabela 16. Minimalni i maksimalni nedeljni broj letova i usvojene frekvencije

Redni broj	Grad	Minimalni broj letova	Maksimalni broj letova	Usvojena frekvencija
1.	Beč	14	29	14
2.	Brisel	1	2	1
3.	Kopenhagen	2	4	2
4.	Pariz	11	22	11
5.	Atina	6	13	6
6.	Solun	7	14	7
7.	Amsterdam	3	5	2
8.	Rim	5	10	5
9.	Milano	1	2	1
10.	Minhen	3	6	3
11.	Frankfurt	9	17	8
12.	Štuttgart	2	4	2
13.	Dizeldorf	8	15	7
14.	Berlin	6	12	6
15.	Stokholm	2	3	1
16.	Geteborg	1	1	1
17.	London	10	19	9
18.	Prag	3	5	2
19.	Ljubljana	6	12	6
20.	Skoplje	16	31	14
21.	Moskva	12	23	11
22.	Cirih	10	21	10
23.	Sarajevo	9	18	9
24.	Monastir	2	3	1
25.	Istanbul	5	10	5
26.	Tivat	11	22	11
27.	Podgorica	8	16	8

Usvojena frekvencija letenja u većini slučajeva predstavlja polovinu maksimalnog nedeljnog broja letova, ako je nedeljni broj letova paran broj (Brisel, Kopenhagen, Pariz, Rim, Milano, Minhen, Štuttgart, Berlin, Ljubljana, Sarajevo, Istanbul, Tivat i Podgorica) ili polovinu prve manje parne vrednosti (Beč, Amsterdam, Frankfurt, Dizeldorf, Stokholm, London, Prag, Moskva, Cirih i Monastir). Maksimalni broj letova

na liniji Beograd – Geteborg je 1, a usvojena je frekvencija – 1 (minimalna vrednost). Kada je u pitanju linija ka Skoplju, usvojena je maksimalna dozvoljena vrednost frekvencije – 14.

6.6. Faza 2: određivanje potrebnog broja vazduhoplova – heuristički pristupi

U ovom poglavlju je za određivanje potrebnog broja vazduhoplova korišćen razvijeni specijlni heuristički algoritam kojim se istovremeno vrši i raspoređivanje vazduhoplova na letove, kao i heuristički algoritam za prilagođavanje reda letenja u cilju smanjenja potrebnog broja vazduhoplova.

Planirani red letenja nove aviokompanije je formiran na osnovu važećeg reda letenja postojeće aviokompanije (iz 2012. godine). Ovaj red letenja je izmenjen jer su uvedene nove linije ka Minhenu i Pragu, a frekvencije određene kao što je prethodno definisano. Vremena poletanja su u većini slučajeva zadržana iz posmatranog reda letenja (iz 2012. godine), dok su za nove letove određena i nova vremena poletanja. Ovako definisani red letenja (Prilog 3, Tabela P1) nove aviokompanije sadrži ukupno 306 letova – 184 treba da obavljaju avioni srednje veličine, dok ostala 122 leta treba da obavljaju mali avioni.

Kako bi razvijeni heuristički algoritmi bili primenjeni treba uočiti podskupove linija koje imaju slične karakteristike na kojima bi se saobraćaj mogao obavljati istim tipom vazduhoplova. Kao što je ranije pomenuto, broj uočenih podskupova odgovara maksimalnom broju tipova vazduhoplova u floti. Ako nije moguće uočiti ovakve podskupove, heuristički algoritmi se primenjuju na skupove linija dobijene u prvoj fazi trofaznog modela, što ukazuje na potrebu aviokompanije da u svojoj floti ima dva tipa vazduhoplova (jedan iz skupa malih i jedan iz skupa vazduhoplova srednje veličine).

Pošto je moguće uočiti podskupove linija (u narednom tekstu će biti detaljnije prikazano) koje treba obavljati različitim tipovima vazduhoplova iste kategorije, u primeru hipotetičke aviokompanije će biti razmatrana kako flota koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova, tako i flota koja se sastoji iz samo dva tipa vazduhoplova (jedan mali i jedan srednji).

Primer flote koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova

Kako je moguće uočiti podskupove linija koje treba obavljati različitim tipovima vazduhoplova iste kategorije (dva tipa malih i dva tipa vazduhoplova srednje veličine), u ovom poglavlju će biti prikazan primer flote koja bi u svom sastavu mogla imati četiri tipa vazduhoplova. Linijama iz svakog podskupa odgovara jedan tip vazduhoplova, tako da se simultani i sekvencijalni pristup primenjuju dan po dan za svaki podskup linija, a rešenje se poboljšava u cilju smanjenja potrebnog broja vazduhoplova primenom heurističkog algoritma za prilagođavanje reda letenja.

Podskupovi linija koje se iz Beograda obavljaju malim vazduhoplovima su dati u Tabeli 17. Podskup 1 koji se odnosi na linije koje treba opsluživati malim vazduhoplovom sadrži pet linija iz Beograda i to ka Sarajevu, Podgorici, Tivtu, Ljubljani i Beču. Na ovim linijama je prosečan očekivani broj putnika po letu veoma ujednačen (oko 40). Usvajanjem pretpostavke da je za vazduhoplovnog prevozioca prihvatljiv koeficijent popunjenosti putničke kabine 75% (Clarke, 2007), moguće je izračunati potrebni kapacitet vazduhoplova, koji je u slučaju ovih destinacija oko 60 (Tabela 17). Zajednička karakteristika navedenih linija u podskupu 1 jeste da su to kratke linije, ka gradovima bivše SFRJ, izuzev Beča. Sa gradovima u bivšoj SFRJ (Sarajevo, Podgorica, Tivat, Ljubljana) postoji jaka kulturno-istorijska i etnička veza. Ovakve veze postoje i sa prestonicom Austrije za koju je karakterističan veliki broj iseljenika iz Srbije. Tivat se razlikuje od ostalih destinacija po tome što predstavlja vezu Republike Srbije sa Jadranskom obalom i letovalištima privlačnim za stanovništvo Srbije.

U podskupu 2 se nalaze samo tri linije iz Beograda ka Skoplju, Solunu i Pragu. Karakteristika ovih linija je veći očekivani broj putnika po letu i nešto duže linije. Ovi gradovi su privlačni kao turističke destinacije, pri čemu treba napomenuti da Skoplje (BJR Makedonija) sa Beogradom i Srbijom ima i kulturno-istorijsku vezu. Vazduhoplov koji bi odgovarao ovom tržištu bi bio iz skupa malih vazduhoplova sa većim kapacitetom (oko 100 putničkih sedišta), uz preporuku da se frekvencija poveća kada se potražnja približi raspoloživom kapacitetu.

Tabela 17. Podskupovi linija koji se obavljaju različitim tipovima malih vazduhoplova

Podskup	Linija	Rastojanje (km)	Broj putnika po letu		Kapacitet vazduhoplova	
			2012	2015	2012	2015
Podskup 1	Beograd – Sarajevo	191	33	42	44	56
	Beograd – Podgorica	286	32	41	43	55
	Beograd – Tivat	297	33	42	44	57
	Beograd – Ljubljana	481	32	41	42	55
	Beograd – Beč	464	34	43	45	58
Podskup 2	Beograd – Skoplje	335	64	83	86	110
	Beograd – Solun	525	78	101	104	134
	Beograd – Prag	742	44	57	59	75

Podskupovi linija koje iz Beograda treba obaviti različitim tipovima vazduhoplova srednje veličine, dati su u Tabeli 18. Linije iz podskupa 1 su linije ka pojedinim aerodromima u Nemačkoj i Italiji, kao i ka Istanbulu, Atini i Cirihu. Rastojanja na ovim linijama su srednje kratka (700-1250 km), očekivani prosečni broj putnika po letu je sličan i kreće se u intervalima 65-71 u 2012. i 83-92 u 2015. godini što odgovara vazduhoplovu srednje veličine sa manjim kapacitetom. Osnovna karakteristika većine navedenih destinacija jeste migracija radne snage i veliki broj iseljenika iz Republike Srbije, koji indukuju potražnju za vazdušnim saobraćajem.

Podskup 2 uglavnom čine linije srednje dužine ka evropskim političkim i ekonomskim centrima, što znači da ih karakterišu poslovna putovanja. Očekivani broj putnika po letu nije konzistentan, tako da je rastojanje osnovna zajednička karakteristika. Jedina linija koja ne bi trebalo da bude u ovom podskupu jeste Beograd-Monastir, koja je čisto turistička destinacija koju karakterišu neposlovna putovanja (*leisure travellers*). Ova linija se našla u podskupu 2 zbog rastojanja između dva aerodroma (srednje dužine), velikog očekivanog prosečnog broja putnika po letu, a najviše zbog ekonomske neopravdanosti uvođenja dodatnog tipa vazduhoplova koji bi obavljao saobraćaj samo na jednoj liniji na kojoj je frekvencija mala.

Tabela 18. Podskupovi linija koje se obavljaju različitim tipovima vazduhoplova srednje veličine

Podskup	Linija	Rastojanje (km)	Broj putnika po letu		Kapacitet vazduhoplova	
			2012	2012	2012	2015
Podskup 1	Beograd – Rim	732	65	83	86	111
	Beograd – Minhen	759	70	89	93	119
	Beograd – Istanbul	813	66	85	88	113
	Beograd – Atina	823	71	91	94	121
	Beograd – Milano	909	65	83	86	111
	Beograd – Štutgart	947	61	79	82	105
	Beograd – Cirih	951	68	87	91	116
	Beograd – Berlin	993	68	87	91	117
	Beograd – Frankfurt	1055	71	92	95	122
	Beograd – Dizeldorf	1233	71	92	95	122
Podskup 2	Beograd – Monastir	1290	107	138	143	183
	Beograd – Kopenhagen	1316	67	86	89	114
	Beograd – Brisel	1355	74	95	98	126
	Beograd – Amsterdam	1409	90	116	120	154
	Beograd – Pariz	1422	67	86	89	114
	Beograd – Geteborg	1530	35	44	46	59
	Beograd – Stokholm	1656	103	133	137	177
	Beograd – London	1699	72	92	96	123
	Beograd – Moskva	1724	71	91	94	121

Određivanje potrebnog broj malih vazduhoplova

Za podskup linija koje se obavljaju malim vazduhoplovom heurističkim algoritmom je određen broj malih vazduhoplova (Tabela 19) koji je potreban za obavljanje saobraćaja na odgovarajućim linijama (Tabela 17).

U Tabeli 19 je dat potreban broj vazduhoplova za podskup 1 linija na kojima saobraćaj treba obavljati malim vazduhoplovima. Treba napomenuti da sekvencijalni pristup omogućava bolje prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja, te se primenom ovog pristupa na podskup 1 linija dobija manji broj potrebnih vazduhoplova, tj. dva potrebna vazduhoplova, Tabela 19 (dok je kod simultanog pristupa poboljšanog prilagođavanjem četiri puta nedeljno potrebno imati tri vazduhoplova, Prilog 4, Tabela P2). U rešenju koje se dobija primenom sekvencijalnog pristupa (Tabela 19) postoje četiri vazduhoplova koja obavljaju po jedan povratni let dnevno i to ponedeljkom,

sredom, četvrtkom i subotom. Nakon prilagođavanja promenom vremena poletanja broj potrebnih vazduhoplova za pomenute dane se smanjuje na 2 (za sredu prikazano na Slici 14). Preostalim danima je potrebno imati tri mala vazduhoplova na raspolaganju. Iako nema vazduhoplova koji obavljaju po jedan povratni let izvršeno je prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja (Slika 14) i to iz dva razloga: 1) smanjuje se broj potrebnih vazduhoplova (sa 3 na 2 vazduhoplova) i 2) ukupan nedeljni nalet po vazduhoplovu je ravnomerniji (u slučaju kada prevozilac ima tri vazduhoplova nedeljni naleti su 51h 50min, 43h 5min i 13h 5min, dok se u slučaju kada prevozilac ima dva vazduhoplova nedeljni naleti 51h 50min i 56h 10min). Treba napomenuti da se letovi koje treba da obavi treći vazduhoplov mogu na dva načina dodati vazduhoplovu 2. Imajući u vidu da se vremena poletanja ne razmatraju, letovi se mogu na proizvoljan način dodati. Prilagođavanje promenom vremena poletanja je obavljeno tako što su letovi koje je trebalo da obavlja vazduhoplov 3 dodeljeni vazduhoplovu 2 (Tabela 19, *italik* u koloni koja se odnosi na prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja i to za utorak, petak i nedelju).

Prosečan dnevni nalet dva vazduhoplova bi bio 7.7 blok časova za rešenje dobijeno primenom sekvencijalnog pristupa, a 5.1 blok čas kada su u floti 3 vazduhoplova (rešenje dobijeno primenom simultanog pristupa). Pošto je primenom sekvencijalnog pristupa dobijeno rešenje prema kojem je potreban manji broj vazduhoplova, to će ovo rešenje biti usvojeno kao bolje.



Slika 14. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 1, sekvencijalni heuristički algoritam, dan 3

Tabela 19. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 1, sekvencijalni heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova
1	1	SJJ-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	3	SJJ-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	2
	2	BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-TGD-BEG-SJJ		BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG - SJJ	
	3	BEG-SJJ-BEG			
2	1	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	3	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	2
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-SJJ		SJJ-BEG-VIE-BEG- BEG-TIV-BEG-LJU-BEG SJJ	
	3	BEG-TIV-BEG-LJU-BEG			
3	1	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	3	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	2
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-SJJ		SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-SJJ	
	3	BEG-LJU-BEG			
4	1	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	3	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	2
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-SJJ		SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-SJJ	
	3	BEG-LJU-BEG			
5	1	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	3	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	2
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG		SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-BEG-TIV-BEG-SJJ	
	3	BEG-TIV-BEG-SJJ			
6	1	BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG	3	BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG	2
	2	BEG-VIE-BEG-VIE-BEG		SJJ-BEG-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-SJJ	
	3	SJJ-BEG-SJJ			
7	1	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	3	BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	2
	2	BEG-TIV-BEG-SJJ		SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-BEG-TIV-BEG-SJJ	
	3	SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG			

Tabela 20. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 2, simultani i sekvencijalni heuristički algoritam

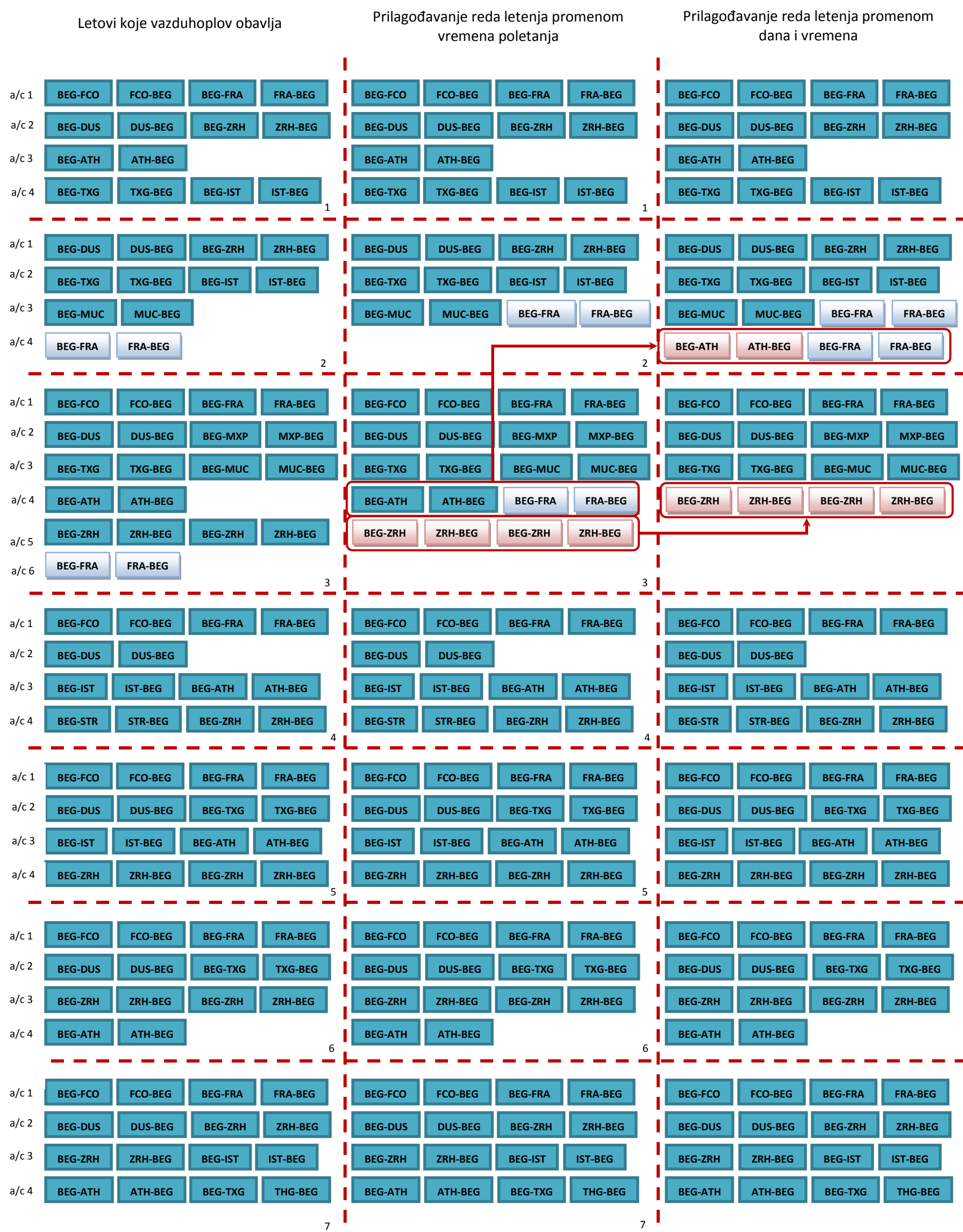
Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova
1	1	SKG-BEG-SKP	2
	2	SKP-BEG	
2	1	SKP-BEG-SKG-BEG-SKP	2
	2	BEG-PRG-BEG	
3	1	SKP-BEG-SKP	1
4	1	SKP-BEG-SKP	1
5	1	SKP-BEG-SKP	2
	2	BEG-SKG	
6	1	SKG-BEG	2
	2	SKP-BEG-PRG-BEG-SKP	
7	1	SKP-BEG-SKP-BEG-SKG	2
	2	BEG-SKP	

Kada je u pitanju podskup 2, oba pristupa daju identično rešenje (Tabela 20). Prilagođavanje reda letenja je moguće jedino promenom aerodroma sa koga vazduhoplovi poleću, ali to u ovom slučaju nije predviđeno. Dakle, za obavljanje saobraćaja na linijama iz podskupa 2 (samo tri linije) potrebna su dva vazduhoplova pet puta nedeljno i dva puta nedeljno jedan vazduhoplov. Nalet vazduhoplova je veoma mali i iznosi 2.5 blok časova dnevno po vazduhoplovu, što ukazuje na to da je neisplativo uvođenje dva različita tipa malih vazduhoplova za obavljanje saobraćaja prema definisanom redu letenja.

U slučaju proširenja mreže linija u budućnosti, uvođenje većeg broja linija ka destinacijama koje imaju slične karakteristike kao linije iz posmatranog podskupa, moglo bi da opravda posedovanje dva različita tipa malih vazduhoplova u floti.

Određivanje potrebnog broj vazduhoplova srednje veličine

Primenom heurističkog algoritma (simultani pristup) dan po dan na oba podskupa i prilagođavanjem reda letenja dobijen je potreban broj vazduhoplova srednje veličine za obavljanje saobraćaja na definisanoj mreži linija (Slika 15 i Tabele 21 i 22).



Slika 15. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 1, simultani heuristički algoritam

Tabela 21. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 1, simultani heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagodavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagodavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
1	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	
	3	BEG-ATH-BEG		BEG-ATH-BEG		BEG-ATH-BEG	
	4	BEG-TXG-BEG-IST-BEG		BEG-TXG-BEG-IST-BEG		BEG-TXG-BEG-IST-BEG	
2	1	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	4	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	3	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	4
	2	BEG-TXG-BEG-IST-BEG		BEG-TXG-BEG-IST-BEG		BEG-TXG-BEG-IST-BEG	
	3	BEG-MUC-BEG		BEG-MUC-BEG-FRA-BEG		BEG-MUC-BEG-FRA-BEG	
	4	BEG-FRA-BEG				BEG-ATH-BEG-FRA-BEG	
3	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	5	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-MXP-BEG		BEG-DUS-BEG-MXP-BEG		BEG-DUS-BEG-MXP-BEG	
	3	BEG-TXG-BEG-MUC-BEG		BEG-TXG-BEG-MUC-BEG		BEG-TXG-BEG-MUC-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG		BEG-ATH-BEG-FRA-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG	
	5	BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG			
	6	BEG-FRA-BEG					
4	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG		BEG-DUS-BEG		BEG-DUS-BEG	
	3	BEG-IST-BEG-ATH-BEG		BEG-IST-BEG-ATH-BEG		BEG-IST-BEG-ATH-BEG	
	4	BEG-STR-BEG-ZRH-BEG		BEG-STR-BEG-ZRH-BEG		BEG-STR-BEG-ZRH-BEG	
5	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-TXG-BEG		BEG-DUS-BEG-TXG-BEG		BEG-DUS-BEG-TXG-BEG	
	3	BEG-IST-BEG-ATH-BEG		BEG-IST-BEG-ATH-BEG		BEG-IST-BEG-ATH-BEG	
	4	BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG	
6	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-TXG-BEG		BEG-DUS-BEG-TXG-BEG		BEG-DUS-BEG-TXG-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG		BEG-ATH-BEG		BEG-ATH-BEG	
7	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-IST-BEG		BEG-ZRH-BEG-IST-BEG		BEG-ZRH-BEG-IST-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG-TXG-BEG		BEG-ATH-BEG-TXG-BEG		BEG-ATH-BEG-TXG-BEG	

Tabela 22. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 2, simultani i sekvencijalni heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagodavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagodavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
1	1	BEG-BRU-BEG-CDG-BEG	5	BEG-BRU-BEG-CDG-BEG	3	BEG-BRU-BEG-CDG-BEG	3
	2	BEG-SVO-BEG		BEG-SVO-BEG-CDG-BEG		BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	
	3	BEG-CDG-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-LHR-BEG					
	5	BEG-SVO-BEG					
2	1	BEG-CPH-BEG	6	BEG-CPH-BEG-AMS-BEG	3	BEG-CPH-BEG-AMS-BEG	3
	2	BEG-AMS-BEG		BEG-GOT-BEG-CDG-BEG		BEG-GOT-BEG-CDG-BEG	
	3	BEG-GOT-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-CDG-BEG					
	5	BEG-LHR-BEG					
	6	BEG-SVO-BEG					
3	1	BEG-SVO-BEG	5	BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	3	BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	3
	2	BEG-CDG-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG	
	3	BEG-LHR-BEG		BEG-CDG-BEG		BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-SVO-BEG					
	5	BEG-CDG-BEG					
4	1	BEG-LHR-BEG-CDG-BEG	6	BEG-LHR-BEG-CDG-BEG	4	BEG-LHR-BEG-CDG-BEG	3
	2	BEG-AMS-BEG-MIR-BEG		BEG-AMS-BEG-MIR-BEG		BEG-AMS-BEG-MIR-BEG	
	3	BEG-SVO-BEG		BEG-SVO-BEG-CDG-BEG		BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-CDG-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG			
	5	BEG-LHR-BEG					
	6	BEG-SVO-BEG					
5	1	BEG-CPH-BEG	5	BEG-CPH-BEG-ARN-BEG	3	BEG-CPH-BEG-ARN-BEG	3
	2	BEG-ARN-BEG		BEG-CDG-BEG-LHR-BEG		BEG-CDG-BEG-LHR-BEG	
	3	BEG-CDG-BEG		BEG-SVO-BEG		BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-LHR-BEG					
	5	BEG-SVO-BEG					
6	1	BEG-SVO-BEG	5	BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	3	BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	3
	2	BEG-CDG-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG	
	3	BEG-LHR-BEG		BEG-CDG-BEG		BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-SVO-BEG					
	5	BEG-CDG-BEG					
7	1	BEG-SVO-BEG	4	BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	2	BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	3
	2	BEG-CDG-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG		BEG-LHR-BEG-SVO-BEG	
	3	BEG-LHR-BEG				BEG-LHR-BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-SVO-BEG					

U Tabeli 21 i na Slici 15 se može videti da je za podskup 1 sredom potreban najveći broj vazduhoplova (6), kao i da je nakon prilagođavanja reda letenja promenom vremena poletanja i promenom dana i vremena broj vazduhoplova po danima izjednačen, tj. da su vazduhoplovnom prevoziocu potrebna četiri vazduhoplova srednje veličine za obavljanje saobraćaja na linijama iz podskupa 1. Takođe se može primetiti da tri puta nedeljno pojedini vazduhoplovi obavljaju po jedan povratni let. U ovom slučaju prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena nije obavljeno jer ne utiče na smanjenje broja vazduhoplova, a doprinosi neravnomernosti naleta vazduhoplova. U rešenju prikazanom u Tabeli 21 prosečni dnevni naleti za četiri vazduhoplova su 7.2, 7.2, 7.1 i 7 blok časova. U rešenju dobijenom sekvencijalnim pristupom i prilagođavanjem reda letenja (Prilog 4, Tabela P3) naleti za četiri vazduhoplova su neravnomerniji – 7.2, 8, 7.3 i 6.1 blok čas, i takođe pojedini vazduhoplovi tri puta nedeljno obavljaju po jedan povratni let. Kao konačno rešenje usvaja se rešenje dobijeno sekvencijalnim pristupom.

Podskup linija ka političko-ekonomskim centrima (podskup 2) i potreban broj vazduhoplova za obavljanje saobraćaja prema definisanom redu letenja dat je u Tabeli 22. Simultani i sekvencijalni pristup i prilagođavanje reda letenja daju identično rešenje (Tabela 22), tako da je za obavljanje planiranog saobraćaja potrebno imati tri vazduhoplova. Tri puta nedeljno pojedini vazduhoplovi obavljaju po jedan povratni let, a prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena ne dovodi do smanjenja potrebnog broj vazduhoplova. Prosečni dnevni naleti za ova tri vazduhoplova bi bili 10.5, 11 i 8.2 blok časa.

Primenom heurističkog pristupa za određivanje potrebnog broja vazduhoplova u slučaju flote koja u sastavu ima četiri tipa vazduhoplova došlo se do zaključka da su vazduhoplovnom prevoziocu za obavljanje saobraćaja prema definisanom redu letenja potrebna dva tipa malih (2 manjeg i 2 većeg kapaciteta) i dva tipa vazduhoplova srednje veličine (3 manjeg i 4 većeg kapaciteta).

Primer flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova

Skupovi linija definisani u prvoj fazi trofaznog modela (Poglavljju 6.4) su ulazi za određivanje potrebnog broja vazduhoplova u slučaju flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova. U ovom poglavljju će za svaki skup linija biti određen broj vazduhoplova koji je potreban da bi se planirani saobraćaj mogao obaviti. Razmatranje flote koja u svom sastavu ima samo dva tipa vazduhoplova je opravdano s obzirom da je postojeća aviokompanija godinama obavljala saobraćaj na posmatranom tržištu upravo sa dva tipa vazduhoplova. Heuristički algoritmi su primenjivani dan po dan za male, a zatim dan po dan za vazduhoplove srednje veličine. Prilagođavanje reda letenja je rađeno primenom predloženog heurističkog algoritma i to promenom vremena poletanja, kao i promenom dana i vremena kojim se obavlja posmatrani let.

Potreban broj vazduhoplova kao i letovi koje bi trebalo da obavljaju mali, odnosno vazduhoplovi srednje veličine, dobijeni primenom simultanog heurističkog algoritma i poboljšanja rešenja prilagođavanjem reda letenja, dati su u Tabelama 23 i 24, respektivno. Rešenja dobijena primenom sekvencijalnog pristupa i poboljšanje rešenja prilagođavanjem reda letenja su data u Prilogu 4 (Tabele P4, P5, P6 i P7).

Tabela 23. Potreban broj malih vazduhoplova – simultani heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova
1	1	SKG-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SKG-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-SJJ	3
	2	SKP-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG-SKP		SKP-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG-SKP	
	3	SJJ-BEG-SJJ-BEG-VIE-BEG		SJJ-BEG-SJJ-BEG-VIE-BEG	
2	1	SJJ-BEG-VIE-BEG-SKG-BEG-SJJ	3	SJJ-BEG-VIE-BEG-SKG-BEG-SJJ	3
	2	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-PRG-BEG-SKP		SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-PRG-BEG-SKP	
	3	BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-VIE-BEG		BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-VIE-BEG	
3	1	SJJ-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG	3	SJJ-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG	3
	2	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ		SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	
	3	BEG-LJU-BEG-SKP			
4	1	BEG-LJU-BEG-SKP	3		3
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG		SJJ-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG	
	3	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ		SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	
5	1	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3
	2	BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-SKP		BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-SKP	
	3	SJJ-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-SKG		SJJ-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-SKG	
6	1	SJJ-BEG-PRG-BEG-VIE-BEG	3	SJJ-BEG-PRG-BEG-VIE-BEG	3
	2	SKP-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-SJJ		SKP-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-SJJ	
	3	SKG-BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-TGD-BEG-SKP		SKG-BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-TGD-BEG-SKP	
7	1	BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-SKG	4	BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-SKG	3
	2	SJJ-BEG-TIV-BEG-SKP-BEG-SKP		SJJ-BEG-TIV-BEG-SKP-BEG- BEG-LJU-BEG-SKP	
	3	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ		SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	
	4	BEG-LJU-BEG			

Tabela 24. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – simultani heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
1	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7
	2	BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG	
	3	BEG-BRU-BEG-ZRH-BEG		BEG-BRU-BEG-ZRH-BEG		BEG-BRU-BEG-ZRH-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG-CDG-BEG		BEG-ATH-BEG-CDG-BEG		BEG-ATH-BEG-CDG-BEG	
	5	BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG	
	6	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>	
	7	<i>BEG-CDG-BEG</i>				BEG-LHR-BEG-LHR-BEG	
	8	<i>BEG-LHR-BEG</i>		BEG-LHR-BEG			
2	1	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	9	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	6	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	6
	2	BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG	
	3	BEG-CPH-BEG-IST-BEG		BEG-CPH-BEG-IST-BEG		BEG-CPH-BEG-IST-BEG	
	4	<i>BEG-AMS-BEG</i>		<i>BEG-AMS-BEG-GOT-BEG</i>		<i>BEG-AMS-BEG-GOT-BEG</i>	
	5	<i>BEG-GOT-BEG</i>		<i>BEG-CDG-BEG-MUC-BEG</i>		<i>BEG-CDG-BEG-MUC-BEG</i>	
	6	<i>BEG-CDG-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-FRA-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-FRA-BEG</i>	
	7	<i>BEG-MUC-BEG</i>					
	8	<i>BEG-LHR-BEG</i>					
	9	<i>BEG-FRA-BEG</i>					

Tabela 24. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – simultani heuristički algoritam (nastavak)

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
3	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	9	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7
	2	BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG	
	3	BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG	
	5	BEG-ZRH-BEG-MUC-BEG		BEG-ZRH-BEG-MUC-BEG		BEG-ZRH-BEG-MUC-BEG	
	6	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>	
	7	BEG-FRA-BEG-MXP-BEG		BEG-FRA-BEG-MXP-BEG		BEG-FRA-BEG-MXP-BEG	
	8	<i>BEG-CDG-BEG</i>					
	9	<i>BEG-LHR-BEG</i>		BEG-LHR-BEG			
4	1	BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG	9	BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG	8	BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG	7
	2	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG		BEG-FCO-BEG-FRA-BEG		BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	
	3	BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG	
	5	BEG-AMS-BEG-MIR-BEG		BEG-AMS-BEG-MIR-BEG		BEG-AMS-BEG-MIR-BEG	
	6	BEG-STR-BEG-SVO-BEG		BEG-STR-BEG-SVO-BEG		BEG-STR-BEG-ATH-BEG	
	7	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>	
	8	<i>BEG-CDG-BEG</i>					
	9	<i>BEG-LHR-BEG</i>		BEG-LHR-BEG			

Tabela 24. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – simultani heuristički algoritam (nastavak)

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
5	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7
	2	BEG-CPH-BEG-TXG-BEG		BEG-CPH-BEG-TXG-BEG		BEG-CPH-BEG-TXG-BEG	
	3	<i>BEG-ARN-BEG</i>		<i>BEG-ARN-BEG-CDG-BEG</i>		BEG-ARN-BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	
	5	BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG	
	6	BEG-ZRH-BEG-ATH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ATH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ATH-BEG	
	7	<i>BEG-CDG-BEG</i>				BEG-LHR-BEG-LHR-BEG	
	8	<i>BEG-LHR-BEG</i>		BEG-LHR-BEG			
6	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6
	2	BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG	
	4	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-ATH-BEG</i>		BEG-SVO-BEG-ATH-BEG	
	5	<i>BEG-ATH-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG</i>		BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG	
	6	BEG-CDG-BEG-TXG-BEG		BEG-CDG-BEG-TXG-BEG		BEG-CDG-BEG-TXG-BEG	
	7	<i>BEG-LHR-BEG</i>					
	8	<i>BEG-ZRH-BEG</i>					

Tabela 24. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – simultani heuristički algoritam (nastavak)

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
7	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6
	2	BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG	
	4	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-ATH-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-ATH-BEG</i>	
	5	<i>BEG-ATH-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG</i>	
	6	BEG-CDG-BEG-TXG-BEG		BEG-CDG-BEG-TXG-BEG		BEG-CDG-BEG-TXG-BEG	
	7	<i>BEG-LHR-BEG</i>					
	8	<i>BEG-ZRH-BEG</i>					

Na osnovu prikazanih rešenja u Tabelama 23 i 24, kao i Tabelama P4, P5, P6 i P7 (Prilog 4) vidi se da su oba pristupa (simultani i sekvencijalni) dala isto rešenje, odnosno isti broj vazduhoplova koji je potreban za obavljanje planiranog saobraćaja.

Prilagođavanje reda letenja kako bi broj potrebnih vazduhoplova bio manji, i kako bi se minimizirao broj vazduhoplova koji ne obavljaju više od dva leta dnevno je izvršeno na način koji je opisan u daljem tekstu. U slučaju reda letenja hipotetičke aviokompanije, četvrti mali vazduhoplov u danu 7 (**bold** u Tabeli 23) bi trebalo da obavlja samo jedan povratni let nedeljno (BEG-LJU-BEG). Promenom vremena poletanja, broj potrebnih vazduhoplova se smanjuje na 3 (umesto vazduhoplovu 4, ovaj let bi bio dodeljen vazduhoplovu 2, Tabela 23). Kako ne postoje vazduhoplovi koji obavljaju najviše dva leta dnevno, nema potrebe za prilagođavanjem reda letenja promenom dana i vremena.

Kada je reč o vazduhoplovima srednje veličine, može se primetiti da se 26 puta obavlja samo jedan povratni let (*italik* u Tabeli 24, u koloni koja se odnosi na letove koje vazduhoplov obavlja). Ponedeljkom je to slučaj sa vazduhoplovima 6, 7 i 8 (*italik* u Tabeli 18) koji obavljaju po jedan povratni let. Red letenja bi se mogao prilagoditi tako što bi dva povratna leta obavljao jedan vazduhoplov, dok bi jedan trebalo obavljati drugim danom, npr. danom u kome je potreban najmanji broj vazduhoplova.

Utorkom šest vazduhoplova (vazduhoplovi 4, 5, 6, 7, 8 i 9) obavlja po jedan povratni let, a promenom vremena poletanja, ovih 6 povratnih letova bi mogla da obave tri vazduhoplova (svaki po dva povratna leta, Tabela 24). U tom slučaju bi broj vazduhoplova potrebnih da se utorkom obavlja saobraćaj bio smanjen sa 9 na 6.

Sredom, četvrtkom i petkom je situacija ista kao i ponedeljkom: po tri vazduhoplova obavljaju jedan povratni let i to sredom vazduhoplovi 6, 8 i 9, četvrtkom vazduhoplovi 7, 8 i 9, a petkom 3, 7 i 8. Na isti način kao i ponedeljkom bi se broj potrebnih vazduhoplova mogao smanjiti za jedan tako što bi jedan vazduhoplov obavljao dva povratna leta sa izmenjenim momentima poletanja, dok bi jedan preostali povratni let menjao dan kojim se obavlja (Tabela 24).

Subotom i nedeljom po četiri vazduhoplova obavljaju samo jedan povratni let, a promenom vremena poletanja ove letove bi mogla da obave dva vazduhoplova, tako da bi se njihov broj smanjio sa 8 na 6 (Tabela 24).

Nakon prilagođavanja reda letenja promenom vremena poletanja, ostala su četiri povratna leta koja treba rasporediti (**bold** u Tabeli 24, u koloni koja se odnosi na prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja). S obzirom da bi potreban broj vazduhoplova za obavljanje saobraćaja nakon prilagođavanja reda letenja promenom vremena poletanja ponedeljkom bio 7, utorkom 6, sredom 8, četvrtkom 8, petkom 7, subotom 6 i nedeljom 6, neraspoređeni letovi bi se mogli obavljati nekim od dana kada je potrebno 6 vazduhoplova (**bold** u Tabeli 24, u koloni koja se odnosi na prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena), tako da bi konačan broj potrebnih vazduhoplova, nakon prilagođavanja reda letenja promenom dana i vremena kojim se let obavlja bio 7 vazduhoplova četiri puta nedeljno i 6 vazduhoplova tri puta nedeljno (Tabela 24).

U Tabeli 25 se može videti da bi tri mala vazduhoplova u floti imala prosečan dnevni nalet od 6.8 blok časova (BH), sedam vazduhoplova srednje veličine bi imalo prosečan dnevni nalet od 8.4 blok časova (Tabela 26), dok bi prosečan dnevni nalet celokupne flote bio 7.9 blok časova.

Tabela 25. Nalet malih vazduhoplova (po danima i po vazduhoplovima)

Vazduhoplov	Dan u nedelji							Ukupno BH	Prosečno BH po vazduhoplovu
	1	2	3	4	5	6	7		
1	7:25	10:00	6:00	5:40	5:40	7:15	7:30	49:30	7.1
2	8:30	7:55	6:45	3:20	7:25	7:00	8:10	49:05	7.0
3	5:15	7:15	3:20	7:05	6:35	8:40	6:15	44:25	6.3
Ukupno BH	21:10	25:10	16:05	16:05	19:40	22:55	21:55	143:00	6.8

Tabela 26. Nalet vazduhoplova srednje veličine (po danima i po vazduhoplovima)

Vazduhoplov	Dan u nedelji							Ukupno BH	Prosečno BH po vazduhoplovu
	1	2	3	4	5	6	7		
1	7:05	7:45	7:05	9:30	7:05	7:05	7:05	52:40	7.5
2	7:40	9:25	9:20	7:05	8:15	9:20	7:40	58:45	8.4
3	8:15	8:05	9:25	9:20	10:45	9:20	9:20	64:30	9.2
4	9:45	9:50	8:10	9:15	7:45	10:30	10:30	65:45	9.4
5	9:25	8:45	7:10	9:15	9:15	9:30	9:30	62:50	9.0
6	10:55	9:50	10:55	8:05	8:10	8:40	8:40	65:15	9.3
7	12:00		7:20	10:55	12:00			42:15	6.0
Ukupno BH	65:05	53:40	59:25	63:25	63:15	54:25	52:45	143:00	8.4

U rešenju dobijenom sekvencijalnim pristupom avioni imaju neravnomerno raspoređen nalet. Avion koji se prvi uvodi ima najveći, dok poslednji avion ima veoma mali nalet. Tako bi prvi mali vazduhoplov imao nedeljni nalet 9.7 blok časova, drugi 7.5, dok bi

treći mali vazduhoplov imao nedeljni nalet od samo 3.3 blok časa (Prilog 4, Tabela P6). Kod vazduhoplova srednje veličine ova neravnomernost nije izražena u tolikoj meri. Vazduhoplovi bi imali nedeljne nalete od 7.7, 8.2, 9.2, 9.3, 8.9, 9.6 i 6 blok časova respektivno (Prilog 4, Tabela P7).

Reichmuth (2008) je u svojoj analizi evropskog tržišta dao podatke koji se odnose na prosečan dnevni nalet pojedinih aviokompanija. Oni navode da aviokompanija British Midland ima dnevni nalet od 6.09 blok časova, Air France 6.49, British Airways 6.82, KLM 7.7, Lufthansa 8.26 blok časova, dok niskotarifne Ryanair, EasyJet i Germanwings imaju nedeljne nalete od 9.71, 9.24 i 9.23 blok časa respektivno. Treba napomenuti da se ovi podaci odnose na flotu koju čine A319, A320 i B737. Imajući u vidu da bi prosečan dnevni nalet hipotetičke aviokompanije bio 6.8 blok časova za male vazduhoplove (Tabela 25), odnosno 8.4 blok časova za vazduhoplove srednje veličine (Tabela 26), može se primetiti da bi hipotetička aviokompanija imala prosečan dnevni nalet sličan naletu vodećih evropskih aviokompanija.

Na osnovu prikazanih primera u slučaju kada aviokompanija ima četiri i dva tipa vazduhoplova u svojoj floti, može se videti da je u slučaju flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova za obavljanje plniranog saobraćaja potreban manji broj vazduhoplova i da je njihov nalet veći. Uzimajući u obzir da aviokompanija može proširiti svoju mrežu linija, u nastavku će se razmatrati i slučaj kada vazduhoplovni prevoznik u sastavu svoje flote ima četiri tipa vazduhoplova i slučaj kada u floti ima samo dva tipa vazduhoplova.

Sledeći korak jeste izbor tipa vazduhoplova, jednog iz skupa malih i jednog iz skupa vazduhoplova srednje veličine, u slučaju flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova i po dva tipa vazduhoplova iz skupa malih i iz skupa vazduhoplova srednje veličine u slučaju flote koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova.

6.7. Faza 3: izbor tipa vazduhoplova primenom metoda jednakih razmena (even swaps)

U ovom poglavlju je na primeru hipotetičke aviokompanije prikazana primena metoda jednakih razmena na izbor tipa vazduhoplova u slučaju flote koja se sastoji od dva (mali i

srednji vazduhoplovi) i od četiri (dva tipa malih i dva tipa srednje veličine) tipa vazduhoplova.

Izbor tipa vazduhoplova: primer flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova

U ovom poglavlju je potrebno odrediti dva tipa vazduhoplova (jedan iz skupa malih, a drugi iz skupa vazduhoplova srednje veličine) koji na najbolji način odgovaraju potrebama tržišta primenom metoda jednakih razmena.

Izbor tipa vazduhoplova iz skupa malih vazduhoplova

Pri izboru alternativa, kao što je predloženo, korišćeno je iskustvo planera iz različitih aviokompanija. To iskustvo je izraženo kroz podatke o vazduhoplovima koji su u prošlosti leteli na razmatranim linijama, a koji su uzeti iz zvaničnih redova letenja Aerodroma „Nikola Tesla“ u periodu zima 2001 – zima 2012. godine. Vazduhoplovi koji se više ne proizvode nisu uzeti u obzir, tako da se u tabeli ishoda (Tabela 27) nalazi 7 tipova malih vazduhoplova, i to: ATR 72-500, ATR 72-600, Embraer 190 (E 190), Bombardier Q400, CRJ 700, CRJ 900 i CRJ 1000.

Tabela 27. Tabela ishoda pri izboru malog vazduhoplova

	ATR 72-500	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen	CRJ 700	CRJ 900	CRJ 1000
Kapacitet	68	70	98	74	70	88	100
Cena (milioni USD)	21.9 ¹²	22.7 ¹³	43 ¹⁴	31.7 ¹⁵	37 ¹⁶	44.5 ¹⁷	49.5 ¹⁸
MTOW (t)	22.5	22.8	47.8	29.6	33	36.5	39
Kargo prostor (m ³)	13.75	15.13	32	17.9	18.3	20.32	23.6
Dozvoljeni prtljag po putniku(m ³)	0.16	0.21	0.22	0.19	0.22	0.19	0.19
Jedinični troškovi (c/ASM)	16.4	16.4	15.4	15.6	>16.4	14.5	14.5

¹² <http://www.ainonline.com/aviation-news/paris-air-show/2011-06-19/paris-2011-atr-72-600-debuts-paris-air-show-easa-certification-hand>

¹³ <http://www.ainonline.com/aviation-news/paris-air-show/2011-06-19/paris-2011-atr-72-600-debuts-paris-air-show-easa-certification-hand>

¹⁴ <http://www.embraer.com/en-US/ImprensaEventos/Press-releases/noticias/Pages/EMBRAER190-TRIP.aspx>

¹⁵ <http://www.bombardier.com/en/aerospace/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d802446f0>

¹⁶ <http://www.bombardier.com/en/corporate/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d801514f2>

¹⁷ <http://www.bombardier.com/en/corporate/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d801f7a74>

¹⁸ <http://www.bombardier.com/en/corporate/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d801e4f04>

Uzimajući u obzir ocenjeni broj putnika po letu, kapacitet je rangiran kroz sve alternative u kvantitativnoj tabeli vrednosti (Tabela 28). Avion čiji kapacitet u najvećoj meri odgovara ocenjenom broju putnika ima rang 1, sledeći ima rang 2, i tako dalje (Tabela 28). U kvantitativnoj tabeli vrednosti avion sa najnižom cenom ima rang 1, dok najskuplji ima rang 4. Količina dozvoljenog prtljaga po putniku ukazuju na to koliko je prostora raspoloživo za prtljag putnika, što je sa aspekta putnika bitno. Što je više prostora za prtljag, to je i rang odgovarajuće alternative viši. Isto je i sa kargo prostorom – što je veći i rang alternative je viši. Kako se na osnovu MTOW vrši naplata navigacionih i aerodromskih naknada, jasno je da manja masa vazduhoplova znači viši rang za posmatrani tip vazduhoplova. Još jedan važan element su troškovi – u ovom primeru su razmatrani jedinični putni troškovi leta (Aircraft Commerce¹⁹) izraženi u centima po raspoloživoj sedište-milji (c/ASM). Imajući u vidu činjenicu da podaci o troškovima obično nisu dostupni, jedinični troškovi računati za prosečnu dužinu leta 200 milja (Tabela 27) su uzeti kao prihvatljiv podatak za posmatranu mrežu linija na kojoj je prosečna dužina leta 203 milje. Prema časopisu Aircraft Commerce²⁰ turbo-prop avion ATR 72-500 ima značajne troškovne prednosti u poređenju sa mlaznim regionalnim avionom CRJ 700, a pošto podatak o jediničnim troškovima CRJ 700 nije bio dostupan, u Tabeli 27 stoji da su jedinični troškovi veći od 16.4 c/ASM koliko iznose troškovi za ATR 72-500. Ostali podaci iz Tabele 27 su preuzeti sa zvaničnih veb stranica proizvođača vazduhoplova.

Performanse vazduhoplova su veoma važne, ali u primeru datom u ovoj disertaciji nema ograničenja po pitanju doleta, potrebne dužine poletno-sletne staze za poletanje i sletanje jer su sve linije nove aviokompanije kratke i srednje, a aerodromi na kojima se leti raspoložu odgovarajućom infrastrukturom.

¹⁹Aircraft Commerce, Issue No. 64, June/July 2009. str. 29.

²⁰Aircraft Commerce, Issue No. 12, June/July 2000. str. 41.

Tabela 28. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru malog vazduhoplova

	ATR 72-500	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen	CRJ 700	CRJ 900	CRJ 1000
Kapacitet	1	1	4	2	1	3	4
Cena (milioni USD)	1	1	3	2	2	3	4
Kargo prostor (m ³)	6	5	1	4	4	3	2
MTOW (t)	1	1	6	2	3	4	5
Dozvoljeni prtljag po putniku(m ³)	4	2	1	3	1	3	3
Jedinični troškovi (c/ASM)	4	4	2	3	5	1	1

Sada kad je kvantitativna tabela vrednosti formirana, treba primeniti metod jednakih razmena na način koji je opisan u Poglavlju 5.3. Prvi korak je primena pravila dominacije u cilju smanjenja broja alternativa. U Tabeli 28 se može uočiti da je avion tipa ATR 72-500 dominiran svojom novijom verzijom ATR 72-600, te se isključuje iz daljeg razmatranja. Avion CRJ 900 praktično dominira nad CRJ 1000. Njegova jedina prednost nad CRJ 900 je veći *kargo prostor* a kako je na destinacijama na kojima bi leteo ovaj avion kargo transport zanemarljiv, CRJ 1000 se može isključiti iz daljeg razmatranja. Nakon eliminacije ova dva tipa vazduhoplova (sive kolone u Tabeli 28), skup alternativa se smanjio na skup od pet različitih tipova vazduhoplova od kojih treba izabrati onaj koji najviše odgovara (Tabela 29).

Sledeći korak su razmene. Kako Hammond i ostali (1998) i Hammond i Keeney (1999a) preporučuju, prvo treba obaviti razmene koje su lakše. Obično se polazi od kriterijuma koji su opisani kvantitativno. U ovom slučaju je razmenu moguće obaviti između *dozvoljenog prtljaga po putniku* (bez prostora iznad sedišta u putničkoj kabini) i *kargo prostora*. Ako se *dozvoljeni prtljag po putniku* (bez prostora iznad sedišta u putničkoj kabini) smanji, tada se *kargo prostor* može povećati. Ovakvom razmenom bi bilo moguće eliminisati jedan kriterijum u cilju smanjenja dimenzija problema. S obzirom da dva od pet vazduhoplova imaju *dozvoljeni prtljag po putniku* (bez prostora iznad sedišta u putničkoj kabini) 0.19 m³, to se predlaže izjednačavanje ovog kriterijuma kroz sve alternative kako bi on bio eliminisan. Izjednačavanje vrednosti posmatranog kriterijuma kroz sve alternative za posledicu ima povećanje vrednosti kriterijuma sa kojim se vrši razmena za pojedine alternative (one koje nisu imale vrednost kriterijuma koji se izjednačava 0.19 m³). Na primer, ako se *dozvoljeni prtljag po putniku* (bez prostora iznad sedišta u putničkoj kabini) za ATR 72-600 smanji sa 0.21 na 0.19 m³, tada ovo

smanjenje “uzrokuje” povećanje *kargo prostor* sa 15.13 m³ na $15.13 + (0.21-0.19) \cdot 70 = 16.53$ m³ (Tabela 29). Ovakve razmene su napravljene i za avione tipa E 190 i CRJ 700, kako bi kriterijum *dozvoljeni prtljag po putniku* bio izjednačen kroz sve alternative i kao takav postao irelevantan u daljem procesu odlučivanja.

Tabela 29. Razmena 1 pri izboru malog vazduhoplova

	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen	CRJ 700	CRJ 900
Kapacitet	70	98	74	70	88
Cena (milioni USD)	22.7	43	31.67	37	44.5
Kargo prostor (m ³)	15.13 16.53	32 34.94	17.9	18.2 20.4	20.32
MTOW (t)	22.8	47.8	29.6	33	36.5
Dozvoljeni prtljaga po putniku (m ³)	0.21 0.19	0.22 0.19	0.19	0.22 0.19	0.19
Jedinični troškovi (c/ASM)	16.4	15.4	15.6	>16.4	14.5

Eliminacija pomenutog kriterijuma za posledicu ima pojavu praktične dominacije koja omogućava eliminaciju još dve alternative. CRJ 900 praktično dominira nad E190, a ATR 72-600 nad CRJ 700, te se E 190 i CRJ 700 isključuju iz daljeg razmatranja (Tabela 30).

Tabela 30. Praktična dominacija pri izboru malog vazduhoplova

	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen	CRJ 700	CRJ 900
Kapacitet	70	98	74	70	88
Cena (milioni USD)	22.7	43	31.67	37	44.5
Kargo prostor (m ³)	16.53	34.94	17.9	20.4	20.32
MTOW (t)	22.8	47.8	29.6	33	36.5
Jedinični troškovi (c/ASM)	16.4	15.4	15.6	>16.4	14.5

Nakon smanjivanja dimenzija problema, ponovo je moguće praviti razmene. Sada se predlaže obavljanje razmena između *jediničnih troškova* i *cene*, pri čemu se *jedinični troškovi* izjednačavaju prema vrednosti 15.6 c/ASM. Povećanje *jediničnih troškova* bi značilo smanjenje *cene* i obrnuto. Ako bi se troškovi za ATR 72-600 smanjili sa 16.4 na 15.6 c/ASM, tada bi cena mogla biti povećana. Procenjeno povećanje cene bi bilo jednako proizvodu godišnjih ASM²¹ na linijama na kojima bi leteo avion i razlici originalne i nove vrednosti *jediničnih troškova* što u totalu dovodi do povećanja cene sa

²¹ ASM na godišnjem nivou se izračunava kao suma proizvoda ponuđenog kapaciteta odgovarajućeg vazduhoplova i rastojanja na posmatranoj liniji za sve letove tokom jedne godine

22.86 na 23.63 miliona USD (Tabela 31). Sa druge strane, jedinični troškovi aviona CRJ 900 bi se povećali sa 14.5 na 15.6 c/ASM, a cena smanjila sa 44.22 na 42.9 miliona USD. Ovim razmenama bi jedinični troškovi za preostala 3 tipa aviona bili izjednačeni i eliminisani kao kriterijum koji ne utiče na izbor tipa vazduhoplova u ovoj fazi. Problem izbora odgovarajućeg tipa vazduhoplova se sada sveo na samo tri alternative od kojih se na osnovu četiri kriterijuma bira najbolja. Imajući u vidu da avion tipa ATR 72-600 nije bolje rangiran u odnosu na Q400 NextGen i CRJ 900 samo u jednom kriterijumu (*kargo prostor*), njegova praktična dominacija nad pomenutim tipovima aviona je prihvatljiva, te oni mogu biti isključeni iz razmatranja.

Tabela 31. Razmena 2 pri izboru malog vazduhoplova

	ATR 72-600	Q400 NextGen	CRJ 900
Kapacitet	70	74	88
Cena (milioni USD)	22.86 23.63	31.67	44.22 42.9
Kargo prostor (m ³)	16.53	17.9	20.32
MTOW (t)	22.8	29.6	36.5
Jedinični troškovi (c/ASM)	16.4 15.6	15.6	14.5 15.6

Konačno, počevši od skupa koji sadrži 7 različitih tipova vazduhoplova i 6 kriterijuma, avion tipa ATR 72-600 se izdvaja kao avion koji najviše odgovara potrebama i uslovima datog tržišta (Tabela 31).

Izbor tipa vazduhoplova iz skupa vazduhoplova srednje veličine

Na osnovu planerskog iskustva, definisan je skup alternativa za izbor aviona srednje veličine koji sadrži 9 tipova vazduhoplova proizvođača Airbus i Boeing koji su uočeni kao potencijalni kandidati za zadovoljavanje potreba prethodno definisanog tržišta. Izbor tipa vazduhoplova se vrši na osnovu 5 kriterijuma: kapacitet, cena, MTOW, dozvoljeni prtljag po putniku i jedinični putni troškovi. Podaci iz tabele ishoda (Tabela 32) su preuzeti sa zvaničnih veb stranica proizvođača Airbus i Boeing, dok su jedinični troškovi izračunati na osnovu podataka iz časopisa Aircraft Commerce²². I u ovom slučaju su, zbog nedostupnih podataka, uzeti troškovi koji su najpribližniji uslovima definisanog tržišta. Jedinični troškovi u Tabeli 32 su troškovi za prosečnu dužinu leta

²² Aircraft Commerce, Issue No. 44, February/March 2006. str. 42

654 milje, iako je prosečna dužina linije na definisanoj mreži linija oko 633 milja. Za vazduhoplove tipa A319neo, A320neo i A321neo, podaci ove vrste nisu bili raspoloživi, tako da je izvršena estimacija. S obzirom da je potrošnja goriva ovih vazduhoplova za 15% manja u odnosu na A319, A320 i A321, respektivno, pretpostavljeno je da će i troškovi goriva vazduhoplova *neo* biti niži za 15%, ali da će udeo troškova goriva u ukupnim putnim troškovima ostati nepromenjen. Ukupni putni troškovi su svedeni na jedinične troškove čije su vrednosti date u Tabeli 32.

Tabela 32. Tabela ishoda pri izboru vazduhoplova srednje veličine

	A319	A320	A321	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	124	150	185	124	150	185	126	162	180
Cena (milioni USD) ²³	83.6	91.5	107.3	92	100.2	117.4	74.8	89.1	94.6
MTOW (t)	64	73.5	89	64	73.5	89	60.3	70.5	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.25	0.28	0.22	0.25	0.28	0.22	0.27	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	8.37	7.57	6.88	7.21	6.37	5.78	8.29	7.12	6.81

Na osnovu tabele ishoda formirana je kvantitativna tabela vrednosti u kojoj je svaki kriterijum rangiran kroz sve alternative (Tabela 33). U ovoj tabeli se može uočiti da su vazduhoplovi A319 i A321 dominirani od strane B737 i B739 ER, respektivno i kao takvi se isključuju iz skupa ponuđenih alternativa (sive kolone u Tabeli 34). Takođe se može uočiti i praktična dominacija koja smanjuje dimenzije problema i izbor čini jednostavnijim. A320 je praktično dominiran od B738. U poređenju sa A320, B738 jedino ima niži rang po pitanju kapaciteta. Imajući u vidu da ova razlika nije značajna, kao i mogućnost izrade vazduhoplova sa različitom konfiguracijom putničke kabine, A320 se može eliminisati iz daljeg razmatranja. Problem izbora je sužen, tako da je u skupu alternativa nakon prvog koraka ostalo 6 tipova vazduhoplova od kojih treba odabrati onaj koji u najvećoj meri odgovara potrebama aviokompanije (Tabela 33).

²³ <http://www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/new-airbus-aircraft-list-prices-for-2013/>, <http://www.boeing.com/boeing/commercial/prices/index.page>

Tabela 33. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru vazduhoplova srednje veličine

	A319	A320	A321	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	1	2	4	1	2	4	1	3	4
Cena (milioni USD)	2	3	6	3	5	7	1	3	4
MTOW (t)	1	2	3	1	2	3	1	2	2
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	5	4	2	5	4	2	5	3	1
Jedinični troškovi (c/ASM)	6	5	3	4	2	1	6	4	3

Sada treba pristupiti razmenama kako bi se došlo do konačnog rešenja. Prva razmena koja će se obaviti jeste razmena između *jediničnih troškova* i *cene* vazduhoplova. Ako se ova dva kriterijuma razmene za vazduhoplov A321neo, on postaje dominiran od vazduhoplova B739 ER tako da se u daljem procesu izbora više ne razmatra (Tabela 34). A319neo praktično dominira nad B738 – jedini kriterijum po kojem je B738 bolje rangiran je *dozvoljeni prtljag po putniku*, te se dominacija smatra opravdanom i B738 se može isključiti iz skupa alternativa.

Tabela 34. Razmena 1 pri izboru vazduhoplova srednje veličine

	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	124	150	185	126	162	180
Cena (milioni USD)	92	100.2	117.4 102.69	74.8	89.1	94.6
MTOW(t)	64	73.5	89	60.3	70.5	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.25	0.28	0.22	0.27	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	7.21	6.37	5.78 6.81	8.29	7.12	6.81

Sledeća razmena se obavlja kako bi se izjednačili *jedinični troškovi* u svim preostalim alternativama i kao irelevantan kriterijum eliminisali iz daljeg razmatranja. Smanjivanjem broja kriterijuma, A319neo postaje dominantan nad B737, a praktično dominantan nad A320neo i B739 ER, te se izdvaja kao vazduhoplov koji u najvećoj meri odgovara potrebama aviokompanije (Tabela 35).

Tabela 35. Razmena 2 pri izboru vazduhoplova srednje veličine

	A319neo	A320neo	B737	B739 ER
Kapacitet	124	150	126	180
Cena (milioni USD)	92 57.5	100.2 69.84	74.8	94.6 77.43
MTOW (t)	64	73.5	60.3	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.25	0.22	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	7.21 8.29	5.67 8.29	8.29	6.81 8.29

Flota koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova

Za obavljanje saobraćaja na definisanoj mreži linija aviokompaniji su potrebna dva tipa vazduhoplova – jedan tip vazduhoplova iz skupa malih za obavljanje saobraćaja na kratkim linijama sa manjom potražnjom, i jedan tip iz skupa vazduhoplova srednje veličine za obavljanje saobraćaja na destinacijama srednje dužine na kojima se očekuje veći broj putnika po letu. Uzimajući u obzir podatke o avionima kojima se letelo na definisanim linijama, a čiji izbor predstavlja rezultat dugogodišnjeg iskustva i istraživanja planera u različitim aviokompanijama, karakteristike linija, uslove na tržištu, kao i raspoložive podatke o izabranim tipovima vazduhoplova, a isključujući one koji se više ne proizvode, definisanisu su skupovi alternativa (tipova vazduhoplova) za male i vazduhoplove srednje veličine. Metod jednakih razmena je primenjen pojedinačno na oba skupa alternativa, tako da su kao najbolja rešenja izabrani vazduhoplov tipa ATR 72-600 za skup kratkih linija, dok Airbusov A319neo najviše odgovara skupu linija srednje dužine. Treba napomenuti da se korišćenjem metode analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) pri izboru malog vazduhoplova iz definisanog skupa alternativa uz iste kriterijume, dobija identično rešenje (Dožić i Kalić, 2014).

Pitanje koje se odnosi na kupovinu ili zakup vazduhoplova je pitanje čiji odgovor u mnogome zavisi od finansijskog stanja aviokompanije. Na osnovu detaljne finansijsko-ekonomske analize mogle bi se doneti odluke u vezi sa nabavkom vazduhoplova (kupovina ili zakup), kao i odluke koje su u vezi sa odnosom kupljenih i zakupljenih vazduhoplova.

Izbor tipa vazduhoplova: primer flote koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova

U poglavlju 6.6 su definisani podskupovi linija koje bi trebalo da se obavljaju različitim tipovima vazduhoplova (Tabele 17 i 20). U ovom poglavlju će pod pretpostavkom da će se mreža linija proširiti, tako da će biti opravdana nabavka više različitih tipova vazduhoplova, primenom metoda jednakih razmena biti određeni tipovi vazduhoplova koji na najbolji način odgovaraju potrebama tržišta. Dakle, biće određena dva različita tipa malih vazduhoplova i dva različita tipa vazduhoplova srednje veličine, tj. metod jednakih razmena će biti primenjen nezavisno, četiri puta. Tabela ishoda je identična kao i Tabela 27, te se neće ponovo navoditi.

Izbor tipa vazduhoplova iz skupa malih vazduhoplova za obavljanje saobraćaja na linijama podskupa 1

U primeru flote vazduhoplovnog prevozioca koja se sastoji od 4 tipa vazduhoplova – dva različita tipa malih i dva tipa vazduhoplova srednje veličine, kvantitativna tabela vrednosti za podskup 1 će biti identična kao i Tabela 28. Tok metoda jednakih razmena se u odnosu na slučaj flote koja se sastoji od 2 tipa vazduhoplova razlikuje samo u poslednjoj tabeli jer je procenjeno povećanje cene vazduhoplova tokom razmene drugačije (linije na kojima se obavlja saobraćaj se razlikuju). U Tabeli 36 je prikazan poslednji korak pri izboru tipa malog vazduhoplova koji bi obavljao saobraćaj na linijama iz podskupa 1.

Tabela 36. Razmena 2 pri izboru malog vazduhoplova, podskup 1

	ATR 72-600	Q400 NextGen	CRJ 900
Kapacitet	70	74	88
Cena (milioni USD)	22.86 23.3	31.67	44.22 43.5
Kargo prostor (m ³)	16.53	17.9	20.32
MTOW (t)	22.8	29.6	36.5
Jedinični troškovi (c/ASM)	16.4 15.6	15.6	14.5 15.6

Dakle, kao avion koji najviše odgovara saobraćaju na linijama podskupa 1, izdvaja se ATR 72-600.

Izbor tipa vazduhoplova iz skupa malih vazduhoplova za obavljanje saobraćaja na linijama podskupa 2

Podskup 2 linija koje bi trebalo da se obavljaju malim vazduhoplovom jeste podkup linija gde se očekuje proširenje, kako bi se opravdalo uvođenje novog tipa vazduhoplova. Ovo su linije na kojima se očekuje veći broj putnika u odnosu na linije podskupa 1, tako da u kvantitativnoj tabeli vrednosti (Tabela 37), kapacitet vazduhoplova neće biti rangiran kao u podskupu 1. U ovom slučaju će vazduhoplovi sa najvećim kapacitetom (oko 100 putničkih sedišta) imati rang 1 (E 190 i CRJ 1000), dok će najniži rang 4 imati ATR 72-500, ATR 72-600 i CRJ 700 (koji imaju kapacitet oko 70).

Tabela 37. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2

	ATR 72-500	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen	CRJ700	CRJ900	CRJ1000
Kapacitet	4	4	1	3	4	2	1
Cena (milioni USD)	1	1	3	2	2	3	4
Kargo prostor (m ³)	6	5	1	4	4	3	2
MTOW (t)	1	1	6	2	3	4	5
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	4	2	1	3	1	3	3
Jedinični troškovi (c/ASM)	4	4	2	3	5	1	1

U Tabeli 37 se može primetiti dominacija vazduhoplova ATR 72-600 nad ATR 72-500, kao i praktična dominacija CRJ 1000 nad CRJ 700, tako da se skup alternativa smanjuje sa 7 na 5. Nakon eliminacije ove dve alternative, moguće je izvršiti razmene. Prva razmena će biti obavljena između kriterijuma *dozvoljeni prtljag po putniku* i *kargo prostor*, kako bi kriterijum *dozvoljeni prtljag po putniku* postao irelevantan u daljem odlučivanju (Tabela 38).

Tabela 38. Razmena 1, pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2

	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen	CRJ900	CRJ1000
Kapacitet	70	98	74	88	100
Cena (milioni USD)	22.7	43	31.67	44.5	49.5
Kargo prostor (m ³)	15.13 16.53	32 34.94	17.9	20.32	23.6
MTOW (t)	22.8	47.8	29.6	36.5	39
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.21 0.19	0.22 0.19	0.19	0.19	0.19
Jedinični troškovi (c/ASM)	16.4	15.4	15.6	14.5	14.5

Još jednu razmenu je moguće izvršiti između kriterijuma *cena* i *jedinični troškovi*. Izjednačavanjem kriterijuma *jedinični troškovi* kroz sve alternative, ovaj kriterijum se može eliminisati kao kriterijum koji nije od značaja. Kao posledica ove razmene uočava se praktična dominacija vazduhoplova E190 nad CRJ 900 i CRJ 1000 (sive kolone u Tabeli 39). S obzirom da je jedini kriterijum po kome su CRJ 900 i CRJ 1000 bolje rangirani MTOW (sva tri vazduhoplova spadaju u istu kategoriju kada je reč o naknadama za sletanje), ova dva vazduhoplova se mogu isključiti iz daljeg razmatranja.

Tabela 39. Razmena 2, pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2

	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen	CRJ900	CRJ1000
Kapacitet	70	98	74	88	100
Cena (milioni USD)	22.7 23.5	43 43.6	31.67 32.17	44.5	49.5
Kargo prostor (m ³)	16.53	34.94	17.9	20.32	23.6
MTOW (t)	22.8	47.8	29.6	36.5	39
Jedinični troškovi (c/ASM)	16.4 14.5	15.4 14.5	15.6 14.5	14.5	14.5

Počevši od 7 alternativa i 6 kriterijuma, došlo se do tri tipa vazduhoplova od kojih na osnovu 4 kriterijuma treba odabrati jedan koji u najvećoj meri odgovara potrebama aviokompanije.

Tabela 40. Praktična dominacija pri izboru malog vazduhoplova, podskup 2

	ATR 72-600	E 190	Q400 NextGen
Kapacitet	68-74	98	74
Cena (milioni USD)	23.5	43.6	32.17
Kargo prostor (m ³)	16.53	34.94	17.9
MTOW (t)	22.8	47.8	29.6

Imajući u vidu da se vazduhoplov ATR 72-600 pravi sa različitim konfiguracijama putničke kabine i da mu se kapacitet kreće u intervalu 68-74 (Tabela 40), Q400 NextGen se može eliminisati kao praktično dominirana alternativa (ima samo neznatno veći kargo prostor). Nakon ove eliminacije potrebno je doneti odluku koji od dva preostala tipa vazduhoplova izabrati. Četiri kriterijuma po kojima se ove alternative porede ne daju mogućnost eliminacije niti otkrivanja dominacije jedne od alternativa. U ovom trenutku se ne predlaže obavljanje novih razmena, već jednostavno donošenje konačne odluke ne samo na osnovu metoda jednakih razmena, već uzimajući u obzir i neke druge činjenice koje nisu sadržane u ovom postupku. Naime, E190 ima skoro duplo veću cenu, a godišnji troškovi naknada za sletanje na aerodromima na kojima bi leteo bi zbog razlike u MTOW bili tri puta veći u odnosu na ATR 72-600. Na osnovu načina obračunavanja aerodromskih naknada na aerodromima na kojima bi se letelo i frekvencije letenja izračunato je da bi godišnje naknade za sletanje za ATR 72-600 bile 0.53 miliona USD, dok bi za E190 taj iznos bio 1.53 miliona USD. Prednost koju E 190 ima po pitanju kapaciteta bi se mogla nadoknaditi povećanjem frekvencije kada ponuda i potražnja na linijama postanu bliske, a prednost po pitanju veličine bagažnog prostora na ovim linijama nije od značaja. Pored svega navedenog, činjenica da bi vazduhoplov koji se nabavlja leteo samo na 3 linije (dok se ne steknu uslovi za proširenja mreže linija) i pri tome imao mali nalet, a s obzirom na to da je za podskup 1 već izabran ATR 72-600, daje prednost ovom tipu vazduhoplova u odnosu na E 190.

Dakle, i u slučaju flote u kojoj bi trebalo da budu dva različita tipa malih aviona, došlo se do zaključka da ovakva odluka ne bi bila opravdana, te se predlaže nabavka samo jednog tipa vazduhoplova i to ATR 72-600.

Izbor tipa vazduhoplova iz skupa srednjih vazduhoplova za obavljanje saobraćaja na linijama podskupa 1

Prosečna dužina linija koje pripadaju podskupu 1 na kojima bi trebalo da se leti avionima srednje veličine jeste 576 milja. Najpribližniji dostupni podaci o *jediničnim* troškovima se odnose na rastojanje od 654 milje (Aircraft Commerce²⁴), te će oni biti korišćeni u ovom delu kao jedan od kriterijuma za izbor tipa vazduhoplova. U Tabeli 41

²⁴ Aircraft Commerce, Issue No. 44, February/March 2006.str.42.

koja predstavlja tabelu ishoda su dati podaci koji se odnose na skup alternativa (9 tipova vazduhoplova) i odabrane kriterijume, a koji su preuzeti sa zvaničnih veb stranica proizvođača Boeing i Airbus (izuzev *jediničnih troškova*).

Tabela 41. Tabela ishoda pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1

	A319	A320	A321	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	124	150	185	124	150	185	126	162	180
Cena (milioni USD)	83.6	91.5	107.3	92	100.2	117.4	74.8	89.1	94.6
MTOW (t)	64	73.5	89	64	73.5	89	60.3	70.5	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.25	0.28	0.22	0.25	0.28	0.22	0.27	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	8.37	7.57	6.88	7.21	6.37	5.78	8.29	7.12	6.81

Na osnovu tabele ishoda (Tabela 41) i ocenjenog broja putnika po letu na posmatranim linijama formirana je kvantitativna tabela vrednosti (Tabela 42) u kojoj su alternative rangirane po kriterijumima kao i u prethodnim slučajevima.

Tabela 42. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1

	A319	A320	A321	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	1	2	4	1	2	4	1	3	4
Cena (milioni USD)	2	3	6	3	5	7	1	3	4
MTOW (t)	1	2	3	1	2	3	1	2	2
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	5	4	2	5	4	2	5	3	1
Jedinični troškovi (c/ASM)	6	5	3	4	2	1	6	4	3

U Tabeli 42 se može uočiti dominacija vazduhoplova B737 i B739 ER nad vazduhoplovima A319 i A321, respektivno, kao i praktična dominacija A319neo nad A320. Jedini kriterijum po kome je A320 bolje rangiran u odnosu na A319neo je *dozvoljeni prtljag po putniku*, tako da se vazduhoplovi A319, A320 i A321 isključuju iz daljeg razmatranja (sive kolone u Tabeli 42).

U Tabeli 43 su prikazane razmene koje su obavljene na isti način kao i u prethodnim slučajevima između kriterijuma *jedinični troškovi* i *cena*. Ako se izjednače *jedinični troškovi* vazduhoplova A319neo i B737, Boeingov avion će po svim kriterijumima biti

isti ili bolji od Airbusovog, koji će biti eliminisan iz skupa alternativa. Na isti način će i A321neo biti dominiran od strane B739 ER, tako da će se broj alternativa smanjiti na 4 od kojih treba izabrati onu koja najviše odgovara datim uslovima.

Tabela 43. Razmena 1 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1

	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	124	150	185	126	162	180
Cena (milioni USD)	92 86.97	100.2	117.4 110.21	74.8	89.1	94.6
MTOW (t)	64	73.5	89	60.3	70.5	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.25	0.28	0.22	0.27	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	7.21 8.29	6.37	5.78 6.81	8.29	7.12	6.81

Sledeću razmenu treba obaviti između istih kriterijuma kao u prethodnoj razmeni, kako bi se svi *jedinični troškovi* izjednačili i na taj način omogućili smanjenje broja kriterijuma (Tabela 44). Avion B737 praktično dominira nad svim preostalim alternativama (jedino ima manji *dozvoljeni prtljag po putniku*), tako da se zaključuje da je B737 vazduhoplov koji u najvećoj meri odgovara linijama iz podskupa 1.

Tabela 44. Razmena 2 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 1

	A320neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	150	126	162	180
Cena (milioni USD)	100.2 89.33	74.8	89.1 81.93	94.6 84.53
MTOW (t)	73.5	60.3	70.5	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.25	0.22	0.27	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	6.37 8.29	8.29	7.12 8.29	6.81 8.29

Izbor tipa vazduhoplova iz skupa srednjih vazduhoplova za obavljanje saobraćaja na linijama podskupa 2

Za izbor tipa vazduhoplova koji bi obavljao saobraćaj na linijama podskupa 2 odabrani su isti kriterijumi kao i za izbor tipa vazduhoplova za podskup 1. Ova dva podskupa se razlikuju po prosečnoj dužini linije koja je za ovaj podskup 975 milja. Iz tog razloga se

za kriterijum *jedinični troškovi* uzimaju troškovi računati za prosečnu dužinu linije 1000 milja (preuzeto iz Aircraft Commerce²⁵).

Tabela 45. Tabela ishoda pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2

	A319	A320	A321	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	124	150	185	124	150	185	126	162	180
Cena (milioni USD)	83.6	91.5	107.3	92	100.2	117.4	74.8	89.1	94.6
MTOW (t)	64	73.5	89	64	73.5	89	60.3	70.5	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.25	0.28	0.22	0.25	0.28	0.22	0.27	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	8.44	7.69	7.1	7.6	6.9	6.4	8.11	7.39	7.31

Tabela 46 Predstavlja kvantitativnu tabelu vrednosti dobijenu na osnovu prethodne tabele (Tabela 45), u kojoj su kriterijumi rangirani kroz sve alternative. U ovoj tabeli se može uočiti dominacija vazduhoplova B737 i B738 nad vazduhoplovima A319 i A320, respektivno koji se kao takvi mogu eliminisati iz skupa alternativa.

Tabela 46. Kvantitativna tabela vrednosti pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2

	A319	A320	A321	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	2	1	3	2	1	3	2	1	3
Cena (milioni USD)	3	4	6	4	5	7	2	4	4
MTOW (t)	2	3	4	2	3	4	2	3	3
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	6	4	2	6	4	2	6	3	1
Jedinični troškovi (c/ASM)	7	5	3	5	2	1	6	4	4

Nakon obavljenih razmena (Tabela 47) vazduhoplov tipa B739 ER postaje dominantan nad vazduhoplovima A321 i A321neo, dok nad njim praktično dominira B738. Kako je *dozvoljeni prtljag po putniku* jedini kriterijum po kojem je B733 ER bolje rangiran od B738, to je praktična dominacija opravdana i ovaj tip vazduhoplova se, kao i A321 i A321neo, može eliminisati iz daljeg razmatranja. Na ovaj način je skup alternativa smanjen na četiri, od kojih treba odabrati najpovoljniju.

²⁵Aircraft Commerce, Issue No. 42, August/September 2005. str. 29.

Tabela 47. Razmena 1 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2

	A321	A319neo	A320neo	A321neo	B737	B738	B739 ER
Kapacitet	185	124	150	185	126	162	180
Cena (milioni USD)	107.3 105.8	92	100.2	117.4 110.7	74.8	89.1	94.6
MTOW (t)	89	64	73.5	89	60.3	70.5	74.4
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.28	0.22	0.25	0.28	0.22	0.27	0.29
Jedinični troškovi (c/ASM)	7.1 7.31	7.6	6.9	6.4 7.31	8.11	7.39	7.31

U Tabeli 48 je prikazana razmena 2 pri izboru vazduhoplova srednje veličine za opsluživanje linija iz podskupa 2. i ova razmena se obavlja između kriterijuma *jedinični troškovi* i *cena*. Izjednačavaju se *jedinični troškovi* za A319neo i B737 kako bi A319neo postao dominiran i kao takav bio eliminisan. Ista procedura je ponovljena i za vazduhoplove A320neo i B738 kako bi se eliminisao i A320neo. Na kraju ove razmene ostaju 2 alternative, B737 i B738.

Tabela 48. Razmena 2 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2

	A319neo	A320neo	B737	B738
Kapacitet	124	150	126	162
Cena (milioni USD)	92 89.48	100.2 97.42	74.8	89.1
MTOW (t)	64	73.5	60.3	70.5
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.25	0.22	0.27
Jedinični troškovi (c/ASM)	7.6 8.11	6.9 7.39	8.11	7.39

U trećoj razmeni (Tabela 49) izjednačeni su *jedinični troškovi* za oba tipa vazduhoplova kako bi se ovaj kriterijum eliminisao kao kriterijum koji u ovoj fazi odlučivanja nije od važnosti. Nakon ove razmene odluku još uvek nije moguće doneti, te se obavlja još jedna razmena.

Tabela 49. Razmena 3 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2

	B737	B738
Kapacitet	126	162
Cena (milioni USD)	74.8	89.1 84.5
MTOW (t)	60.3	70.5
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22	0.27
Jedinični troškovi (c/ASM)	8.11 7.39	7.39 8.11

Četvrta razmena (Tabela 50) se obavlja između kriterijuma *dozvoljeni prtljag po putniku* i *cena*. Ako se poveća *dozvoljeni prtljag po putniku* za B737 kako bi se izjednačio sa dozvoljenim prtljagom za B738, očekuje se povećanje cene vazduhoplova zbog ove promene. Iznos za koji se cena povećava nije estimiran, već je u tabelu uneto da se očekuje veća cena od postojeće. S obzirom da kriterijum *dozvoljeni prtljag po putniku* može biti eliminisan kao kriterijum koji nije od važnosti (ista vrednost kroz alternative), kao praktično dominantna alternativa izdvaja se Boeingov vazduhoplov B737. Jedini kriterijum po kojem je B738 bolje rangiran od B737 jeste kapacitet. Ako se u obzir uzme činjenica da je za podskup 1 već izabran B737 kao alternativa koja najviše odgovara, to se može zaključiti da bi i u slučaju linija iz podskupa 2 ovaj isti tip vazduhoplova odgovarao potrebama vazduhoplovnog prevozioca. Eventualni nedostatak kapaciteta, u slučaju kada se ponuda i potražnja približe jedna drugoj, mogao bi se nadoknaditi povećanjem frekvencije što u većoj meri utiče na udeo aviokompanije na tržištu nego veličina vazduhoplova (Wei i Hansen, 2005 i Givoni i Rietveld, 2010).

Tabela 50. Razmena 4 pri izboru srednjeg vazduhoplova, podskup 2

	B737	B738
Kapacitet	126	162
Cena (milioni USD)	>74.8	84.5
MTOW (t)	60.3	70.5
Dozvoljeni prtljag po putniku (m ³)	0.22 0.27	0.27

Flota koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova

Na definisanoj mreži linija hipotetičke aviokompanije su uočeni podskupovi linija sa sličnim karakteristikama, a za svaku podskup je trebalo odrediti odgovarajući tip vazduhoplova koji bi u najvećoj meri odgovarao potrebama aviokompanije i definisanim uslovima na tržištu. S obzirom da su i za linije koje treba opsluživati malim, a i za one koje bi trebalo opsluživati vazduhoplovom srednje veličine, uočena po dva podskupa linija, pošlo se od pretpostavke da su u floti potrebna četiri različita tipa vazduhoplova (dva iz skupa malih i dva iz skupa srednjih). Primenom metoda jednakih razmena na svaki od podskupova pojedinačno, došlo se do zaključka da je vazduhoplov ATR 72-600 najbolje rešenje za oba podskupa kratkih linija na kojima bi se saobraćaj

obavljao malim vazduhoplovima, dok je B737 najbolje rešenje za oba podskupa linija srednje dužine na kojima bi saobraćaj trebalo obavljati vazduhoplovima srednje veličine. Dakle, i u ovom slučaju bi se flota vazduhoplovnog prevozioca sastojala od samo dva tipa vazduhoplova.

Shodno predloženom algoritmu (Slika 5, Poglavlje 5), trebalo bi proveriti mogućnost smanjenja veličine flote. Kako se i u ovom slučaju došlo do zaključka da bi prevoziocu odgovarala flota koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova (jedan iz skupa malih i jedan iz skupa vazduhoplova srednje veličine), to je broj potrebnih vazduhoplova identičan broju dobijenom u Poglavlju 6.6 u primeru flote koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova. Svođenje flote koja u svom sastavu ima četiri tipa vazduhoplova na flotu koja u svom sastavu ima dva tipa vazduhoplova u navedenom slučaju podrazumeva smanjenje potrebnog broja malih vazduhoplova sa četiri na tri, dok broj vazduhoplova srednje veličine ostaje nepromenjen (7 vazduhoplova).

7. Dugoročno planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca

Za dugoročni plan flote, kada nema definisanog reda letenja, ali se uzimaju u obzir letovi i njihovo trajanje za male i vazduhoplove srednje veličine, može se poći od prognoze porasta putničke potražnje na godišnjem nivou. U ovom slučaju se ne razmatra broj tipova vazduhoplova (postojanje podskupova linija u svakom od skupova). Pretpostavlja se da su poznate sledeće veličine za male i vazduhoplove srednje veličine:

- očekivana nedeljna putnička potražnja na linijama koje obavljaju mali (D_{omi}) i vazduhoplovi srednje veličine (D_{osi}) u i -toj godini,
- očekivani koeficijent popunjenosti putničke kabine malih i vazduhoplova srednje veličine u i -toj godini (λ_{oi}),
- očekivani prosečni dnevni nalet malih i vazduhoplova srednje veličine (BH_{sri}) u i -toj godini,
- kapacitet malih (cap_{mi}) i kapacitet vazduhoplova srednje veličine (cap_{si}) u i -toj godini i
- prosečno trajanje letova koje će obavljati mali (t_{srmi}), odnosno vazduhoplovi srednje veličine ($t_{sr si}$) u i -toj godini.

Polazeći od očekivanog porasta potražnje na godišnjem nivou, uz navedene pretpostavke može se izračunati okvirni broj malih vazduhoplova (N_{mi}) i vazduhoplova srednje veličine (N_{si}) u i -toj godini potrebnih za obavljanje budućeg saobraćaja za svaki uočeni skup linija, za period od N narednih godina. Izračunavanje se vrši prema formulama (7) i (8).

$$N_{mi} = \frac{\frac{D_{omi}}{\lambda_{oi} * cap_{mi}} * t_{srmi}}{BH_{sri}} \quad i=1, \dots, N \quad (7)$$

$$N_{si} = \frac{\frac{D_{osi}}{\lambda_{oi} * cap_{si}} * t_{sr si}}{BH_{sri}} \quad i=1, \dots, N \quad (8)$$

Pri izračunavanju potrebnog broja vazduhoplova treba imati u vidu promene u skupovima linija koje će se obavljati malim i vazduhoplovima srednje veličine. Moguće

je da neke linije na kojima se saobraćaj obavljao malim vazduhoplovom usled promena u putničkoj potražnji postanu linije na kojima bi saobraćaj trebalo obavljati vazduhoplovom srednje veličine. Kako bi se odredio trenutak kada je promena veličine vazduhoplova bolje rešenje za aviokompaniju, trebalo bi primenom fazi logičkog sistema (iz prve faze modela) za svaku liniju u svakoj od N godina za koje se određuje potreban broj vazduhoplova, na osnovu promene putničke potražnje odrediti indeks preferencije za korišćenje malog vazduhoplova. Kada u i -toj godini ($i=1, \dots, N$) jačina preferencije za korišćenje malog vazduhoplova ima vrednost manju od 0.5, potražnja koja dovodi do ove promene je granična potražnja i ukazuje na potrebu uvođenja vazduhoplova srednje veličine na posmatranoj liniji. U suprotnom, jačina preferencije čija je vrednost veća od 0.5 ukazuje na činjenicu da na posmatranoj liniji saobraćaj treba obavljati malim vazduhoplovom.

U zavisnosti od finansijskog stanja vazduhoplovnog prevozioca, njegovog kreditnog boniteta, kao situacije na tržištu i ekonomske situacije na globalnom nivou (tokom ekonomskih kriza zakup vazduhoplova je povoljnija opcija), donosi se odluka o načinu finansiranja nabavke vazduhoplova. Treba napomenuti da se odluke ovakve vrste ne mogu planirati (dugoročno), već se one donose kada se krene u proceduru nabavke. Takođe treba imati u vidu da se aviokompanije koje saobraćaju na istom tržištu i imaju isti model poslovanja veoma razlikuju kada je u pitanju vlasništvo flote, tj. odnos broja zakupljenih i kupljenih vazduhoplova (Mancilla, 2010), što takođe ukazuje na to da su odluke ovog tipa individualne.

8. Dugoročno planiranje flote vazduhoplovnog prevozioca – primena

Dugoročni plan flote podrazumeva određivanje potrebnog broj malih i vazduhoplova srednje veličine, ne uzimajući u obzir broj tipova vazduhoplova (postojanje podskupova linija u svakom od skupova). Ako treba odrediti dugoročni plan flote, kao što je ranije navedeno, potrebni ulazni podaci su očekivana nedeljna potražnja, očekivani koeficijent punjenja, očekivani prosečni dnevni nalet. Imajući u vidu da je očekivani godišnji porast saobraćaja do 2031. godine za Evropu 4% (prognoze vodećih proizvođača vazduhoplova), uzimajući koeficijent popunjenosti putničke kabine 75% uz očekivani prosečni dnevni nalet cele flote od 8 blok časova, moguće je prema formulama (7) i (8) (Poglavlje 7) izračunati potreban broj malih i srednjih vazduhoplova za period 2016-2031. Prosečno trajanje letova koji se obavljaju malim vazduhoplovima je $t_{srm} = 69$ minuta, dok je prosečno trajanje letova koji se obavljaju vazduhoplovima srednje veličine $t_{srs} = 135$ minuta.

U Tabeli 51 je data očekivana nedeljna potražnja na linijama koje se obavljaju malim i vazduhoplovima srednje veličine kao i potreban broj vazduhoplova za period 2016-2031. godine. U Tabeli 51 se može primetiti da je očekivana nedeljna potražnja u 2017. godini za mali vazduhoplov manja nego u 2016. godini. Objašnjenje je u vezi sa linijom za Beč na kojoj će se saobraćaj obavljati malim vazduhoplovom do 2016, a od 2017. godine vazduhoplovom srednje veličine. Na osnovu razvijenog fazi logičkog sistema utvrđeno je da promena potražnje u posmatranom periodu (2016-2031) na liniji ka Beču zahteva da ova linija bude u skupu linija koje se obavljaju vazduhoplovom srednje veličine od 2017. godine, dok ostale linije ne menjaju skup kome pripadaju. Očekivana potražnja na liniji ka Beču od 68 hiljada putnika na godišnjem nivou (2017. godine) za posledicu ima pad vrednosti indeksa preferencije (p_m) ispod vrednosti 0.5, što ukazuje na to da saobraćaj na ovoj liniji treba obavljati vazduhoplovom srednje veličine. U tabeli se može videti da će hipotetička aviokompanija u pretpostavljenim uslovima, imati proširenje flote, i to:

- 2021. godine dodatni vazduhoplov srednje veličine (osmi u floti),
- 2025. godine dodatni vazduhoplov srednje veličine (deveti u floti),

- 2027. godine dodatni vazduhoplov srednje veličine (deseti u floti),
- 2028. godine dodatni mali vazduhoplov (četvrti u floti),
- 2030. godine dodatni vazduhoplov srednje veličine (jedanaesti u floti).

Tabela 51. Očekivana nedeljna potražnja i potreban broj vazduhoplova (2016-2031)

Godina	Mali vazduhoplovi		Vazduhoplovi srednje veličine	
	Očekivana nedeljna potražnja (hiljade)	Potreban broj vazduhoplova	Očekivana nedeljna potražnja (hiljade)	Potreban broj vazduhoplova
2016	6.5	3	17.0	7
2017	5.4	3	19.0	7
2018	5.6	3	19.8	7
2019	5.8	3	20.6	7
2020	6.1	3	21.4	7
2021	6.3	3	22.3	8
2022	6.6	3	23.2	8
2023	6.8	3	24.1	8
2024	7.1	3	25.0	8
2025	7.4	3	26.0	9
2026	7.7	3	27.1	9
2027	8.0	3	28.2	10
2028	8.3	4	29.3	10
2029	8.7	4	30.5	10
2030	9.0	4	31.7	11
2031	9.4	4	33.0	11

Treba napomenuti da se navedeni potrebni brojevi vazduhoplova (Tabela 27) odnose isključivo na promenu veličine potrebne flote. Starost vazduhoplova, kao i dinamika zamene vazduhoplova, odnosno obnavljanja flote u ovom slučaju nisu razmatrani.

Dakle, flota hipotetičkog prevozioca bi do 2031. godine trebalo da ima ukupno 15 vazduhoplova, od čega su 4 mala i 11 vazduhoplova srednje veličine.

9. Zaključak

Planiranje flote ima strateški značaj za vazduhoplovnog prevozioca. Izbor flote (broj vazduhoplova i struktura flote – tipovi vazduhoplova) treba da bude takav da omogući usaglašavanje ponude (kapaciteta kojima vazduhoplovni prevozilac raspolaže) i potražnje za prevozom pod odgovarajućim uslovima na tržištu. Izbor veličine i strukture flote ima direktan uticaj na profit vazduhoplovnog prevozioca. Iz tog razloga je pri planiranju flote potrebno imati u vidu kako zahteve prevozioca, tako i zahteve putnika. Prevoziocima je u interesu da obavljaju planirani saobraćaj sa što manjim brojem vazduhoplova koji su što je moguće više iskorišćeni (prosečni dnevni nalet i kapacitet vazduhoplova), sa što manjim operativnim troškovima i što većim prihodom. Putnicima je, sa druge strane, u interesu visoka frekvencija letenja, veliki broj direktnih letova, itd. Ove konfliktne interese treba usaglasiti na najbolji mogući način.

U ovoj disertaciji je razvijen trofazni model planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca kojim se određuje okvirna struktura flote, njena veličina i izbor tipa vazduhoplova u slučaju vazduhoplovnih prevozilaca male i srednje veličine. U prvoj fazi modela je razvijen originalni fazi logički sistem koji kao ulazne podatke koristi ocenjenu godišnju putničku potražnju za 2012. i 2015. godinu i rastojanje između para aerodroma. Izlaz iz ove faze jesu skupovi linija koje treba opsluživati vazduhoplovima različite veličine (malim i srednjim). Istovremeno to predstavlja ulaz za narednu fazu (druga faza) u kojoj se definisani skup linija deli na dva podskupa linija sa sličnim karakteristikama (na osnovu rastojanja i broja putnika po letu). Za svaki podskup linija je određen potreban broj vazduhoplova, za red letenja koji je pretpostavljen, tj definisan na osnovu postojećih i ranijih redova letenja. Za određivanje potrebnog broja vazduhoplova za obavljanje planiranog saobraćaja i raspoređivanje vazduhoplova na letove razvijen je heuristički algoritam, kao i heuristički algoritam za poboljšanje dobijenog rešenja prilagođavanjem reda letenja. U trećoj fazi modela se primenom metoda jednakih razmena koji donosiocu odluke omogućava da na sistematičan i relativno brz način, vrši izbor tipa vazduhoplova za definisanu mrežu linija i pretpostavljeni red letenja.

Takođe je dat predlog plana i dinamike nabavke vazduhoplova za dugoročnu prognozu (do 2031. godine) na osnovu ocenjene nedeljne potražnje, koeficijenta punjenje i veličine vazduhoplova.

Na osnovu prikaza razvijenog trofaznog modela planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca i njegove primene u svrhu planiranja flote hipotetičkog vazduhoplovnog prevozioca, izdvajaju se sledeći naučni i praktični doprinosi:

- Razvijen je trofazni model planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca. U okviru njega su razvijeni fazi logički sistem i specijalni heuristički algoritmi, dok je metod jednakih razmena po prvi put primenjen za rešavanje problema izbora flote vazduhoplovnog prevozioca.
- Planerima u aviokompanijama je omogućeno da primenom trofaznog modela na relativno brz i sistematičan način odrede i strukturu i veličinu flote, dok se u stručnoj literaturi ova dva problema posmatraju odvojeno.
- Svaka faza u okviru predloženog trofaznog modela se može koristiti zasebno za rešavanje odgovarajućeg problema. Ako vazduhoplovni prevozilac želi da izvrši raspoređivanje postojeće flote na mrežu linija može koristiti fazi logički sistem kako bi odredio koje linije treba obavljati malim, a koje vazduhoplovom srednje veličine. Moguće je primeniti samo razvijeni heuristički algoritam i izvršiti raspoređivanje vazduhoplova na letove kako bi se utvrdilo da li prevozilac u svojoj floti ima dovoljan broj vazduhoplova (na primer kada se proširuje mreža linija). Pri izboru tipa vazduhoplova koji treba kupiti ili zakupiti može se iskoristiti metod jednakih razmena.
- Na primeru hipotetičke aviokompanije je pokazana primenljivost razvijenog trofaznog modela.
- Trofazni model koji je razvijen za potrebe planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca koji se bavi prevozom putnika se uz minorne izmene može primeniti i za planiranje flote kargo aviokompanije.

Razvijeni trofazni model planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca se može proširiti uvođenjem u razmatranje velikih vazduhoplovnih prevozilaca koji obavljaju prekookeanske letove. Kao nastavak istraživanja koje se odnosi na drugu fazu modela

(određivanje potrebnog broja vazduhoplova), u budućem istraživanju bi se mogla umesto predloženog heurističkog pristupa primeniti neka od optimizacionih tehnika. Još jedna mogućnost za nastavak istraživanja (treća faza modela, izbor tipa vazduhoplova) jeste i analiza osetljivosti rešenja na promenu skupa kriterijuma na osnovu kojih se vrši izbor tipa vazduhoplova.

S obzirom da je u ovoj disertaciji u manjoj meri razmatran problem finansiranja nabavke vazduhoplova (hipotetičkog vazduhoplovnog prevozioca), kao jedan od mogućih pravaca daljeg istraživanja je i uključivanje ekonomsko-finansijske analize pri razmatranju problema nabavke vazduhoplova, kao i iznalaženje odnosa broja zakupljenih i kupljenih vazduhoplova.

Literatura

1. Airbus, 2012. *Global Market Forecast 2012-2031 – Navigating the future*, (dostupno na www.airbus.com, 26.08.2013. godine).
2. Anketa sa Aerodroma “Nikola Tesla”.
3. ATR, 2012. *Regional Market Outlook – Turboprop Perspectives 2010-2029*, (dostupno na www.atraircraft.com, 26.08.2013. godine).
4. Barrittella, M., La Franca, L., Mandina, V., Zito, P. 2007. Modelling strategic alliances in the wide-body long-range aircraft market. *Journal of Air Transport Management* 13 (3), 139-148.
5. Berge, M., E., Hoppersted, C., A. 1993. Demand driven dispatch: A method for dynamic aircraft assignment, models and algorithms. *Operations Research* 41(1), 153-168.
6. Bharda, D. 2003. Choice of aircraft fleets in the US NAS: findings from a multinomial logit analysis. Center for Advanced System Development (CAASD), The MITRE Corporation, Technical Papers.
7. Bielli, M., Bielli, A., Rossi, R. 2011. Trends in models and algorithms for fleet management. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 20, 4-18.
8. Boeing, 2012. *Current Market Outlook (2012-2031)*. (dostupno na www.boeing.com, 26.08.2013. godine).
9. Bombardier, 2012. *Commercial Aircraft – Market Forecast 2012-2031*. (dostupno na www.bombardier.com, 26.08.2013. godine).
10. Brueckner, J. K., Zhang, Y. 2001. A model of scheduling in airline networks – How a hub-and-spoke system affects flight frequency, fares and welfare. *Journal of Transport Economics and Policy* 35(2), 195-222.
11. Carter, E., Morlok, E. 1975. Planning air transport network in Appalachia. *Transportation Engineering Journal ASCE* 101, 569-588.

12. Davis, G., Zakrzewski, D. 2008. Linking aircraft lease-purchase decision making to corporate performance: a study of regional aviation in Australia. 12th Annual World Conference Air Transport Research Society, Athens, Greece.
13. de Borges Pan, A. G., Espirito Santo, R. A. 2004. Developing a fleet standardization index for airline pricing. *Journal of Air Transportation* 9(2), 97-110.
14. Doganis, R. 1991. *Flying Off Course: The Economics of International Airlines*. Routledge, London and New York.
15. Dožić, S., Kalić, M. 2010. Three Phase Airline Fleet Planning Model. Proceedings SYM-OP-IS 2010 (XXXVII Symposium on Operations Research), Tara, Republic of Serbia, 661-664.
16. Dožić, S., Kalić, M. 2013a. Selection of aircraft type by using even swaps method. 17th ATRS World Conference, Bergamo, Italy, June 26-29.
17. Dožić, S., Kalić, M. 2013b. Two-stage airline fleet planning model. Proceedings of the 1st Logistics International Conference. LOGIC 2013, Belgrade, Serbia, November 28-30, 60-66. (dostupno na sajtu <http://logic.sf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2013/12/ONLINE-Proceedings-LOGIC-2013.pdf>).
18. Dožić, S., Kalić, M. 2014. An AHP Approach to Aircraft Selection Process. *Transportation Research Procedia* 3, 165–174.
19. Dresner, M., Windle, R., Zhou, M. 2002. Regional jet services: supply and demand. *Journal of Air Transport Management* 8(5), 267-273.
20. Embraer Commercial Aviation, 2012. *Market Outlook 2012-2031*. (dostupno na <http://www.embraercommercialaviation.com/Pages/Market-Info.aspx?Category=Market Outlook>, 26.08.2013. godine).
21. Feldman, J. M. 2002. Matching planes to people. *Air Transport World* 39(12), 31-33.
22. Flouris, T. 2008. Rationalizing aircraft performance modelling in airline fleet planning decisions. 12th Annual World Conference Air Transport Research Society, Athens.

23. Givoni, M., Reitveld, P. 2009. Choice of aircraft size – explanations and implications. *Journal of Air Transport Management*, 16(3), 159-167.
24. Givoni, M., Reitveld, P. 2010. The environmental implications of airlines' choice of aircraft size. *Transportation Research Part A*, 43(5), 500-510.
25. Hammond, J. S., Keeney, R. L., 1999a. *Smart Choices: A Practical Guide to Making Better Decisions*. Harvard Business School Press, Boston.
26. Hammond, J. S., Keeney, R. L., 1999b. Making Smart Choices in engineering. *IEEE Spectrum*, 71-76.
27. Hammond, J. S., Keeney, R. L., Raifa, H., 1998. Even Swaps: a rational method for making trade-offs. *Harvard Business Review*, 76(2), 137-150.
28. Harasani, W. I. 2006. Evaluation and Selection of a Fleet of Aircraft for a Local Airline. *Journal of King. Abdulaziz University: Engineering Sciences* 17(2), 3-16.
29. Harasani, W. I. 2008. Evaluation and Selection of a Fleet of Aircraft Located in Madniah, Saudi Arabia. 12th Annual World Conference Air Transport Research Society, Athens.
30. Hoff, A., Andersson, H., Christiansen, M., Hasle, G., Løkketangen, A. Industrial aspects and literature survey: Fleet composition and routing. *Computers & Operations Research* 37(12), 2041-2061.
31. Holloway, S. 2003. *Straight and Level: Practical Airline Economics*. Ashgate Publishing Limited, England, Ashgate Publishing Company, USA, 2nd ed.
32. Holloway S. 2008. *Straight and Level: Practical Airline Economics*. Ashgate Publishing Limited, England, Ashgate Publishing Company, USA, 3rd ed.
33. Hsu, C., Li, H., Liu, S., Chao, C. 2011. Aircraft replacement scheduling: A dynamic programming approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 47(1), 41-60.
34. <http://www.boeing.com/commercial/prices/index.html>, 2.10.2012. godine
35. <http://www.tradingeconomics.com/serbia/gdp-per-capita-at-current-prices-in-us-dollars-imf-data.html> (mart 2012).

36. <http://crjnextgen.com/en/#/crj/gallery/literature/> (maj 2013).
37. <http://q400nextgen.com/en/#/q400/gallery/literature/> (maj 2013).
38. <http://www.ainonline.com/aviation-news/paris-air-show/2011-06-19/paris-2011-atr-72-600-debuts-paris-air-show-easa-certification-hand> (maj 2013).
39. <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a320family/> (maj 2013).
40. <http://www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/new-airbus-aircraft-list-prices-for-2013/> (maj 2013).
41. <http://www.atraircraft.com/newsroom/download-center-3.html> (maj 2013).
42. <http://www.boeing.com/boeing/commercial/prices/> (maj 2013).
43. <http://www.boeing.com/boeing/commercial/startup/737ng.page> (maj 2013).
44. <http://www.bombardier.com/en/aerospace/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d802446f0> (maj 2013).
45. <http://www.bombardier.com/en/corporate/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d801514f2> (maj 2013).
46. <http://www.bombardier.com/en/corporate/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d801f7a74> (maj 2013).
47. <http://www.bombardier.com/en/corporate/media-centre/press-releases/details?docID=0901260d801e4f04> (maj 2013).
48. <http://www.embraercommercialjets.com/#/en/downloads> (maj 2013).
49. <http://www.embraer.com/en-US/ImprensaEventos/Press-releases/noticias/Pages/EMBRAER190-TRIP.aspx> (maj 2013).
50. <http://www.gecas.com> (mart 2014).
51. <http://www.ilfc.com> (mart 2014).
52. Kalić, M. 2012. *Planiranje prevoženja i eksploatacija vazduhoplova 1*. Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet.

53. Kalić, M., Dožić, S., Babić, D. 2012. Predicting Air Travel Demand Using Soft Computing: Belgrade Airport Case Study. 15th Euro Working Group on Transportation, Paris, France.
54. Kalić, M., Kuljanin, J., Dožić, S. 2014. Air Travel Demand Fuzzy Modelling: Trip Generation and Trip Distribution. Soft Computing in Industrial Applications, Springer, Proceedings of the 17th Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing 223, 279-290.
55. Kalić, M., Dožić, S., Kuljanin, J. 2014. The fuzzy system sensitivity analysis: An example of air travel demand models. Computer-based Modelling and Optimization in Transportation, Springer, Advances in Intelligent Systems and Computing 262, 361-373.
56. Kilpi, J. 2007. Fleet composition of commercial jet aircraft 1952-2005: Developments in uniformity and scale. Journal of Air Transport Management 13(2), 81-89.
57. List, G. F., Wood, B., Nizick, L. K., Tarnquist, M. A., Jones, D. A., Kjeldgaard, E. A., Lawton, C. R. 2003. Robust optimization for fleet planning under uncertainty. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 39(3), 209-227.
58. Listes, O., Dekker, R. 2005. A scenario aggregation-based approach for determining a robust airline fleet composition for dynamic capacity allocation. Transportation Science 39(3), 367-382.
59. Mancilla, D. O. 2010. Aircraft Asset Management: Tools & airline strategies during a world market downturn. 14th Annual World Conference Air Transport Research Society, Porto, Portugal.
60. Mason, K. J. 2007. Airframe manufacturers: Which has the better view of the future? Journal of Air Transport Management 13(1), 9-15.
61. Morrell, P. 2013. *Airline Finance*. Ashgate Publishing Limited, England, Ashgate Publishing Company, USA, 4th ed.

62. Oum, T., H., Zhang, A., Zhang, Y. 2000. Optimal demand for operating lease of aircraft. *Transportation Research Part B: Methodological* 34(1), 17-29.
63. Pitfield, D. E., Caves R. E. 2000. Airline Strategies for Aircraft Size and Frequency with changing Demand and Competition: A Two-Stage Least Squares Analysis for long haul traffic on the North Atlantic. The 40th European Congress of the Regional Science Association International, Barcelona, Spain.
64. Pitfield, D. E., Caves R. E., Quddus M. A. 2010. Airline strategies for aircraft size and airline frequency with changing demand and competition: A simultaneous-equations approach for traffic on the north Atlantic. *Journal of Air Transport Management* 16(3), 151-158.
65. Radnoti, G., 2002. *Profit Strategies for Air Transportation*. Aviation Week Books, McGraw Hill, New York.
66. Reichmuth, J., 2008. Analyses of the European air transport market: Airline Business Models.
http://ec.europa.eu/transport/modes/air/doc/abm_report_2008.pdf.
67. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku
<http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/public/ReportView.aspx>, mart 2012.
68. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Saobraćaj, skladištenje i veze 2004, Bilten 460, Beograd 2006.
69. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Saobraćaj, skladištenje i veze 2005, Bilten 474, Beograd 2007.
70. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Saobraćaj, skladištenje i veze 2006, Bilten 482, Beograd 2008.
71. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Saobraćaj, skladištenje i veze 2007, Bilten 498, Beograd 2009.
72. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Saobraćaj, skladištenje i veze 2008, Bilten 515, Beograd 2010.
73. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Saobraćaj, skladištenje i veze 2009, Bilten 534, Beograd 2011.

74. Republika Srbija, Republički zavod za statistiku, Saobraćaji telekomunikacije u Republici Srbiji, 2010, Bilten 549, Beograd 2012.
75. Savage, I., Scott, B. 2004. Deploying regional jets to add new spokes to a hub. *Journal of Air Transport Management* 10, 147-150.
76. Svetska banka <http://data.worldbank.org/> , mart 2012.
77. Swan, W. 2002. Airline route developments: a review of history. *Journal of Air Transport Management* 8(5), 349-353.
78. Swan, W., Adler, N. 2006. Aircraft trip cost parameters: A function of stage length and seat capacity. *Transportation Research Part E* 42(2), 105-115.
79. Teodorović, D. 1988. *Modeli u vazdušnom saobraćaju i transportu*. Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet.
80. Teodorović, D. 1999. Fuzzy logic systems for transportation engineering: the state of the art. *Transportation Research Part A* 33(5), 337-364.
81. Teodorović, D., Kalić, M., Pavković, G. 1993. The potential for using fuzzy set theory in airline network design. *Transportation Research Part B* 28(2), 103-121.
82. Vasigh, B., Taleghani, R., Jenkins, D. 2012. *Aircraft Finance: Strategies for Managing Capital Costs in Turbulent Industry*. J. Ross Publishing, USA.
83. Vujošević, M., Anđelković, I., Krčevinac, S., 2003. PrOACT – Praktična i jednostavna metoda višekriterijumskog odlučivanja. *INFO M* 6-7, 46-51.
84. Wei, W. 2006. Impact of landing fees on airlines' choice of aircraft size and service frequency in duopoly markets. *Journal of Air Transport Management* 12(6), 288-292.
85. Wei, W., Hansen, M. 2005. Impact of aircraft size and seat availability on airlines' demand and market share in duopoly markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 41(4), 315-327.
86. Wei, W., Hansen, M. 2007. Airlines' competition in aircraft size and service frequency in duopoly markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43(4), 409-424.

87. Wensveen, J. G. 2007. *Air Transportation: A Management Perspective*, Ashgate Publishing Limited, England, Ashgate Publishing Company, USA, 6th ed.
88. World Tourism Organization. 2000. *Tourism 2020 Vision*. Volume 4. Europe.

PRILOG

Prilog 1. Vrste lizinga

U osnovi postoje dve vrste lizinga i to operativni i finansijski. Ove dve vrste lizinga se razlikuju po načinu prikazivanja u bilansu stanja aviokompanije: operativni lizing se ne prikazuje, dok se finansijski prikazuje u bilansu stanja. Prekogranični (*cross-border*), prodaja i povratni (*sales and leaseback*), *Dry* i *Wet* lizing su oblici lizinga koji imaju određene specifičnosti, a koji se javljaju u varijantama i operativnog i finansijskog lizinga.

Operativni lizing

Operativni lizing podrazumeva zakup pri kome zakupodavac zadržava vlasništvo i prateće rizike i prednosti svojine do kraja perioda zakupa, koji je obično kratak.

Karakteristike operativnog lizinga su:

- U kratkom vremenu se odgovora na promene uslova na tržištu (promena veličine i strukture flote, zadovoljavanje kratkoročnih povećanja u putničkom saobraćaju), fleksibilnost po pitanju kapaciteta flote (fleksibilnost i brzina isporuke).
- Period zakupa je obično kraći (1-7, u proseku 5 godina) uz mogućnost vraćanja vazduhoplova zakupodavcu uz kratko obaveštenje i bez velikih novčanih penala. Životni vek vazduhoplova dostiže 30 i više godina, tako da je operativni lizing koji podrazumeva zakup do 10 godina relativno kratak vremenski period.
- Zakupac ne može da bira specifikaciju (konfiguraciju) vazduhoplova.
- Aviokompanija stiče pravo korišćenja vazduhoplova, a rizik vlasništva nije na njoj.
- Zakupodavac očekuje da ima zaradu od prodaje ili ponovnog iznajmljivanja vazduhoplova.
- Zakupac je obično odgovoran za održavanje vazduhoplova, ali često mora da plaća zakupodavcu i dodatna sredstva, takođe namenjena održavanju.
- Vazduhoplov se vraća zakupodavcu na kraju ugovorenog perioda.

- Ova vrsta lizinga znači velike prednosti za zakupca, pošto je rezidualna vrednost vazduhoplova u nadležnosti zakupodavca.

S obzirom da zakupodavac preuzima rizik zastarevanja vazduhoplova on mora da bude upoznat sa korišćenjem vazduhoplova i poslovanjem aviokompanije. Takođe mora da obezbedi održavanje i remont prema najvišim standardima.

Uslovi vraćanja su veoma važni za zakupodavca u slučaju operativnog lizinga, pošto je njemu u interesu da narednom korisniku da avion u zakup sa minimalnim kašnjenjem. Na primer, ako je avion isporučen nekoj aviokompaniji nakon svoje «C» provere (srednji nivo održavanja strukture vazduhoplova koji se obavlja nakon 3500-4500 časova leta) od zakupca se očekuje da taj avion bude vraćen u sličnim uslovima na kraju perioda zakupa (sa obavljenom «C» proverom) (Morrell, 2013).

Zakupac mora poštovati propise koji su u vezi sa plovidbenošću i ostale propise koji su izdati od strane regulatornih vlasti i proizvođača. Na osnovu tih propisa će nekada biti potrebno povući vazduhoplov iz saobraćaja radi obavljanja detaljnijih pregleda i eventualnih modifikacija. S obzirom da ulaganja ovog tipa utiču na povećanje vrednosti vazduhoplova, nakon dostizanja određenog praga, troškovi se dele između zakupca i zakupodavca.

Ugovorom o operativnom lizingu se može zahtevati sigurnosni depozit, čiji iznos zavisi od kreditne sposobnosti zakupca i može biti u visini zakupnine za jedan ili dva meseca. Ako se ispoštuje period zakupa, ovaj depozit se u celosti vraća zakupcu. O kamati na depozit se može pregovarati, a može se uračunati i kroz mesečno plaćanje zakupa. Davanje vazduhoplova u pazakup, kao i korišćenje i ugradnja dodatne opreme u njemu, zahtevaju posebna odobrenja od strane zakupodavca.

Ugovori o operativnom lizingu u opštem slučaju zahtevaju od zakupca da obavesti zakupodavca 6-12 meseci pre isteka perioda zakupa o svojim namerama po pitanju produžavanja zakupa.

U prošlosti su se mnoge aviokompanije iz Rusije i Zajednice nezavisnih država²⁶ oslanjale na operativni lizing kako bi dobile avione zapadnih proizvođača usled

²⁶ Zajednicu nezavisnih država čine Rusija, Belorusija, Ukrajina, Jermenija, Azerbejdžan, Kazahstan, Kirgizija, Moldavija, Tadžikistan, Uzbekistan i Turkmenistan (engl. Commonwealth of Independent States — CIS)

problema sa dobijanjem kredita i finansiranjem kroz njih. Nove aviokompanije u Evropi i SAD, takođe teže da vazduhoplove obezbede kroz ugovore o operativnom lizingu.

Finansijski lizing

Finansijski lizing podrazumeva zakup pri kome se vlasništvo, kao i prateće koristi i rizici prenose na zakupca do kraja perioda zakupa.

Ono što je karakteristično za ovu vrstu zakupa je to da zakupodavac može birati različite specifikacije vazduhoplova. Finansijski lizing podrazumeva potpisivanje ugovora na period 10-26 godina, ali je najčešće u pitanju period 10-12 godina. Ovaj tip ugovora ili nema mogućnost poništavanja ili je poništavanje moguće uz velike novčane penale. Po isteku perioda zakupa, aviokompanija koja je iznajmljivala vazduhoplov ima mogućnost kupovine istog po niskoj ceni. Rizici i koristi koji su u vezi sa vlasništvom vazduhoplova su odgovornost zakupca iako on nije legalni vlasnik vazduhoplova ni u jednom trenutku tokom celog perioda zakupa. Imajući u vidu činjenicu da se period zakupa u većini slučajeva poklapa sa životnim ciklusom vazduhoplova, sledi da je zakupac odgovoran za popravke, održavanje i osiguranje vazduhoplova, kao i za rizik zastarevanja. Za zakupodavca nije od velike važnosti rezidualna vrednost aviona na kraju perioda zakupa, i nije neophodno da zakupodavac razume tehničke karakteristike vazduhoplova ili poslovanje aviokompanije. Zakupodavac može tražiti da zakupac plaća određen broj zakupnina na početku zakupa kako bi na kraju perioda bio oslobođen plaćanja.

Da bi se smatrao kapitalnim lizingom, *Financial Accounting Standards Board* (FASB) zahteva ispunjavanje bar jednog od sledeća četiri uslova (Vasigh i ostali, 2012):

- ugovor o lizingu obezbeđuje prenos vlasništva do isteka perioda zakupa,
- ugovor o lizingu sadrži opciju kupovine na rasprodaji,
- period zakupa je najmanje 75% ekonomskog života sredstva,
- sadašnja vrednost minimalne zakupnine je najmanje 90% fer vrednosti sredstva.

Finansijski lizing se u SAD naziva kapitalni, dok se operativni naziva i pravi lizing. Troškovi kapitalnog lizinga su približno jednaki troškovima kupovine vazduhoplova. Određene uštede je moguće ostvariti jer lizing kompanije kod proizvođača ostvaruju veće popuste zahvaljujući svom kreditnom rejtingu i velikim porudžbinama.

Prekogranični (*cross-border*) lizing

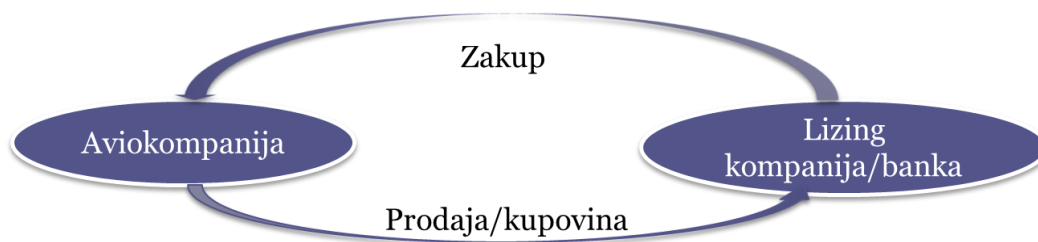
Lizing koji se obavlja između dve strane koje imaju sedište u različitim državama i koje podležu različitim računovodstvenim propisima i poreskim zakonima se naziva prekogranični lizing (*cross-border leasing – CBL*) (Vasigh i ostali, 2012).

Prednost ovih ugovora se ogleda u tome što obe strane mogu imati koristi koje se odnose na poreske olakšice. Cilj je smanjenje svih troškova finansiranja smanjenjem oporezivih prihoda. Irska, Bermuda i Holandija su, istorijski gledano, bile osnovne lokacije za prekogranični lizing.

Prodaja i povratni lizing (*sales and leaseback*)

Prodaja i povratni lizing se odnose na situaciju u kojoj se vazduhoplov koji je u vlasništvu aviokompanije prodaje npr. lizing kompaniji ili banci, koja će zatim taj isti vazduhoplov dati u zakup na duži period aviokompaniji koja ga je prodala (Slika P1).

U tipičnoj transakciji ove vrste aviokompanija inicijalno poseduje vazduhoplov, zatim ga prodaje i istovremeno uzima u zakup od zakupodavca, tj. od onoga ko ga je kupio. Ovakav sporazum ne menja samo vlasničku strukturu već se od prodaje generiše priliv gotovine koja se može koristiti za druga plaćanja. Krajnji rezultat jeste da aviokompanija nastavlja da koristi vazduhoplov čijom prodajom je generisana gotovina.



Slika P1. Prodaja i povratni lizing – šematski prikaz

Prodaja i povratni zakup su jedan oblik finansijskog lizinga (Vasigh i ostali, 2012). Ovaj oblik finansiranja se koristi obično kada banke nisu zainteresovane da kreditiraju aviokompanije zbog lošeg boniteta. Očigledna prednost za aviokompaniju je ta što će se osloboditi troškova kapitala. Tipični sporazumi ovog tipa se potpisuju na duži period, najmanje 15 godina. Pošto se vazduhoplov tokom ovih transakcija ne povlači iz

saobraćaja, nema izgubljenog prihoda. Vazduhoplov se ne finansira preko finansijskih institucija kroz kredite i druge sporazume, tako da aviokompanija poboljšava svoj kreditni rejting, kako bi nove kredite mogla da koristi na najefektivniji način. Takođe postoje i određene poreske olakšice u ovim transakcijama.

Pored prednosti, pojavljuju se i određene mane koje prate ove transakcije. Tako na primer, prodajom vazduhoplova se gube sve prednosti koje donosi rezidualna vrednost vazduhoplova. Aviokompanija gubi fleksibilnost pri korišćenju vazduhoplova jer više nije vlasnik i mora poštovati sva ograničenja predviđena ugovorom o zakupu.

Nekada se prodaja i povratni zakup mogu javiti i kao varijanta operativnog lizinga. Tipično trajanje ovakvih sporazuma je 3-5 godina (Morrell, 2013). Druga strana, odnosno zakupodavac je obično banka, šta više ona avion daje u operativni lizing tako da ima koristi od poreskih olakšica. Za banku je rizik relativno mali, pre svega zbog kratkog roka, a i zato što je zakupac najčešće aviokompanija koja je dobro poznata banci i sa kojom su rizici manji.

Primeri prodaje i povratnog lizinga:

- Air Berlin sa GE capital Aviation Services (12 vazduhoplova – 5 A320, 3 A321 i 4 B737, vrednost oko milijardu američkih dolara, isporuka bila 2012),
- American Airlines sa AerCap (35 B737-800 planiranih za isporuku 2013-2014),
- GOL sa AWAS (Ansett Worldwide Aviation Services) (jedan novi B737-800 Next Generation).

Leveraged lease je varijacija prodaje i povratnog lizinga gde se uključuje i treći učesnik (Vasigh i ostali, 2012). Kod ovih transakcija zakupodavac pozajmljuje neophodna finansijska sredstva od trećeg učesnika. Zajmodavac je vlasnik sredstva, dok zakupodavac uživa poreske olakšice vlasništva (amortizacija), a zakupac ceo iznos zakupnine vodi kao rashod. Zakupodavac i zakupac traže pozajmicu za finansiranje 50-90% troškova vazduhoplova. Zakupodavac investira samo 10-50% troškova vazduhoplova, a ima pravo na 100% poreskih olakšica koje idu uz vlasništvo. Ključna činjenica u ovim transakcijama jeste da kada zakupodavac kupi vazduhoplov od aviokompanije kroz *sales and leaseback* transakciju, izbegava plaćanje unapred.

Dry i wet lizing

Dry lizing podrazumeva zakup bez osiguranja, posade i održavanja. Javlja se u dva različita oblika, i to kao operativni ili kao finansijski lizing. Osnovna razlika između ova dva oblika je prikazivanje u bilansu stanja. Zakupac klasifikuje *dry lizing* kao operativni ili finansijski za svrhu računovodstva.

Wet lizing aviokompaniji obezbeđuje vazduhoplov sa svim što je neophodno za njegovo korišćenje, uključujući posadu, održavanje i osiguranje (često se sreće kao ACMI lizing – *Aircraft, Crew, Maintenance, Insurance*).

Ova vrsta lizing je pogodna iz različitih razloga, a jedan od njih je rešavanje problema privremenog povećanja putničke potražnje. Primer je Iceland Express koji je uveo dodatne letove na linijama od Rejkjavika ka Severnoj Americi tokom letnjih meseci. Kako bi se ovi letovi obavljali Iceland Express je kroz *wet lizing* uzeo vazduhoplove od Astraeus Airlines za letnju sezonu 2011. godine. Ova vrsta lizinga je pogodna i u slučaju kada je vazduhoplov zbog tehničkih razloga povučen iz saobraćaja, a letove treba neometano obaviti. U slučaju sezonalne promene potražnje, *wet lizing* se koristi kao odgovarajuće rešenje. Politička situacija takođe može biti razlog za zakup vazduhoplova kroz aranžman ove vrste. Primer je EgyptAir koji nije smeo da leti za Izrael pod svojim imenom, ali je te letove obavljala aviokompanija Air Sinai koja je zakupila vazduhoplove od aviokompanije EgyptAir. *Wet lizing* je veoma pogodan i za *ad-hoc* situacije bilo da aviokompanija nema odgovarajući vazduhoplov ili nema dovoljan broj vazduhoplova u floti. On omogućava aviokompanijama da provere da li vazduhoplov odgovara novim rutama i destinacijama bez dugoročnog finansijskog tereta. Bez posade, ova vrsta lizinga se obično naziva *moist lizing*. Još jedna vrsta *wet lizinga* je i *damp lizing* koji se razlikuje po tome što kabinsko osoblje obezbeđuje zakupac (kod ACMI zakupodavac obezbeđuje kabinsko osoblje). Zakupac koristi sopstveno osoblje, npr. zbog poznavanja jezika.

Zakupodavac vazduhoplova koji je dat kroz *wet lizing* obezbeđuje jednu ili više posada, njihove plate i odgovarajuće naknade. On je odgovoran i za celokupno održavanje vazduhoplova i osiguranje. Zakupodavac zarađuje novac naplaćujući zakup po blok satu, a zakupac mora da plati određen minimalni broj blok sati mesečno (iako je

ostvareni broj blok sati manji). Avion zadržava boje i logo zakupodavca iako se mogu koristiti privremene nalepnice sa imenom zakupca na trupu.

Wet lizing je opcija koja daje kratkoročno rešenje i ovi ugovori obično traju više od jednog meseca, a ne više od godinu dana. Izuzetak je Etihad Airways koji je zakupio dva teretna A300-600 od Maximus Air Cargo u junu 2009. godine, a produžio ugovor do avgusta 2012. godine. Ovi vazduhoplovi su leteli u redovnom i čarter saobraćaju na linijama ka Srednjem Istoku, Indiji, istočnoj Africi i Kini (Vasigh i ostali, 2012). Kompanije koje daju kargo vazduhoplove u *wet lease* pokušavaju da sklope ugovore na 2-3 godine, iako je norma 2-12 meseci (zbog zakonskih ograničenja). Dugoročni ugovori podrazumevaju i bojenje aviona u boje zakupca, a zakup se plaća po blok satu uz postojanje minimalnog broja sati koji se mora platiti.

Wet zakup ima dosta sličnosti sa čarterom, a osnovna razlika je to što zakupac (u *wet* lizing aranžmanu) mora imati odgovarajuće dozvole i odobrenja, i što obavlja let zakupljenim vazduhoplovom pod sopstvenim oznakama leta (zakupac plaća aerodromske i navigacione naknade). Pri *wet* zakupu zakupac plaća troškove poslovanja kao što su gorivo, posada, sletanje, parkiranje, navigacija, katering i zemaljska opsluga. Kada je reč o čarteru, većina navedenog je uključena u cenu čartera. Vazduhoplov koji obavlja čarter let ima oznake vlasnika, tj. onoga ko obavlja let.

Vodeće lizing kompanije

Lizing kompanije u vazduhoplovstvu u mnogome zavise od vazduhoplovne industrije, koja je osetljiva na ekonomske cikluse. Razvoj lizing kompanija se u najvećoj meri pripisuje prinosu od putnika, širenju niskotarifnih aviokompanija i smanjenju rizika koji se nudi tradicionalnim aviokompanijama. Vodećih 50 lizing kompanija ima veličinu flote od preko 6700. Između mnogih kompanija koje se bave lizingom izdvajaju se dve kao dominantne, koje zajedno imaju oko 50% sredstava, a to su General Electric Capital Aviation Services – GECAS i International Lease Finance Corporation – ILFC.

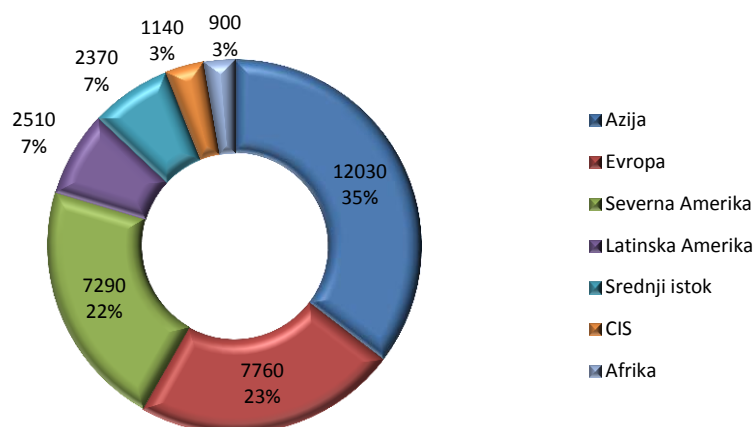
GECAS u svojoj ponudi ima veliki broj tipova vazduhoplova, različite načine finansiranja i rešenja za produktivnost komercijalne avijacije. Imaju preko 230 aviokompanija korisnika usluga u 75 država. Flota im se sastoji od oko 1700 vazduhoplova uključujući kako širokotrupne i uskotrupne vazduhoplove koje proizvode Boeing i Airbus, tako i regionalne vazduhoplove proizvođača Bombardier, Embraer i

ATR. GECAS nudi različite oblike finansiranja i opcije lizinga koje su prilagođene zahtevima korisnika, uključujući kratkoročni zakup, zakup motora, operativni lizing, prodaja/povratni lizing i dugoročne finansijske opcije. Njihova sedišta se nalaze u Stamfordu (SAD) i Šanonu (Irska), dok regionalna predstavništva imaju širom sveta.

International Lease Finance Corporation (ILFC) je osnovana 1973. godine i u vlasništvu je American International Group (AIG). ILFC je direktni konkurent GECAS-a. U svojoj ponudi ima sve vazduhoplove tipa Boeing i Airbus. Sarađuje sa približno 200 klijenata u više od 80 zemalja. Do 2008. godine ova kompanija je nabavljala vazduhoplove po veoma povoljnim cenama, ali je nakon svetske ekonomske krize njen kreditni rejting bio lošije ocenjen što je uticalo na uvođenje određenih restrikcija, kao i na lošije uslove finansiranja. ILFC poseduje flotu u kojoj je oko 1000 vazduhoplova. U 2013. godini ILFC je obavio 281 lizing transakciju i poručio 165 novih vazduhoplova. Njihovo sedište se nalazi u Los Angelesu, dok su im regionalna predstavništva u Amsterdamu, Pekingu, Dublinu, Majmiju, Sijetlu i Singapuru.

Prilog 2: Prognoze tržišta vodećih proizvođača vazduhoplova

Kada se govori o veličini i strukturi flote po regionima Boeing je u svom dokumentu *Current Market Outlook (2012-2031)* definisao 7 različitih regiona i to: Azija, Evropa, Severna Amerika, Latinska Amerika, Srednji istok, CIS²⁷ i Afrika. Na Slici P2 se može videti da će čak 35% novih vazduhoplova biti isporučeno na azijsko tržište, što je u skladu sa činjenicom da je to novo tržište koje se ubrzano razvija. Evropa i Severna Amerika slede po broju poručenih vazduhoplova, dok se najmanje novih vazduhoplova očekuje u Africi.

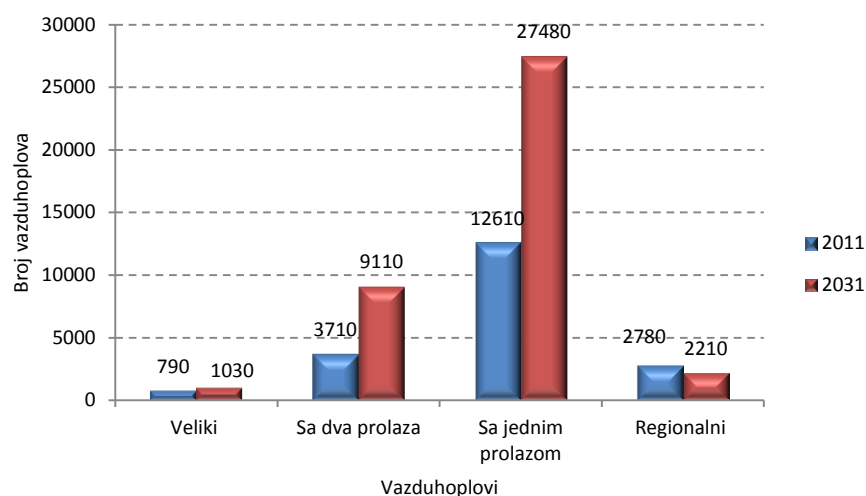


Slika P2. Isporuke novih vazduhoplova po regionima u periodu 2011-2031. godine
Izvor: Boeing – *Current Market Outlook (2012-2031)*

Boeing je svetsku flotu za potrebe istraživanja tržišta, podelio u četiri kategorije vazduhoplova, i to veliki vazduhoplovi (B747 i veći), vazduhoplovi sa jednim prolazom između sedišta (*single aisle*), vazduhoplovi sa dva prolaza (*twin aisle*) i regionalni vazduhoplovi. Kada se govori o okvirnoj strukturi flote (u skladu sa prethodno navedenom kategorizacijom vazduhoplova), Boeing u svom dokumentu navodi da će u svetskoj floti većinu vazduhoplova činiti uskotrupni vazduhoplovi sa jednim prolazom između sedišta, i da će se njihov broj u 2031. godini povećati 2.18 puta (Slika P3). Broj velikih vazduhoplova će se neznatno povećati, dok će broj vazduhoplova sa dva prolaza

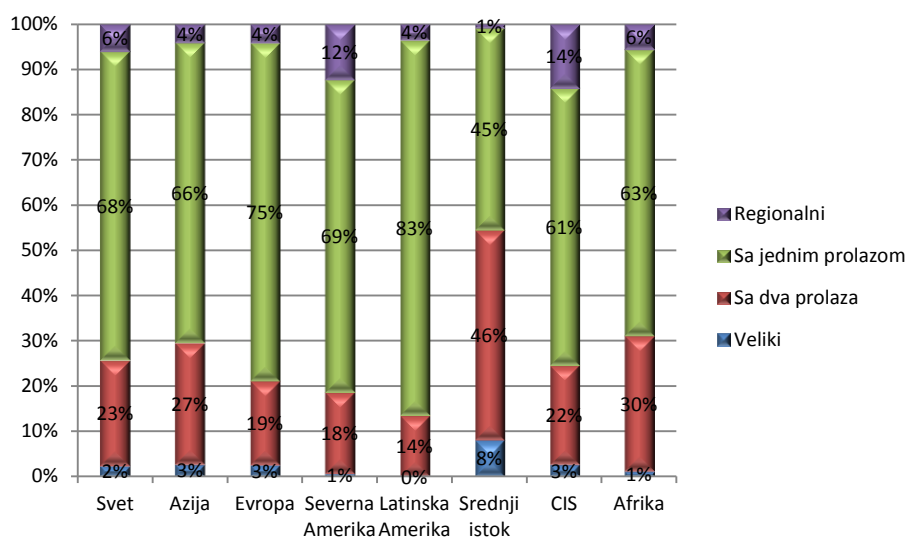
²⁷ CIS – Commonwealth of Independent States – Zajednica nezavisnih država koju čine Rusija, Belorusija, Ukrajina, Jermenija, Azerbejdžan, Kazahstan, Kirgizija, Moldavija, Tadžikistan, Uzbekistan i Turkmenistan

biti uvećan 2.45 puta. Broj regionalnih vazduhoplova će se smanjiti u naredne dve decenije (Slika P3).



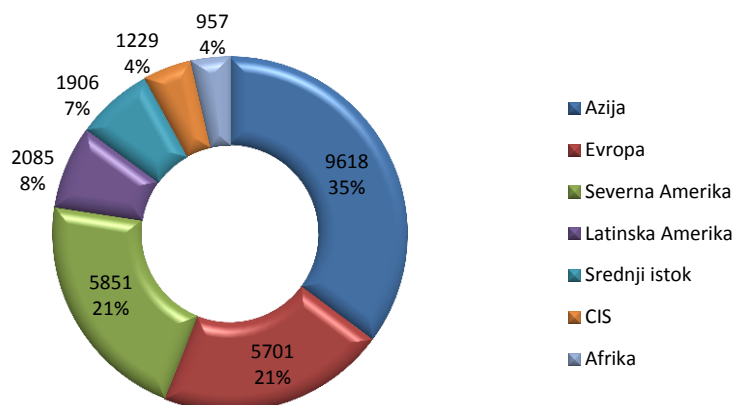
Slika P3. Struktura svetske flote u 2011. i 2031. godini (Boeing)

Ako se pogleda struktura flote po regionima u 2031. godini (Slika P4) može se videti da će prema Boeingovoj prognozi vazduhoplovi sa jednim prolazom između sedišta činiti 68% svetske flote, a čak 83% flote u Latinskoj Americi. Istovremeno u Latinskoj Americi nema velikih vazduhoplova, dok ih je u zemljama Srednjeg istoka 8%. U 2011. godini je bilo ukupno 19890 vazduhoplova u svetskoj floti. Do 2031. godine prema prognozi Boeinga biće isporučeno 34 hiljade novih vazduhoplova od čega će 14110 zameniti vazduhoplove koji će biti povučeni iz saobraćaja, tako da će svetska flota 2031. godine brojati 39780 vazduhoplova.



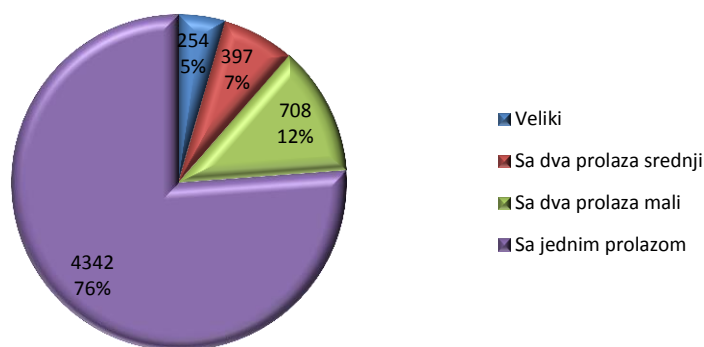
Slika P4. Struktura svetske flote i flote po regionima u 2031. godini (Boeing)

Airbus u svojoj prognozi globalnog tržišta (*Global Market Forecast*) razmatra vazduhoplove čiji je kapacitet veći od 100 putničkih sedišta, tako da se navodi drugačija kategorizacija vazduhoplova (u odnosu na Boeingovu). Četiri kategorije vazduhoplova prema Airbusu su vazduhoplovi sa jednim prolazom između sedišta, mali vazduhoplovi sa dva prolaza, srednji vazduhoplovi sa dva prolaza i veoma veliki vazduhoplovi. Sa Slike P5 se može videti da Airbus ima skoro identičnu prognozu isporuke vazduhoplova kao i Boeing. Jedina razlika je u tome što Airbus ne razmatra regionalne vazduhoplove (kapaciteta manjeg od 100 putničkih sedišta), te se iz tog razloga javljaju minorna odstupanja.



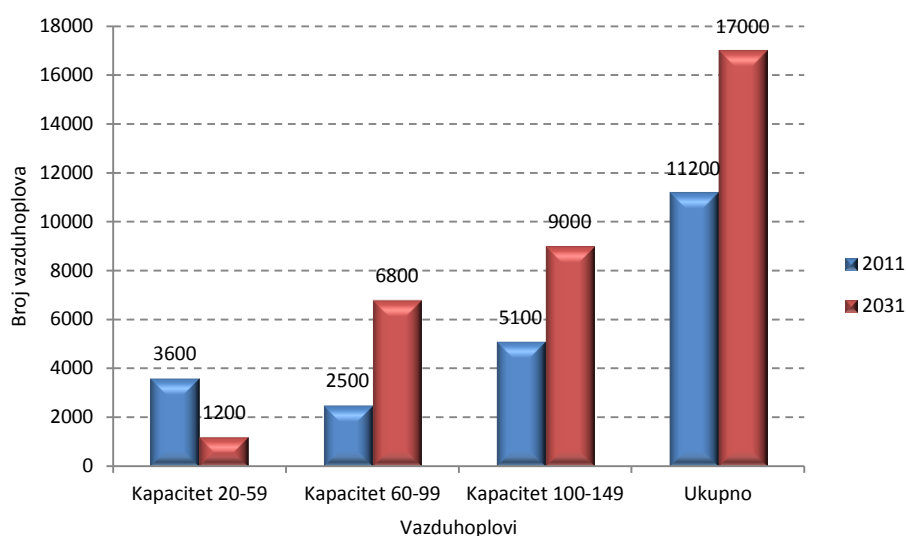
Slika P5. Isporuke novih vazduhoplova kapaciteta većeg od 100 sedišta u periodu 2012-2031. godine po regionima (Airbus)

Na Slici P6 je prikazana isporuka vazduhoplova po kategorijama u periodu 2012-2031. za evropsko tržište. Može se primetiti da 76% vazduhoplova čine *single aisle* vazduhoplovi. Na početku 2012. godine, prema Airbusovim podacima evropska flota je brojala 3840 vazduhoplova čiji je kapacitet veći od 100 sedišta. Sa prognoziranim godišnjim porastom od 3.2% do 2031. godine će se broj vazduhoplova povećati na 7266 (uvećanje za 3426 vazduhoplova). Ukupan broj novih isporučenih vazduhoplova do 2031. godine će biti 5701, što znači da će 2275 novih vazduhoplova zameniti stare koji će biti povučeni iz saobraćaja ili pretvoreni u kargo vazduhoplove.



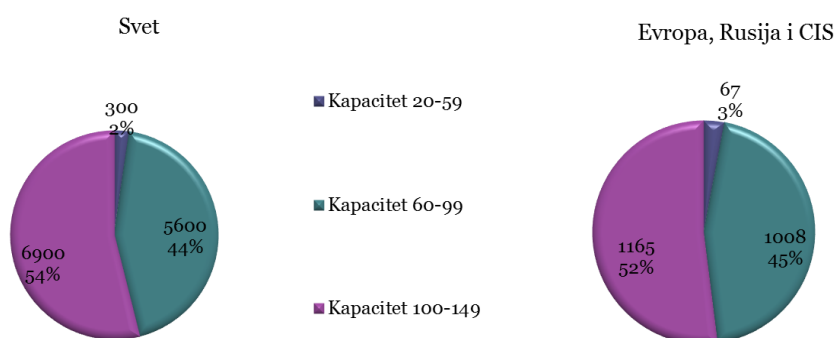
Slika P6. Isporuke novih vazduhoplova u Evropi za period 2012-2031. godine (Airbus)

Francuski proizvođač regionalnih vazduhoplova Bombardier predviđa porast broja vazduhoplova čiji se kapacitet kreće od 20 do 149 putničkih sedišta, sa 11200 (2011. godine) na 17 hiljada do 2031. godine (Slika P7). Novih vazduhoplova bi trebalo da bude 12800, od čega bi 55% (7000 vazduhoplova) zamenilo vazduhoplove koji bi bili povučeni iz saobraćaja, dok je ostalih 45% (5800 vazduhoplova) uvećanje flote.



Slika P7. Prognozirani porast broja vazduhoplova različitog kapaciteta (Bombardier)

Na Slici P7 se može videti da se broj malih vazduhoplova (kapaciteta 20-59) smanjuje, dok se broj ostalih vazduhoplova povećava. Na Slici P8 je prikazano procentualno učešće vazduhoplova različitog kapaciteta u svetskoj floti. Može se primetiti da vazduhoplovi većeg kapaciteta imaju veće učešće u ukupnom broju vazduhoplova, što ukazuje na tendenciju povećanja prosečnog kapaciteta vazduhoplova. Isti trend se primećuje i u evropskoj floti (Slika P8).

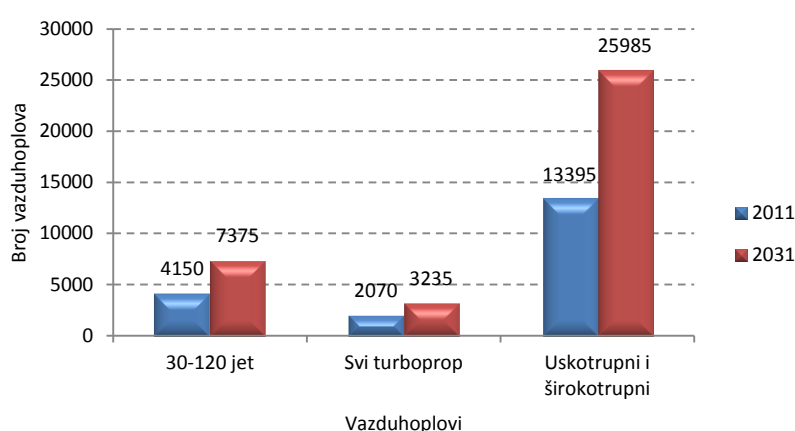


Slika P8. Isporuca novih vazduhoplova različitog kapaciteta u periodu 2011-2031. godine (svet i Evropa) (Bombardier)

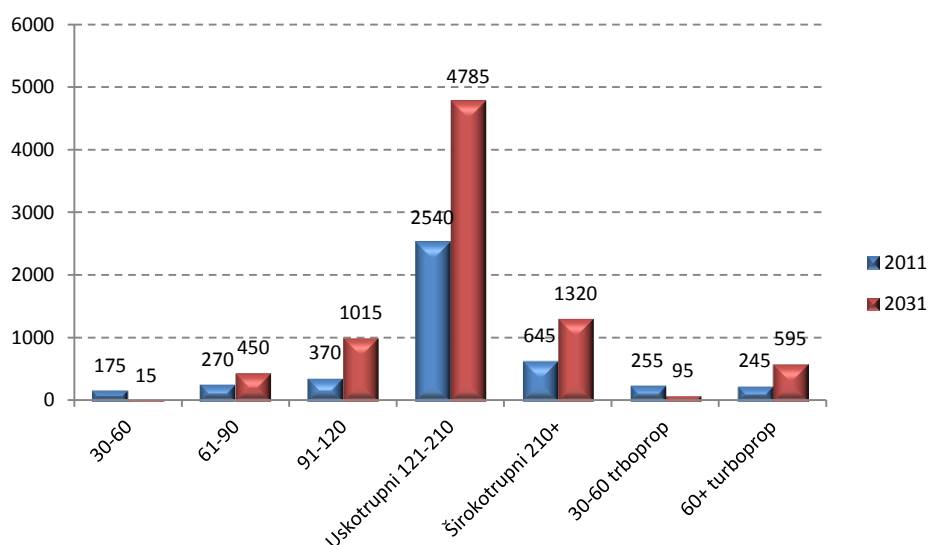
Bombardier u svom dokumentu *Bombardier Commercial Aircraft – Market Forecast 2012-2031* ukazuje na porast broja turboprop vazduhoplova i prognozira da će udeo ovih vazduhoplova (kapaciteta 20-99) biti 48%, dok će turbomlazni činiti 52% svetske flote (kapaciteta 20-159).

Embraer Commercial Aviation u svom dokumentu *Market Outlook 2012-2031* vazduhoplovnu flotu deli na turbomlazne (*jet*) vazduhoplove kapaciteta 30-60, 61-90 i 91-120, turboprop kapaciteta 30-60 i kapaciteta većeg od 60 (60+), uskotrupne 121-210 i širokotrupne vazduhoplove čiji je kapacitet veći od 210.

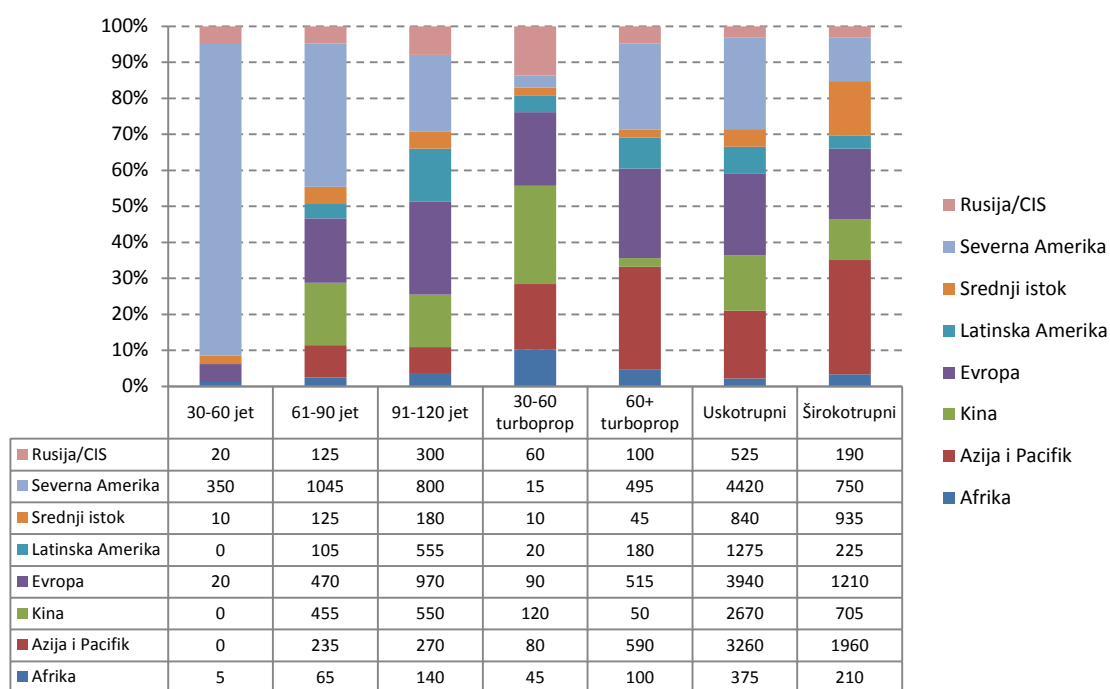
Na Slikama P9 i P10 je prikazana struktura svetske i evropske flote u 2011. i 2031. godini. Uočava se porast broja svih vazduhoplova kapaciteta većeg od 60 putničkih sedišta, kao i dominacija uskotrupnih vazduhoplova u floti.



Slika P9. Struktura svetske flote 2011. i 2031. godine (Embraer)

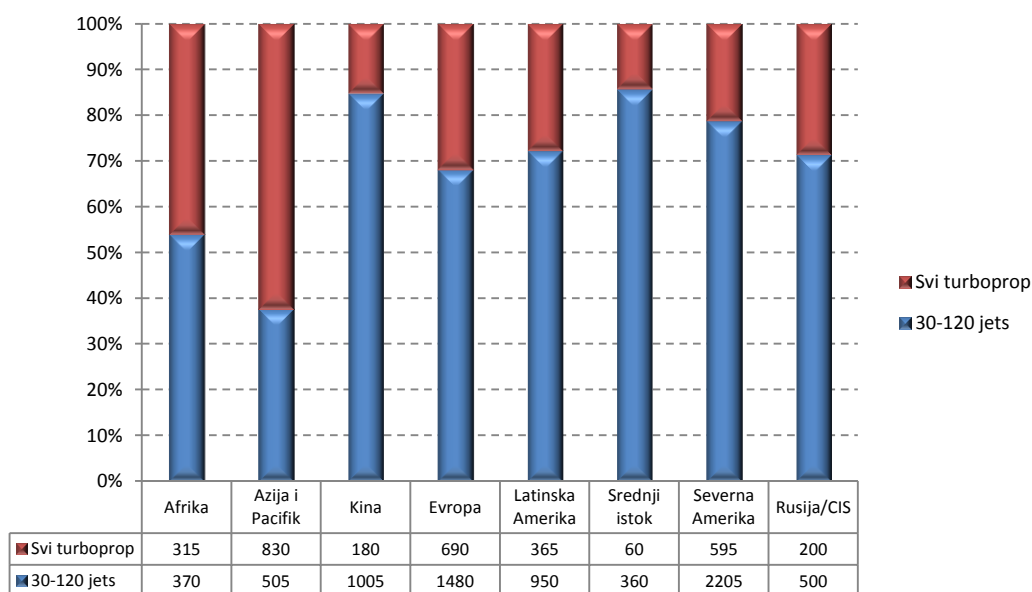


Slika P10. Struktura evropske flote 2011. i 2031. godine (Embraer)



Slika P11. Isporuca po regionima za period 2011-2031. godine (Embraer)

Na Slici P11 je prikazan broj novih vazduhoplova koji će biti isporučeni u periodu 2011-2031. godine po regionima. Najveći broj novih vazduhoplova će biti isporučen u Severnoj Americi i Evropi (zrela tržišta) i u Aziji (novo tržište), pri čemu će najviše biti uskotrupnih vazduhoplova.



Slika P12. Regionalna flota u 2031. godini po regionima (Embraer)

Odnos turboprop i turbomlaznih vazduhoplova po regionima u 2031. godini je prikazan na Slici P12. Veći udeo turboprop vazduhoplova se očekuje u Aziji, u Africi je oko 50%, dok se u ostalim regionima ovaj udeo kreće u intervalu 15-30%.

Proizvođač regionalnih turboprop vazduhoplova, ATR (*Regional Market Outlook – Turboprop Perspectives 2010-2029*) smatra da će flota regionalnih vazduhoplova u narednih 10 godina biti duplo veća. Takođe, ovaj proizvođač predviđa porast isporuka turboprop vazduhoplova koji su na kratkim linijama najpovoljnije rešenje zbog svoje troškovne efikasnosti. Imajući u vidu tešku ekonomsku situaciju (cena goriva, konkurencija od strane niskotarifnih prevozlaca i vozova veoma velike brzine, opadanje prihoda) vazduhoplovni prevozioci za cilj imaju smanjenje troškova poslovanja. Jedan od načina da se ovo smanjenje ostvari jeste razborit izbor vazduhoplova koji u najvećoj meri odgovara aktuelnoj mreži linija i potrebama tržišta.

Prilog 3: Red letenja hipotetičke aviokompanije

Tabela P1. Red letenja hipotetičke aviokompanije

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
1.	SKG	BEG	1	05:30	Mali
2.	SKP	BEG	1	06:00	Mali
3.	SJJ	BEG	1	06:20	Mali
4.	BEG	FCO	1	06:45	Srednji
5.	BEG	DUS	1	07:45	Srednji
6.	BEG	BRU	1	07:50	Srednji
7.	BEG	ATH	1	07:55	Srednji
8.	BEG	TXG	1	07:55	Srednji
9.	BEG	VIE	1	08:00	Mali
10.	BEG	TIV	1	08:15	Mali
11.	BEG	SVO	1	08:40	Srednji
12.	BEG	CDG	1	09:15	Srednji
13.	TIV	BEG	1	09:20	Mali
14.	FCO	BEG	1	09:30	Srednji
15.	BEG	SJJ	1	10:00	Mali
16.	BEG	LHR	1	10:25	Srednji
17.	TXG	BEG	1	10:35	Srednji
18.	VIE	BEG	1	10:40	Mali
19.	ATH	BEG	1	10:50	Srednji
20.	BRU	BEG	1	11:10	Srednji
21.	DUS	BEG	1	11:10	Srednji
22.	LJU	BEG	1	11:15	Mali
23.	SJJ	BEG	1	11:30	Mali
24.	BEG	FRA	1	11:55	Srednji
25.	SVO	BEG	1	12:25	Srednji
26.	BEG	LJU	1	12:50	Mali
27.	BEG	TIV	1	12:55	Mali
28.	CDG	BEG	1	13:00	Srednji
29.	BEG	SVO	1	13:10	Srednji
30.	LHR	BEG	1	14:30	Srednji
31.	TIV	BEG	1	14:35	Mali
32.	FRA	BEG	1	14:50	Srednji
33.	BEG	IST	1	15:05	Srednji
34.	BEG	CDG	1	15:15	Srednji
35.	BEG	ZRH	1	15:50	Srednji
36.	BEG	VIE	1	16:50	Mali
37.	SVO	BEG	1	17:00	Srednji
38.	IST	BEG	1	17:35	Srednji

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
39.	BEG	TGD	1	17:40	Mali
40.	ZRH	BEG	1	18:30	Srednji
41.	CDG	BEG	1	19:00	Srednji
42.	TGD	BEG	1	19:15	Mali
43.	VIE	BEG	1	19:25	Mali
44.	BEG	SJJ	1	20:50	Mali
45.	BEG	SKP	1	21:30	Mali
46.	SKP	BEG	2	06:00	Mali
47.	SJJ	BEG	2	06:20	Mali
48.	BEG	DUS	2	07:45	Srednji
49.	BEG	TGD	2	07:50	Mali
50.	BEG	TXG	2	07:55	Srednji
51.	BEG	VIE	2	08:00	Mali
52.	BEG	CPH	2	08:00	Srednji
53.	BEG	AMS	2	08:15	Srednji
54.	BEG	TIV	2	08:15	Mali
55.	BEG	GOT	2	08:20	Srednji
56.	BEG	PRG	2	08:40	Mali
57.	BEG	CDG	2	09:15	Srednji
58.	TIV	BEG	2	09:20	Mali
59.	BEG	MUC	2	09:25	Srednji
60.	TGD	BEG	2	09:25	Mali
61.	BEG	LHR	2	10:25	Srednji
62.	TXG	BEG	2	10:35	Srednji
63.	VIE	BEG	2	10:40	Mali
64.	BEG	TIV	2	11:00	Mali
65.	DUS	BEG	2	11:10	Srednji
66.	LJU	BEG	2	11:15	Mali
67.	CPH	BEG	2	11:45	Srednji
68.	AMS	BEG	2	11:45	Srednji
69.	GOT	BEG	2	11:45	Srednji
70.	BEG	FRA	2	11:55	Srednji
71.	PRG	BEG	2	12:30	Mali
72.	TIV	BEG	2	12:40	Mali
73.	BEG	LJU	2	12:50	Mali
74.	BEG	SKG	2	12:55	Mali
75.	CDG	BEG	2	13:00	Srednji
76.	BEG	SVO	2	13:10	Srednji
77.	MUC	BEG	2	14:25	Srednji
78.	LHR	BEG	2	14:30	Srednji
79.	FRA	BEG	2	14:50	Srednji
80.	BEG	ZRH	2	15:50	Srednji

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
81.	BEG	IST	2	16:20	Srednji
82.	BEG	VIE	2	16:50	Mali
83.	SVO	BEG	2	17:00	Srednji
84.	ZRH	BEG	2	18:30	Srednji
85.	IST	BEG	2	18:50	Srednji
86.	VIE	BEG	2	19:25	Mali
87.	BEG	SJJ	2	20:50	Mali
88.	BEG	SKP	2	21:30	Mali
89.	SKP	BEG	3	06:00	Mali
90.	SJJ	BEG	3	06:20	Mali
91.	BEG	FCO	3	06:45	Srednji
92.	BEG	DUS	3	07:45	Srednji
93.	BEG	TGD	3	07:50	Mali
94.	BEG	ATH	3	07:55	Srednji
95.	BEG	TXG	3	07:55	Srednji
96.	BEG	VIE	3	08:00	Mali
97.	BEG	ZRH	3	08:00	Srednji
98.	BEG	SVO	3	08:40	Srednji
99.	BEG	FRA	3	08:55	Srednji
100.	BEG	CDG	3	09:15	Srednji
101.	TGD	BEG	3	09:25	Mali
102.	FCO	BEG	3	09:30	Srednji
103.	BEG	LHR	3	10:25	Srednji
104.	TXG	BEG	3	10:35	Srednji
105.	VIE	BEG	3	10:40	Mali
106.	ZRH	BEG	3	10:40	Srednji
107.	ATH	BEG	3	10:50	Srednji
108.	BEG	TIV	3	11:00	Mali
109.	DUS	BEG	3	11:10	Srednji
110.	LJU	BEG	3	11:15	Mali
111.	FRA	BEG	3	11:50	Srednji
112.	BEG	FRA	3	11:55	Srednji
113.	SVO	BEG	3	12:25	Srednji
114.	TIV	BEG	3	12:40	Mali
115.	BEG	LJU	3	12:50	Mali
116.	CDG	BEG	3	13:00	Srednji
117.	BEG	SVO	3	13:10	Srednji
118.	LHR	BEG	3	14:30	Srednji
119.	FRA	BEG	3	14:50	Srednji
120.	BEG	MUC	3	15:10	Srednji
121.	BEG	CDG	3	15:15	Srednji
122.	BEG	ZRH	3	15:50	Srednji

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
123.	BEG	MXP	3	16:10	Srednji
124.	BEG	VIE	3	16:50	Mali
125.	SVO	BEG	3	17:00	Srednji
126.	ZRH	BEG	3	18:30	Srednji
127.	MXP	BEG	3	18:45	Srednji
128.	CDG	BEG	3	19:00	Srednji
129.	VIE	BEG	3	19:25	Mali
130.	MUC	BEG	3	20:10	Srednji
131.	BEG	SJJ	3	20:50	Mali
132.	BEG	SKP	3	21:30	Mali
133.	SKP	BEG	4	06:00	Mali
134.	SJJ	BEG	4	06:20	Mali
135.	BEG	LHR	4	06:25	Srednji
136.	BEG	FCO	4	06:45	Srednji
137.	BEG	DUS	4	07:45	Srednji
138.	BEG	TGD	4	07:50	Mali
139.	BEG	IST	4	07:55	Srednji
140.	BEG	VIE	4	08:00	Mali
141.	BEG	AMS	4	08:15	Srednji
142.	BEG	STR	4	08:30	Srednji
143.	BEG	SVO	4	08:40	Srednji
144.	BEG	CDG	4	09:15	Srednji
145.	TGD	BEG	4	09:25	Mali
146.	FCO	BEG	4	09:30	Srednji
147.	BEG	LHR	4	10:25	Srednji
148.	IST	BEG	4	10:25	Srednji
149.	LHR	BEG	4	10:30	Srednji
150.	VIE	BEG	4	10:40	Mali
151.	BEG	TIV	4	11:00	Mali
152.	STR	BEG	4	11:10	Srednji
153.	DUS	BEG	4	11:10	Srednji
154.	LJU	BEG	4	11:15	Mali
155.	AMS	BEG	4	11:45	Srednji
156.	BEG	FRA	4	11:55	Srednji
157.	SVO	BEG	4	12:25	Srednji
158.	TIV	BEG	4	12:40	Mali
159.	BEG	LJU	4	12:50	Mali
160.	CDG	BEG	4	13:00	Srednji
161.	BEG	SVO	4	13:10	Srednji
162.	LHR	BEG	4	14:30	Srednji
163.	BEG	ATH	4	14:35	Srednji
164.	FRA	BEG	4	14:50	Srednji

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
165.	BEG	CDG	4	15:15	Srednji
166.	BEG	ZRH	4	15:50	Srednji
167.	SVO	BEG	4	17:00	Srednji
168.	BEG	VIE	4	17:10	Mali
169.	ATH	BEG	4	17:35	Srednji
170.	BEG	MIR	4	18:15	Srednji
171.	ZRH	BEG	4	18:30	Srednji
172.	CDG	BEG	4	19:00	Srednji
173.	VIE	BEG	4	19:30	Mali
174.	BEG	SJJ	4	20:50	Mali
175.	BEG	SKP	4	21:30	Mali
176.	MIR	BEG	4	23:20	Srednji
177.	SKP	BEG	5	06:00	Mali
178.	SJJ	BEG	5	06:20	Mali
179.	BEG	FCO	5	06:45	Srednji
180.	BEG	CPH	5	07:40	Srednji
181.	BEG	ARN	5	07:40	Srednji
182.	BEG	DUS	5	07:45	Srednji
183.	BEG	TGD	5	07:50	Mali
184.	BEG	IST	5	07:55	Srednji
185.	BEG	VIE	5	08:00	Mali
186.	BEG	ZRH	5	08:00	Srednji
187.	BEG	TIV	5	08:15	Mali
188.	BEG	CDG	5	09:15	Srednji
189.	TIV	BEG	5	09:20	Mali
190.	TGD	BEG	5	09:25	Mali
191.	FCO	BEG	5	09:30	Srednji
192.	BEG	LHR	5	10:25	Srednji
193.	IST	BEG	5	10:25	Srednji
194.	VIE	BEG	5	10:40	Mali
195.	ZRH	BEG	5	10:40	Srednji
196.	ARN	BEG	5	10:50	Srednji
197.	BEG	TIV	5	11:00	Mali
198.	DUS	BEG	5	11:10	Srednji
199.	BEG	FRA	5	11:55	Srednji
200.	TIV	BEG	5	12:40	Mali
201.	CPH	BEG	5	12:50	Srednji
202.	BEG	SKG	5	12:55	Mali
203.	CDG	BEG	5	13:00	Srednji
204.	BEG	SVO	5	13:10	Srednji
205.	LHR	BEG	5	14:30	Srednji
206.	BEG	ATH	5	14:35	Srednji

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
207.	FRA	BEG	5	14:50	Srednji
208.	SKG	BEG	5	15:00	Mali
209.	BEG	ZRH	5	16:00	Srednji
210.	SVO	BEG	5	17:00	Srednji
211.	BEG	VIE	5	17:10	Mali
212.	ATH	BEG	5	17:30	Srednji
213.	BEG	TXG	5	17:30	Srednji
214.	LJU	BEG	5	18:25	Mali
215.	ZRH	BEG	5	18:40	Srednji
216.	VIE	BEG	5	19:30	Mali
217.	BEG	LJU	5	20:00	Mali
218.	TXG	BEG	5	20:10	Srednji
219.	BEG	SJJ	5	20:50	Mali
220.	BEG	SKP	5	21:30	Mali
221.	SKG	BEG	6	05:30	Mali
222.	SKP	BEG	6	06:00	Mali
223.	SJJ	BEG	6	06:20	Mali
224.	BEG	LHR	6	06:25	Srednji
225.	BEG	DUS	6	07:45	Srednji
226.	BEG	TGD	6	07:50	Mali
227.	BEG	VIE	6	08:00	Mali
228.	BEG	STR	6	08:00	Srednji
229.	BEG	PRG	6	08:40	Mali
230.	BEG	CDG	6	09:15	Srednji
231.	BEG	ATH	6	09:15	Srednji
232.	TGD	BEG	6	09:25	Mali
233.	BEG	SJJ	6	10:00	Mali
234.	BEG	LHR	6	10:25	Srednji
235.	LHR	BEG	6	10:30	Srednji
236.	VIE	BEG	6	10:40	Mali
237.	STR	BEG	6	10:40	Srednji
238.	DUS	BEG	6	11:10	Srednji
239.	SJJ	BEG	6	11:30	Mali
240.	BEG	FRA	6	11:55	Srednji
241.	PRG	BEG	6	12:30	Mali
242.	CDG	BEG	6	13:00	Srednji
243.	BEG	SVO	6	13:10	Srednji
244.	ATH	BEG	6	13:20	Srednji
245.	BEG	TIV	6	14:00	Mali
246.	LHR	BEG	6	14:30	Srednji
247.	FRA	BEG	6	14:50	Srednji
248.	BEG	MUC	6	15:10	Srednji

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
249.	BEG	CDG	6	15:15	Srednji
250.	TIV	BEG	6	15:40	Mali
251.	BEG	ZRH	6	15:50	Srednji
252.	BEG	VIE	6	16:50	Mali
253.	SVO	BEG	6	17:00	Srednji
254.	BEG	TXG	6	17:30	Srednji
255.	BEG	TGD	6	17:40	Mali
256.	ZRH	BEG	6	18:30	Srednji
257.	CDG	BEG	6	19:00	Srednji
258.	TGD	BEG	6	19:15	Mali
259.	VIE	BEG	6	19:25	Mali
260.	MUC	BEG	6	20:10	Srednji
261.	TXG	BEG	6	20:10	Srednji
262.	BEG	SJJ	6	20:50	Mali
263.	BEG	SKP	6	21:30	Mali
264.	SKP	BEG	7	06:00	Mali
265.	SJJ	BEG	7	06:20	Mali
266.	BEG	FCO	7	06:45	Srednji
267.	BEG	DUS	7	07:45	Srednji
268.	BEG	TGD	7	07:50	Mali
269.	BEG	SKP	7	08:00	Mali
270.	BEG	ZRH	7	08:00	Srednji
271.	BEG	TIV	7	08:15	Mali
272.	BEG	VIE	7	08:20	Mali
273.	BEG	SVO	7	08:40	Srednji
274.	BEG	CDG	7	09:15	Srednji
275.	BEG	ATH	7	09:15	Srednji
276.	TIV	BEG	7	09:20	Mali
277.	TGD	BEG	7	09:25	Mali
278.	FCO	BEG	7	09:30	Srednji
279.	BEG	LHR	7	10:25	Srednji
280.	SKP	BEG	7	10:30	Mali
281.	ZRH	BEG	7	10:40	Srednji
282.	VIE	BEG	7	10:45	Mali
283.	BEG	TIV	7	11:00	Mali
284.	DUS	BEG	7	11:10	Srednji
285.	BEG	FRA	7	11:55	Srednji
286.	SVO	BEG	7	12:25	Srednji
287.	TIV	BEG	7	12:40	Mali
288.	CDG	BEG	7	13:00	Srednji
289.	BEG	SVO	7	13:10	Srednji
290.	ATH	BEG	7	13:20	Srednji

Redni broj leta	Aerodrom poletanja	Aerodrom sletanja	Dan u nedelji kojim se obavlja saobraćaj	Vreme poletanja	Vazduhoplov
291.	BEG	IST	7	14:15	Srednji
292.	LHR	BEG	7	14:30	Srednji
293.	FRA	BEG	7	14:50	Srednji
294.	BEG	ZRH	7	15:50	Srednji
295.	IST	BEG	7	16:45	Srednji
296.	BEG	VIE	7	16:50	Mali
297.	SVO	BEG	7	17:00	Srednji
298.	BEG	TXG	7	18:05	Srednji
299.	LJU	BEG	7	18:25	Mali
300.	ZRH	BEG	7	18:30	Srednji
301.	VIE	BEG	7	19:25	Mali
302.	BEG	LJU	7	20:00	Mali
303.	TXG	BEG	7	20:45	Srednji
304.	BEG	SJJ	7	20:50	Mali
305.	BEG	SKG	7	21:30	Mali
306.	BEG	SKP	7	21:30	Mali

Prilog 4: Određivanje potrebnog broja vazduhoplova – heuristički pristupi

Tabela P2. Potreban broj malih vazduhoplova – podskup 1, simultani heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova
1	1	SJJ-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SJJ-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-SJJ	3
	2	BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-TGD-BEG		BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-TGD-BEG	
	3	BEG-SJJ-BEG-VIE-BEG		BEG-SJJ-BEG-VIE-BEG	
2	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3
	2	BEG-VIE-BEG-VIE-BEG		BEG-VIE-BEG-VIE-BEG	
	3	BEG-TIV-BEG-LJU-BEG		BEG-TIV-BEG-LJU-BEG	
3	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	2
	2	BEG-VIE-BEG-VIE-BEG		BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-BEG-LJU-BEG	
	3	BEG-LJU-BEG			
4	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	2
	2	BEG-VIE-BEG-VIE-BEG		BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-BEG-LJU-BEG	
	3	BEG-LJU-BEG			
5	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3
	2	BEG-VIE-BEG-LJU-BEG		BEG-VIE-BEG-LJU-BEG	
	3	BEG-TIV-BEG-VIE-BEG		BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	
6	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-VIE-BEG-SJJ	2	SJJ-BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-VIE-BEG-SJJ	2
	2	BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG		BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG	
	3				
7	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-SJJ	3
	2	BEG-TIV-BEG-VIE-BEG		BEG-TIV-BEG-VIE-BEG	
	3	BEG-VIE-BEG-LJU-BEG		BEG-VIE-BEG-LJU-BEG	

Tabela P3. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 1, sekvencijalni heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
1	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG	
	3	BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG	
	4	<i>BEG-TXG-BEG</i>		<i>BEG-TXG-BEG</i>		<i>BEG-TXG-BEG</i>	
2	1	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	4	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	3	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	4
	2	BEG-TXG-BEG-IST-BEG		BEG-TXG-BEG-IST-BEG		BEG-TXG-BEG-IST-BEG	
	3	<i>BEG-MUC-BEG</i>		<i>BEG-MUC-BEG-FRA-BEG</i>		<i>BEG-MUC-BEG-FRA-BEG</i>	
	4	<i>BEG-FRA-BEG</i>				BEG-ZRH-BEG-FRA-BEG	
3	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	5	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-MUC-BEG		BEG-DUS-BEG-MUC-BEG		BEG-DUS-BEG-MUC-BEG	
	3	BEG-TXG-BEG-ZRH-BEG		BEG-TXG-BEG-ZRH-BEG		BEG-TXG-BEG-ZRH-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG-MXP-BEG		BEG-ATH-BEG-MXP-BEG		BEG-ATH-BEG-MXP-BEG	
	5	<i>BEG-ZRH-BEG</i>		<i>BEG-ZRH-BEG-FRA-BEG</i>			
	6	<i>BEG-FRA-BEG</i>					

Tabela P3. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – podskup 1, sekvencijalni heuristički algoritam (nastavak)

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
4	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-ATH-BEG	
	3	BEG-IST-BEG-ZRH-BEG		BEG-IST-BEG-ZRH-BEG		BEG-IST-BEG-ZRH-BEG	
	4	<i>BEG-STR-BEG</i>		<i>BEG-STR-BEG</i>		<i>BEG-STR-BEG</i>	
5	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-ATH-BEG	
	3	BEG-IST-BEG-ZRH-BEG		BEG-IST-BEG-ZRH-BEG		BEG-IST-BEG-ZRH-BEG	
	4	BEG-ZRH-BEG-TXG-BEG		BEG-ZRH-BEG-TXG-BEG		BEG-ZRH-BEG-TXG-BEG	
6	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-TXG-BEG		BEG-ZRH-BEG-TXG-BEG		BEG-ZRH-BEG-TXG-BEG	
	4	<i>BEG-ATH-BEG</i>		<i>BEG-ATH-BEG</i>		<i>BEG-ATH-BEG</i>	
7	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	4
	2	BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG-TXG-BEG		BEG-ATH-BEG-TXG-BEG		BEG-ATH-BEG-TXG-BEG	

Tabela P4. Potreban broj malih vazduhoplova – sekvencijalni heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova
1	1	SKG-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG-SKP	3	SKG-BEG-VIE-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG-SKP	3
	2	SKP-BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-TGD-BEG-SJJ		SKP-BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-TGD-BEG-SJJ	
	3	SJJ-BEG-SJJ-BEG		SJJ-BEG-SJJ-BEG	
2	1	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-PRG-BEG-SJJ	3	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-PRG-BEG-SJJ	3
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-SKG-BEG-SKP		SJJ-BEG-VIE-BEG-SKG-BEG-SKP	
	3	BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-VIE-BEG		BEG-TIV-BEG-LJU-BEG-VIE-BEG	
3	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKP	3	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKP	2
	2	SKP-BEG-VIE-BEG-SJJ		SKP-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-SJJ	
	3	BEG-LJU-BEG			
4	1	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKP	3	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKP	2
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-SJJ		SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-SJJ	
	3	BEG-LJU-BEG			
5	1	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKG	3	SKP-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKG	3
	2	SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-SKP		SJJ-BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-SKP	
	3	BEG-TIV-BEG-SJJ		BEG-TIV-BEG-SJJ	
6	1	SKG-BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG-SJJ	3	SKG-BEG-TGD-BEG-SJJ-BEG-TIV-BEG-TGD-BEG-SJJ	3
	2	SKP-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-SKP		SKP-BEG-VIE-BEG-VIE-BEG-SKP	
	3	SJJ-BEG-PRG-BEG		SJJ-BEG-PRG-BEG	
7	1	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKG	4	SJJ-BEG-TGD-BEG-TIV-BEG-VIE-BEG-SKG	3
	2	SKP-BEG-TIV-BEG-SKP-BEG-SKP		SKP-BEG-TIV-BEG-SKP-BEG-SKP	
	3	BEG-VIE-BEG-SJJ		BEG-VIE-BEG-LJU-BEG-SJJ	
	4	BEG-LJU-BEG			

Tabela P5. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – sekvencijalni heuristički algoritam

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
1	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7
	2	BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG	
	3	BEG-BRU-BEG-CDG-BEG		BEG-BRU-BEG-CDG-BEG		BEG-BRU-BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG	
	5	BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG	
	6	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>		BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	
	7	<i>BEG-CDG-BEG</i>				BEG-LHR-BEG-LHR-BEG	
	8	BEG-LHR-BEG		BEG-LHR-BEG			
2	1	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	9	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	6	BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	6
	2	BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG	
	3	BEG-CPH-BEG-IST-BEG		BEG-CPH-BEG-IST-BEG		BEG-CPH-BEG-IST-BEG	
	4	<i>BEG-AMS-BEG</i>		<i>BEG-AMS-BEG-GOT-BEG</i>		BEG-AMS-BEG-GOT-BEG	
	5	<i>BEG-GOT-BEG</i>		<i>BEG-CDG-BEG-MUC-BEG</i>		BEG-CDG-BEG-MUC-BEG	
	6	<i>BEG-CDG-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-FRA-BEG</i>		BEG-LHR-BEG-FRA-BEG	
	7	<i>BEG-MUC-BEG</i>					
	8	<i>BEG-LHR-BEG</i>					
	9	<i>BEG-FRA-BEG</i>					

Tabela P5. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – sekvencijalni heuristički algoritam (nastavak)

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagodavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagodavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
3	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	9	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7
	2	BEG-DUS-BEG-MUC-BEG		BEG-DUS-BEG-MUC-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG	
	3	BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG		BEG-TXG-BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-ATH-BEG-CDG-BEG		BEG-ATH-BEG-CDG-BEG		BEG-ATH-BEG-ZRH-BEG	
	5	BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-ZRH-BEG		BEG-ZRH-BEG-MUC-BEG	
	6	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>		BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	
	7	BEG-FRA-BEG-MXP-BEG		BEG-FRA-BEG-MXP-BEG		BEG-FRA-BEG-MXP-BEG	
	8	<i>BEG-CDG-BEG</i>					
	9	BEG-LHR-BEG		BEG-LHR-BEG			
4	1	BEG-LHR-BEG-ATH-BEG	9	BEG-LHR-BEG-ATH-BEG	8	BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG	7
	2	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG		BEG-FCO-BEG-FRA-BEG		BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	
	3	BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG	
	5	BEG-AMS-BEG-ZRH-BEG		BEG-AMS-BEG-ZRH-BEG		BEG-AMS-BEG-MIR-BEG	
	6	BEG-STR-BEG-MIR-BEG		BEG-STR-BEG-MIR-BEG		BEG-STR-BEG-ATH-BEG	
	7	<i>BEG-SVO-BEG</i>		<i>BEG-SVO-BEG-CDG-BEG</i>		BEG-SVO-BEG-CDG-BEG	
	8	<i>BEG-CDG-BEG</i>					
	9	BEG-LHR-BEG		BEG-LHR-BEG			

Tabela P5. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – sekvencijalni heuristički algoritam (nastavak)

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
5	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	7
	2	BEG-CPH-BEG-ZRH-BEG		BEG-CPH-BEG-ZRH-BEG		BEG-CPH-BEG-TXG-BEG	
	3	BEG-ARN-BEG-TXG-BEG		BEG-ARN-BEG-TXG-BEG		BEG-ARN-BEG-CDG-BEG	
	4	BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-ATH-BEG		BEG-DUS-BEG-ZRH-BEG	
	5	BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG		BEG-IST-BEG-SVO-BEG	
	6	<i>BEG-ZRH-BEG</i>		<i>BEG-ZRH-BEG-CDG-BEG</i>		BEG-ZRH-BEG-ATH-BEG	
	7	<i>BEG-CDG-BEG</i>				BEG-LHR-BEG-LHR-BEG	
	8	BEG-LHR-BEG		BEG-LHR-BEG			
6	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6
	2	BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG		BEG-DUS-BEG-CDG-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-SVO-BEG-TXG-BEG		BEG-SVO-BEG-TXG-BEG		BEG-SVO-BEG-ATH-BEG	
	5	<i>BEG-ATH-BEG</i>		<i>BEG-ATH-BEG-CDG-BEG</i>		BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG	
	6	<i>BEG-CDG-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG</i>		BEG-CDG-BEG-TXG-BEG	
	7	<i>BEG-LHR-BEG</i>					
	8	<i>BEG-ZRH-BEG</i>					

Tabela P5. Potreban broj vazduhoplova srednje veličine – sekvencijalni heuristički algoritam (nastavak)

Dan u nedelji	Vazduhoplov	Letovi koje vazduhoplov obavlja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom vremena poletanja	Potreban broj vazduhoplova	Prilagođavanje reda letenja promenom dana i vremena	Potreban broj vazduhoplova
7	1	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	8	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6	BEG-FCO-BEG-FRA-BEG	6
	2	BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG		BEG-DUS-BEG-IST-BEG	
	3	BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG		BEG-ZRH-BEG-SVO-BEG	
	4	BEG-SVO-BEG-TXG-BEG		BEG-SVO-BEG-TXG-BEG		BEG-SVO-BEG-ATH-BEG	
	5	<i>BEG-ATH-BEG</i>		<i>BEG-AT:-BEG- CDG-BEG</i>		BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG	
	6	<i>BEG-CDG-BEG</i>		<i>BEG-LHR-BEG-ZRH-BEG</i>		BEG-CDG-BEG-TXG-BEG	
	7	<i>BEG-LHR-BEG</i>					
	8	<i>BEG-ZRH-BEG</i>					

Tabela P6. Nalet malih vazduhoplova (po danima i po vazduhoplovima)

Vazduhoplov	Dan u nedelji							Ukupno BH	Prosečno BH po vazduhoplovu
	1	2	3	4	5	6	7		
1	10:45	10:00	9:00	9:20	9:40	9:15	9:40	67:40	9.7
2	8:10	7:55	7:05	6:45	7:05	9:00	6:15	52:15	7.5
3	2:15	7:15			2:55	4:45	6:00	23:10	3.3
Ukupno BH	21:10	25:10	16:5	16:5	19:40	22:55	21:55	143:00	

Tabela P7. Nalet vazduhoplova srednje veličine (po danima i po vazduhoplovima)

Vazduhoplov	Dan u nedelji							Ukupno BH	Prosečno BH po vazduhoplovu
	1	2	3	4	5	6	7		
1	7:05	07:45	7:05	10:40	7:05	7:05	7:05	53:50	7.7
2	7:40	9:25	7:55	7:05	8:10	9:20	7:40	57:15	8.2
3	9:40	8:05	9:25	9:20	9:15	9:20	9:20	64:25	9.2
4	8:20	9:50	9:45	09:15	8:55	9:25	9:25	64:55	9.3
5	9:25	8:45	7:00	08:25	9:15	9:45	9:45	62:20	8.9
6	10:55	9:50	10:55	7:45	8:35	9:30	9:30	67:00	9.6
7	12:00		7:20	10:55	12:00			42:15	6.0
Ukupno BH	65:05	53:40	59:25	63:25	63:15	54:25	52:45	412:00	

Biografija autora

Mr Slavica Dožić (rođena Nedeljković) je rođena na Ubu 1976. godine gde je završila osnovnu školu i gimnaziju. Na Saobraćajni fakultet (Odsek za vazdušni saobraćaj) se upisala 1995. godine gde je diplomirala 2001. godine ostvarivši prosečnu ocenu tokom studija 9. Diplomski rad na temu „Mogućnosti formiranja regionalne aviokompanije u jednom delu Jugoistočne Evrope“ rađen je pod mentorstvom prof. dr Milice Kalić. Nagrađena je 2002. godine kao najbolji diplomirani student u školskoj 2000/2001. godini na Odseku za vazdušni saobraćaj diplomom „Zoran Radosavljević“. Poslediplomske studije na Saobraćajnom fakultetu, smer za Vazdušni saobraćaj i transport je upisala 2001, a magistarsku tezu „Modeli za rešavanje problema poremećaja u izvršavanju reda letenja“ je odbranila 2007. godine. Magistarska teza je nagrađena kao najbolja magistarska teza u školskoj 2008/2009. godini od strane Privredne komore Beograda.

Od 2001. godine je zaposlena na Saobraćajnom fakultetu. Angažovana je za držanje vežbi iz predmeta Planiranje prevoženja i eksploatacija vazduhoplova 1 i 2, Transportne mreže i Osnovi vazdušnog saobraćaja na osnovnim studijama, kao i na master studijama za držanje vežbi iz predmeta Planiranje prevoženja i eksploatacija vazduhoplova 3 i Transportne mreže sa primenama u vazdušnom saobraćaju i transportu.

Bila je angažovana za držanje vežbi iz predmeta Vazdušni saobraćaj i transport na Vojno-tehničkoj akademiji u Žarkovu i iz predmeta Organizacija prevoženja i eksploatacija vazduhoplova i Transportne mreže na zajedničkom studijskom programu Vojne akademije i Saobraćajnog fakulteta.

Na Univerzitetu u Žilini (Slovačka) je održala predavanje po pozivu. Bila je član Komisije za odbranu 16 diplomskih, 5 završnih i 2 master rada. Kao član radnog tima je bila angažovana pri izradi 10 domaćih i međunarodnih projekata. Radila je recenzije radova za međunarodne časopise i konferencije. Do sada je objavila i saopštila 23 naučna i stručna rada u naučnim časopisima i konferencijama od nacionalnog i međunarodnog značaja.

Udata je i majka je dvoje dece.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisana _____ Slavica Dožić

Broj indeksa _____

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

MODEL PLANIRANJA FLOTE VAZDUHOPLOVNOG PREVOZIOCA

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 30.04.2015.

C. Dožić

Prilog 2.

**Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije
doktorskog rada**

Ime i prezime autora Slavica Dožić

Broj indeksa /

Studijski program /

Naslov rada Model planiranja flote vazduhoplovnog prevozioca

Mentor dr Milica Kalić, redovni profesor

Potpisana Slavica Dožić

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predala za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada. Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 30.04.2015.



Prilog 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

MODEL PLANIRANJA FLOTE VAZDUHOPLOVNOG PREVOZIOCA

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
- ☒ 4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

U Beogradu, 30.04.2015.

Potpis doktoranda

C. Došen