

Predmet: Podobnost teme i kandidata Nikole Ivanova dipl. inž. za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno - naučnog veća Saobraćajnog fakulteta br. 672/3 od 11.10.2013. (odluka dostavljena članovima Komisije 16.12.2013.) godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Nikole Ivanova, dipl. inž. za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme pod nazivom **"SISTEM ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U PROCESU UPRAVLJANJA TOKOVIMA VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA I KAPACITETOM VAZDUŠNOG PROSTORA"**.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

1.1 Biografski podaci

Nikola Ivanov rođen je 13.03.1985. godine u Vranju. Završio je Osnovnu školu "Sveti Sava" u Vladičinom Hanu (2000.) kao nosilac Vukove diploma. Gimnaziju "Jovan Skerlić", prirodno-matematički smer, u Vladičinom Hanu završio je 2004. godine kao nosilac Vukove diplome. Zbog uspeha na takmičenjima iz matematike, među kojima se izdvajaju Druga nagrada (prvo mesto) za pojedinačni uspeh na 25. Matematičkom turniru (Ekipno prvenstvo srednjih škola u matematici) održanom u Beogradu 2003. godine i Pohvala na 46. Republičkom takmičenju srednjih škola iz matematike održavnog u Nišu 2004. godine, izabran je za đaka generacije. U to vreme je bio aktivan učesnik i član letnjih škola matematike u organizaciji Matematičkog društva Arhimedes.

Saobraćajni Fakultet Univerziteta u Beogradu, Odsek za vazdušni saobraćaj upisuje školske 2004/05. godine. U toku osnovnih studija nagrađivan je Diplomom za izuzetan uspeh na prvoj (2006.), drugoj (2007.) i trećoj (2008.) godini studija. Na četvrtoj godini studija (2008.), samoinicijativno i pre uobičajenog vremena za to, obavlja stručnu praksu na Aerodromu "Konstantin Veliki" Niš (jul-avgust). Na petoj godini studija (2009.) u periodu avgust-oktobar obavio je drugu stručnu praksu u Eurocotrol-u (Evropska agencija za bezbednost vazdušne plovidbe), Brisel, u odeljenju za statistiku i prognozu, STATFOR. Tokom boravka u Eurocontrol-u samostalno (uz mentorstvo) radi na internom istraživačkom projektu, koji je ujedino predstavljao i diplomski rad, "Short Term Leading Indicators for Changes in Air Traffic Growth" koji je za cilj imao unapređenje kratkoročne prognoze koju izdaje STATFOR.

Za vreme osnovnih studija primao je republičku i opštinsku stipendiju, stipendiju Fondacije "Nikola Oka", stipendiju Fondacije za razvoj naučnog i umetničkog podmlatka i stipendiju Fonda za mlade talente.

Diplomirao je u novembru 2009. godine sa prosečnom ocenom 9,93 i nosilac je diploma "Zoran Radosavljević" koja se dodeljuje najboljem diplomiranom studentu Odseka za vazdušni saobraćaj (2009/2010).

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Doktorske studije na Saobraćajnom fakultetu kandidat je upisao u februaru 2010. godine. Zaključno sa 24. oktobrom 2012. godine kandidat je položio sve ispite na doktorskim studijama sa prosečnom ocenom 10, predao godišnji rad i ostvario ukupno 79 ESPB bodova (od potrebnih 70, videti prilog). Uspešno je odbranio predlog istraživanja u okviru doktorske disertacije sa predloženom temom dana 28. oktobra 2013. godine.

Spisak saopštenih i objavljenih radova

1. Ivanov N., Kalić M.: *Market Segmentation of Air Passengers Using Cluster Analysis: Belgrade Airport Case*, - Proceedings of SYM-OP-IS 2011 (38th Symposium of Operations Research), Zlatibor 2011., pp.681-684.
2. Ivanov N., Marsh D.: *Case Study: Google Data as Explanatory Variable for Short Term Forecast of Air Traffic*, - Proceedings of SYM-OP-IS 2010 (37th Symposium of Operations Research), Tara 2010., pp. 757-760.

Učešće na istraživačkom projektu finansiranom od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj

“Podrška održivom razvoju sistema vazdušnog saobraćaja Republike Srbije”,
Program istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja za period 01.01.2011. – 31.12.2014.
Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije, Evidencioni broj projekta 36033.

Priprema za prijavu doktorata

U okviru pripreme za prijavu doktorata kandidat je prisustvovao i učestvovao na više konferencija i radionica, a posebno se izdvaja pohađanje:

- letnje škole o automatizaciji u kontroli letenja (Research in Decision Support Systems for Future Air Traffic Management) koja je održana u La Granja de San Ildefonso, Španija u period od 9. od 12. jula 2012. godine u organizaciji HALA! SESAR Research Network, kao i
- radionice pod nazivom “Data Science in Aviation”, koju je organizovala Complex World SESAR Research Network, u Madridu, Španija, 15 oktobra 2013.

Pored rada na doktorskim studijama, bio je aktivan i učestvovao je u radu na istraživačkim i konsultantskim projektima, kako domaćim tako i inostranim. Od 2011. godine je član German Airport Performance (GAP) tima.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu svega napred navedenog Komisija smatra da je kandidat veoma dobro pripremljen i da je podaban za rad na disertaciji koju predlaže.

2. Predmet i cilj istraživanja

2.1 Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja u predloženoj doktorskoj disertaciji je problem upravljanja tokovima u vazdušnom saobraćaju, odnosno procesu donošenja mera za regulisanje tokova u cilju uspostavljanja balansa između potražnje za saobraćajem i kapaciteta vazdušnog prostora.

Dosad objavljena i dostupna istraživanja su se uglavnom fokusirala na definisanje modela za optimizaciju različitih oblika kriterijumske funkcije, od kojih su najčešće minimizacija ukupnog kašnjenja ili “troškova”. Sa vremenske instance, problem je uglavnom posmatran na taktičkom, i ređe na pre-taktičkom nivou. Kandidat u ovom predlogu istraživanja predlaže pristup problemu “drugačije prirode”. Kako modelom nije moguće u potpunosti sagledati realni sistem niti faktore koji su teško predvidivi, kandidat predloži da se realni sistem posmatra kroz rezultate, tj. izmerene posledice preduzetih akcija, odnosno reakcije u pomenutom sistemu.

Realni sistem koji se posmatra u ovom istraživanju podrazumeva sistem vazdušnog saobraćaja, tj. vazduhoplovne prevoziocce, vazduhoplovna pristaništa, kontrolu letenja i okruženje. “Menadžer sistema” ima na raspolaganju odgovarajuće baze podataka u kojima se čuvaju planovi leta, odgovarajući kapaciteti sistema kontrole letenja i aerodroma, meteorološki podaci, kao i podaci o ostalim događajima koji su relevantni sa aspekta upravljanja vazdušnim saobraćajem (uzrok poremećaja, uska grla, preduzete mere upravljanja). Takođe, u bazama podataka se čuvaju i podaci o realizovanom saobraćaju i kašnjenju, koji su rezultati preduzetih mera. U post operativnoj fazi ATFCM procesa se vodi evidencija o rezultatima analize “poremećaja” u sistemu i arhiviraju se odgovarajući izveštaji o “poremećaju”.

Cilj predloženog istraživanja je da se pomenuti relevantni istorijski podaci o realnom sistemu iskoriste u procesu “pronalaženja” korisnih informacija i znanja (Knowledge Discovery in Databases) o sistemu vazdušnog saobraćaja, i da se te informacije kasnije upotrebe kao podrška donošenju odluka u procesu uspostavljanja balansa između potražnje i kapaciteta. Ideja bi se realizovala na sledeći način.

Pretpostavka je da u realnom sistemu postoje određene relacije između ulaza (planovi leta) i izlaza (realizovani saobraćaj i kašnjenja), koje nastaju kao posledice “stanja” u sistemu kontrole letenja i njegovom okruženju. Dakle, na osnovu trenutnog “stanja” i/ili “situacije” u sistemu kontrole letenja, događajima u okruženju i primenjenih mera regulacije u ATFCM procesu i kontroli letenja, planirani saobraćaj se realizuje na određeni način što za posledicu (uglavnom) ima kašnjenje i rerutiranje letova. Ideja je da se utvrdi da li je mogući pronaći “pravilnosti” kako se određeni “ulazni” saobraćaj realizuje na osnovu stanja u sistemu kontrole letenja, događaja u okruženju i donesenih mera regulacije u ATFCM procesu i kontroli letenja. Pravilnost podrazumeva da se za određeno “stanje” sistema kontrole letenja, događaja u okruženju i donetih mera regulacije u ATFCM procesu i kontroli letenja, planirani saobraćaj (uglavnom) realizuje na određeni način uz što manja odstupanja od plana. Prepoznavanje određenih pravilnosti bi ustvari predstavljala “znanje” o ponašanju sistema u datim situacijama.

Na osnovu raspoložih podataka u bazama podataka menadžera sistema, formirala bi se nova baza podataka koja bi sadržala sve relevantne podatke za reprezentaciju realnog sistema vazdušnog saobraćaja. Priprema podataka za dalju obradu je ustvari prvi koraka u procesu traženja odgovarajućeg znanja u bazama podataka (Knowledge Discovery in Databases - KDD). Drugi korak je analiza podataka, tj. postavljanje upita i tehnika pretraživanja podataka (data mining) nad ovom bazom podataka, sa ciljem da se pronađu pravilnosti iz realnog sistema. Jedan od rezultata primene ovakve vrste analize je i prepoznavanje najbitnijih faktora u procesu odlučivanja. Sledeći koraci u KDD procesu su formalizacija i interpretacija pronađenih pravila, formiranje baze pravila (znanja) i njihova validacija. Ovako formirana baza znanja nije statična u vremenu, već je potrebno “osvežavati” znanje na osnovu novih podataka, tj., radi se o dinamičkom procesu traženja i ažuriranja znanja. Baza znanja treba da sadrži i proceduralne činjenice i/ili pravila, koja bi se dobila na osnovu interpretacije znanja i iskustva eksperta. Pošto je znanje o sistemu prikupljeno, treba pronaći način kako to znanje iskoristiti.

Potom je potrebno definisati način za prepoznavanje “stanja” i/ili “situacija” u realnom sistemu, kako bi bilo moguće primeniti stečeno znanje o ponašanju sistema. Potrebno je razviti logički sistem koji bi sa određenim stepenom izvesnosti klasifikovao situaciju u realnom sistemu kao situaciju o kojoj znanje već postoji. Velika količina prikupljenih podataka (big data) ne garantuje da će postojati rešenje za svaku moguću situaciju, uz znanje koje sistem poseduje. U ovakvim slučajevima bi do izražaja mogle doći tehnike za izvođenje novog znanja iz postojećeg i primena tog znanja (zaključivanja) u novonastaloj (“nepoznatoj”) situaciji. U oblasti veštačke inteligencije (artificial intelligence) ovakve tehnike se često klasifikuju kao mašinsko učenje ili zaključivanje (machine learning).

Ovim su definisane osnovne komponente predloženog sistema za podršku odlučivanju: baza podataka, modul u kome bi se vršio proces traženja znanja u podacima, baza znanja i modul koji je zadužen za logiku i zaključivanje. U predloženom istraživanju, primarni fokus bi bio na pomenutim osnovnim komponentama sistema za podršku odlučivanju, ali bi se pažnja posvetila i ostalim komponentama, kao na primer načinu komunikacije između eksperta i sistema (human machine interface).

Dakle, cilj ovakvog sistema za podršku odlučivanju u procesu uspostavljanja balansa između potražnje i kapaciteta je da se na osnovu ulaznih podataka (planirani saobraćaj) i za prepoznato stanje trenutnog sistema, koje je “slično” stanju sistema za koje određeno znanje već postoji, može analizirati efekat mera regulacije na izlazne rezultate (realizovani saobraćaj i kašnjenje). Na osnovu izlaznih rezultata, korisnik može da bira između alternativa, odnosno mera regulacije koje je uzeo u razmatranje.

Još jedna od mogućnosti koja bi bila predviđena je i analiza prethodno implementiranih mera regulacije za određene “istorijske situacije” koje su se desile i izlaznih rezultata sa ciljem da se nađu “najbolja rešenja” (best practices). Ovo daje mogućnost ekspertu da sledeći put u sličnoj situaciji primeni meru koja se pokazala kao ona koja daje “najbolje rezultate”, na primer, minimalna kašnjenja ili minimalan broj re-rutiranih letova. Ovakvi slučajevi će se iskoristiti i za treniranje samog sistema.

U zavisnosti od podataka i mogućnosti agregacije istih, posmatrao bi se i analizirao problem velikih razmera (npr. na nivou cele Evrope) ili manjih razmera (prostor u okviru nadležnosti jednog pružaoca usluge ili sektora) i to za različite vremenske instance.

2.2 Osvrt na relevantne bibliografske izvore i ostvarene rezultate

Problem kašnjenja zbog neusklađenosti kapaciteta i potražnje je predmet istraživanja već dugi niz godina. Krajem 80-tih i početkom 90-tih godina prošlog veka, radovi iz ove oblasti su se odnosili na rešavanje problema zagušenosti na aerodromima dodeljivanjem “proračunatog” kašnjenja, tj. slota [Agustin i ostali, 2010]. Praktični razlog odlaganja poletanja je trošak, jer se *a priori* predpostavlja da je trošak zadržavanja vazduhoplova na zemlji niži od troška zadržavanja istog u vazduhu.

Početna forma problema je bila relativno jednostavna jer je posmatran jedan aerodrom (*Single Airport Ground Holding Problem*), [Odoni, 1987]. Definisani su različiti optimizacioni modeli, u početku determinističke a zatim i stohastičke prirode, koji su u obzir uzimali različite kriterijumske funkcije, ograničenja i promenljive ([Richetta i Odoni, 1993], [Mukherjee i Hansen, 2007]). Iako se dodeljivanjem slotova na zemlji može absorbovati kašnjenje u vazduhu, ono je gotovo po pravilu neizbežno, pa su se neki kasniji radovi ipak bavili i minimiziranjem ukupnog kašnjenja [Ma, Cui i Cheng, 2004].

Zatim su u problem uključeni i drugi aerodromi koji su međusobno povezani u mrežu (*Multi Airport Ground Holding Problem*) [Wang, 1991]. Počinje da se modelira i širenje poremećaja, tj. kašnjenja kroz mrežu [Pešić, 2006]. Problem je posmatran kao statički, tj. vršila se jedna optimizacija i dodeljivanje slotova vazduhoplovima [Vranas, Bertsimas i Odoni, 1994a], i kao dinamički, gde se optimizacija vršila sa novodobijenim informacijama, kao npr. o vremenskim uslovima na ruti i sl. [Vranas, Bertsimas i Odoni, 1994b]. Jedna od osnovnih pretpostavki većine pomenutih modela je bio praktično neograničeni kapacitet vazdušnog prostora u kojima je problem bio uglavnom na strani kapaciteta aerodroma (Amerika).

U Evropi se ova pretpostavka sve više kosila sa realnim stanjem i to je dovelo do definisanja problema upravljanja saobraćajnim tokovima (*Air Traffic Flow Management Problem*) koji je u obzir uzeo i ograničenja kapaciteta vazdušnog prostora usled ograničenja kapaciteta sistema kontrole letenja. Osnovna postavka ATFM modela je bila takva da su kapaciteti aerodroma i sektora deterministički i poznati u vremenu. Tošić i ostali (1993) formulišu ATFM problem i rešavaju ga koristeći linearno programiranje. Odoni (1994) predlaže uvođenje sistema za podršku u odlučivanju, a na osnovu "lokalnih" potreba u Americi. U Evropi, Tošić i Babić (1995) i Tošić i ostali (1995) se bave istim problemom primenjujući heuristiku u rešavanju. Dell'Olmo i Lulli (2002) rešavaju ATFM problem u *free flight* scenariju, tj. ne posmatraju fiksno definisanu mrežu vazdušnih puteva, već dozvoljavaju bilo koju putanju između dva aerodroma. Zbog dimenzija problema (nekoliko hiljada letova istovremeno), sve više počinju da se razmatraju sistemi koji bi donosiocima odluka (*Network Manager*) pružali podršku u odlučivanju pri rešavanju realnih problema.

Poslednji u nizu definisanih problema je problem upravljanja saobraćajnim tokovima koji uzima u obzir i re-rutiranje (*Air Traffic Flow Management Rerouting Problem*) i trenutno predstavlja *state of the art*. Osim toga što uvodi mogućnost re-rutiranja saobraćaja [Tošić i ostali, 1997], [Bertsimas i Stock, 1998], sve više pažnje se poklanja stohastičnosti, tj. pretpostavkama da se kapaciteti aerodroma i sektora, vremena ulazaka i izlazaka vazduhoplova iz sektora itd., ne mogu predvideti sa izvesnošću. Leal de Matos i Powell (2002) istražuju potrebu za sistemom za podršku odlučivanju u procesu donošenja odluka o re-rutiranju saobraćaja. Weigang i ostali (2008) su predstavili sistem za podršku odlučivanju u taktičkoj fazi upravljanja tokovima vazdušnog saobraćaja i prikazali mogućnosti aplikacije u brazilskoj kontroli letenja.

Gotovo svi pomenuti problem su rešavani na taktičkom (tek nedavno i na pre-taktičkom nivou) a jedan od razloga za to je upravo i neizvesnost (*uncertainty*). Kao što je već napomenuto, neki faktori se mogu predvideti sa određenim stepenom izvesnosti dok je neke nemoguće predvideti, pa samim tim i nisu pogodni za modeliranje. Sa druge strane, moguće je analizirati situacije koje su se desile, odgovarajuće mere koje su bile preduzete i kakvi su rezultati tih mera. Na osnovu tih analiza stiče se "znanje" koje se kasnije primenjuje u procesu donošenja odluka, odnosno definisanju akcija i mera [Đorđević, 2009]. Upravo je to bila motivacija Eurocontrola da u ATFCM procesu od nedavno (2009) uvede i prethodno pomenutu fazu koja se bavi takvom analizom (*Post Operation Analysis*): u početku su na novim radnim mestima dva eksperta radila analizu, a kasnije je priključen i treći. Ipak, analiza je ograničena na prethodni dan operacija i uglavnom se svodi na analizu "najvećih" zagušenja i problema u sistemu u obimu u kome je "manuelno" procesiranje podataka moguće.

Predloženo istraživanje u okviru doktorske disertacije za motivaciju ima sistematizaciju post-operativne faze ATFCM procesa i delimičnu automatizaciju procesa odlučivanja kroz uvođenje sistema za podršku odlučivanju, sa ciljem da se unapredi i učini efikasnijim proces donošenja odluka u rešavanju problema neusklađenosti potražnje i kapaciteta.

Uvođenja sistema za podršku odlučivanju u ATFCM procesu, sposobnog za obradu velike količine podataka, je opravdano ako se uzmu u obzir sledeće činjenice. Iznad evropskog neba se na dnevnom nivou obavi u proseku oko 30 000 letova, sa predviđenim budućim rastom u skladu sa istorijskim trendom. Kratkoročno gledano, obim saobraćaja u pojedinim oblastima može značajno da se poveća zbog određenog događaja, npr. sportskog događaja velikih razmera. Srednjeročno i dugoročno gledano, glavni generator povećanja obima saobraćaja je ekonomska aktivnost, i uprkos povremenim padovima, najnovije prognoze dugoročnog rasta predviđaju dupliranje obima saobraćaja u narednih dvadesetak godina. Problem kapaciteta sistema kontrole letenja je prepoznat i od strane Evropske Unije koja je pokrenula projekat (Single European Sky ATM Research – SESAR) koji, između ostalih, za cilj ima unapređenje i značajno povećanje kapaciteta sistema kontrole letenja. Kao jedan od načina za povećanje kapaciteta predložen je i veći stepen automatizacije kroz uvođenje sistema koji bi predstavljali podršku donosiocima odluka u boljem korišćenju raspoloživih resursa, planiranju, koordinaciji i ostalim relevantnim aktivnostima.

2.3 Referentna literatura

Babic, O., Krcmar-Nozic, E., Teodorovic, D., Hohlacov, Đ.: *Air Traffic Flow Management Modelling - Part II - Problem Formulation and Proposed Solution*, Zbornik SYM-OP-IS '92, Jugoslovenski simpozijum o operacionim istrazivanjima, Beograd, 1992, pp.223-226.

Babic, O., Tomic, V., Hohlacov, Đ., Dolzan, T.: *Air Traffic Flow Management Modelling - Part III - Proposed Solution*, Numerical Examples and Conclusions, Zbornik SYM-OP-IS '92, Jugoslovenski simpozijum o operacionim istrazivanjima, Beograd, 1992, pp.227-230.

Bertsimas, D., Stock, S.: *The air traffic flow management problem with enroute capacities*, - Operations Research, Vol 46, 1998, pp. 406-422.

Dell'Olmo, P., Lulli, G.: *A dynamic programming approach for the airport capacity allocation problem*, IMA Journal of Management Mathematics, Vol 14, No 3, 2003, pp.235-249.

Leal de Matos, P. A., Powell, P.: *Decision Support for Flight Re-routing in Europe*, - Decision Support Systems, Vol. 34, 2002, pp. 397-412.

Ma, Z., Cui, D., Cheng, P.: *Dynamic network flow model for short-term air traffic flow management*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part A : Systems and Humans, Vol 34, No 3, 2004, pp. 351-358.

Mukherjee, A., Hansen, M.: *A dynamic stochastic model for the single airport ground holding problem*, Transportation Science, Vol 41, No 4, 2007, pp. 444-456.

Odoni, A.R.: *Issues in air traffic flow management*, Advanced Technologies for Air Traffic Flow Management, Springer-Verlag, 1994, pp. 43-63.

Odoni, A.R.: *The flow management problem in air traffic control*, - Flow Control of Congested Networks, Springer-Verlag, 1987, pp. 269-288.

Richetta, O., Odoni, A.R.: *Dynamic solution to the ground-holding policy problem in air traffic control*, Transportation Research, Vol 28A, No 3, 1994, pp. 167-185.

Richetta, O., Odoni, A.R.: *Solving optimally the static groundholding policy problem in air traffic control*, Transportation Science, Vol 27, No 3, 1993, pp. 228-238.

Tomic, V., Babic, O., Cangalovic, M., Hohlacov, Đ.: *Some Models and Algorithms for En Route Air Traffic Flow Management*, Transportation Planning and Technology, Vol. 19, No 2, 1995, pp. 147-164.

Tomic, V., Babic, O.: *Air route flow management - problems and research efforts*, Transportation Planning and Technology, Vol 19, No 1, 1995, pp. 63-72.

Tosic, V., Babic, O.: *Air Traffic Flow Management Modelling - Part I - Problem Statement, Discussion and Definition*, Zbornik SYM-OP-IS '92, Jugoslovenski simpozijum o operacionim istraživanjima, Beograd, 1992, pp.219-222.

Tosic, V., Babic, V., Cangalovic, M., Hohlacov, Đ.: *A Model to Solve En Route Air Traffic Flow Management Problem: A Temporal and Spatial Case*, Zbornik SYM-OP-IS '95, Jugoslovenski simpozijum o operacionim istraživanjima, Donji Milanovac, 1995, pp.733-736.

Tosic, V., Babic, V., Cangalovic, M., Hohlacov, Đ.: *Air Traffic Flow Management Modeling - Experiments with models which allow arbitrary delay cost function*, Zbornik SYM-OP-IS '94, Jugoslovenski simpozijum o operacionim istraživanjima, Kotor, 1994, pp.685-688.

Tosic, V., Babic, O., Cangalovic, M., Hohlacov, Đ.: *Air Traffic Flow Management Modelling - Problem Formulation and LP-based Solution*, Zbornik SYM-OP-IS '93, Jugoslovenski simpozijum o operacionim istraživanjima, Beograd, 1993, pp.335-338.

Tosic, V., Babic, O., Cangalovic, M., Hohlacov, Đ.: *Some Models Algorithms for En-Route Air Traffic Flow Management*, The 1st USA/Europe Seminar on ATM R&D, France, 1997.

Vranas, P.B., Bertsimas, D.J., Odoni, A.R.: *Dynamic ground holding policies for a network of airports*, Transportation Science, Vol 28, 1994, pp. 275–291.

Vranas, P.B., Bertsimas, D.J., Odoni, A.R.: *The multi-airport ground-holding problem in air traffic control*, Operations Research, Vol 42, No 2, 1994, pp. 249–261.

Wang.: *A dynamic programming framework for the global flow control problem in air traffic management*, Transportation Science, Vol 25, No 4, 1991, pp 308–313.

Weigang, L., de Souza, B. B., Crespo, A. M. F., Alves, D. P.: *Decision support system in tactical air traffic flow management for air traffic flow controllers*, Journal of Air Transport Management, Vol 14, No 6, pp. 329-336.

Pored osnovne literature u izradi disertacije biće korišćeni i sledeći dokumenti:

Babić, O., Netjasov, F. *Kontrola letenja*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2012.

Pešić, B.: *Network effect: a possible model to highlight the interdependencies between flow management regulations*, Master thesis, Faculty of Transport and Traffic Engineering – University of Belgrade, 2006.

Dorđević, A.: *Establishing an Effective PostOPS Analysis Process in the CFMU*, Graduation thesis, Faculty of Transport and Traffic Engineering – University of Belgrade, 2009.

Agustín, A., Alonso-Ayuso, A., Escudero, L. F., & Pizarro, C.: *Mathematical optimization models for air traffic flow management: a review*. 2010

EUROCONTROL - Performance Review Reports 1998-2009

EUROCONTROL - The Air Traffic Flow and Capacity Management Strategy 2004

SESAR JU - The European ATM Master Plan, 2009. International Civil Aviation Organization, “Annex 11 - Air Traffic Services”, (edition 13, with amendments 1 – 43, until 2003), Montreal, Canada, 2001.

International Civil Aviation Organization, “Doc 4444 ATM/501 - Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic Management”, (edition 14 with amendments 1 – 2, until 2003), Montreal, Canada, 2001.

3. Polazne hipoteze

Kandidat predlaže sledeće polazne hipoteze predloženog istraživanja:

- 1) u sistemu vazdušnog saobraćaja postoje određene “relacije” i “pravilnosti” između ulaza (planovi leta) i izlaza (realizovani saobraćaj i kašnjenja), koje nastaju kao posledice “stanja” u sistemu kontrole letenja i okruženju,
- 2) u dostupnim podacima u bazama podataka Eurocontrol-a moguće je pronaći “pravilnosti” i “znanje” o sistemu vazdušnog saobraćaja,
- 3) moguće je “prepoznati” tip problema u sistemu vazdušnog saobraćaja za koji već postoji korisno “znanje” koje je moguće primeniti u procesu uspostavljanja balansa između potražnje za saobraćajem i kapacitetom vazdušnog prostora.
- 4) moguće je prepoznati koji parametri i faktori su bitniji i važniji od drugih prilikom prepoznavanje mogućeg problema i njegovog rešavanja.

4. Naučne metode istraživanja

Pored klasičnih metoda koja se primenjuju u naučnim istraživanjima, pri izradi teze kandidat predlaže i primenu metoda statističke analize, kao i metoda i tehnika koje se primenjuju u pretraživanju podataka (data mining), mašinskom učenju i veštačkoj inteligenciji (artificial intelligence), kao i ostale tehnike iz oblasti ekspertskih sistema, tj. sistema za podršku odlučivanju.

5. Očekivani naučni doprinos

U skladu sa definisanim predmetom istraživanja i postavljenim ciljem očekuje se da će istraživanje rezultirati razvijenim sistemom za podršku odlučivanju pri donošenju odluka u procesu uspostavljanja balansa između potražnje za saobraćajem i kapacitetom vazdušnog prostora.

Takav sistem bi trebalo da omogućio rešavanje problema zagušenosti u vazdušnom saobraćaju velikih razmera u prihvatljivom vremenu.

Doprinos uvođenja predloženog sistema bi mogao biti dvojak:

- poboljšanje performansi sistema posmatrano kroz definisane ključne indikatore performansi;
- sistematizacija načina upravljanja i unapređenje dela ATFCM procesa koji bi doprinelo efikasnijem radu “Manadžera sistema”.

Obzirom da ovakav system ne postoji u praksi, njegov razvoj bi pored akademske značajnosti imao i praktični značaj obzirom da bi se mogao primenjivati u svakodnevnim operacijama.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Kandidat je u skladu sa motivacijom za izbor teme, predmeta istraživanja i postavljenih ciljeva, predložio sledeći okvirni sadržaj disertacije:

- Pregled i opis evolucije i strukture tekućeg (postojećeg) sistema upravljanja vazдушnim saobraćajem (Air Traffic Management - ATM), podsistema upravljanja saobraćajnim tokovima (Air Traffic Flow Management - ATFM) i službe kontrole letenja (Air Traffic Control), kao i procesa uspostavljanja balansa između potražnje za saobraćajem i kapacitetom vazdušnog prostora (Air Traffic Flow and Capacity Management).
- Opis evropskog i američkog koncepta budućeg ATM sistema. Potreba za automatizacijom.
- Pregled postojećih modela i sistema za podršku odlučivanju za rešavanje problema zagušenosti u ATM sistemu, njihova klasifikacija, identifikovanje mogućnosti njihove primene i analiza njihovih nedostataka koje je moguće prevazići.
- Opis predloženog sistema za podršku odlučivanju u procesu uspostavljanja balansa između potražnje za saobraćajem i kapacitetom vazdušnog prostora i njegova sistematska primena u ATFCM procesu.
- Razmatranje i definisanje osnovnih komponenti predloženog sistema za podršku odlučivanju: potrebni i relevantni podaci, način obrade i transformacije istih (preprocesiranje podataka), tehnike pretraživanja podataka i metode koje se koriste u veštačkoj inteligenciji.
- Predlog primene razvijenog sistema za efikasno rešavanje problema zagušenosti u budućem ATM sistemu. Demonstracija primene modela. Diskusija rezultata.
- Zaključna razmatranja i pravci budućih istraživanja.

Plan istraživanja u okviru disertacije bi pratio okvirni sadržaj disertacije. Nakon pregleda literature, detaljno bi se analizirao proces uspostavljanja balansa između potražnje za saobraćajem i kapaciteta vazdušnog prostora.

Na osnovu poznavanja celokupnog ATFCM procesa, bilo bi predloženo, ukoliko je potrebno, sistematizovanje načina rada u post-operativnoj fazi, čime bi se postavio okvir za predloženi sistem za podršku odlučivanju.

Zatim bi se razmatrale sve osnovne komponente predloženog sistema: od potrebnih i relevantnih podataka, načina obrade i transformacije istih (preprocesiranje podataka), zatim različite tehnike pretraživanja podataka i metode koje se koriste u veštačkoj inteligenciji.

Različite “kombinacije” osnovnih komponenti sistema za podršku odlučivanju, odnosno podaci, tehnike i metode, bi bile testirane sa ciljem da se nađe “najbolja kombinacija” modula, tj. relevantna baza podataka i odgovarajuće tehnike pretraživanja podataka i metoda veštačke inteligencije.

Na osnovu “najbolje kombinacije” bio bi definisan sistem za podršku odlučivanju koji bi bio testiran i validiran nad relevantnom bazom podataka iz realnog sistema.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu uvida u prijavu teme doktorske disertacije, kao i na osnovu uspešno odbranjenog predloga istraživanja u okviru doktorske disertacije pred Komisijom, Komisija smatra da je predložena tema u naučnom i stručnom smislu relevantna i aktuelna, da nije u potpunosti istražena, kao i da je u skladu sa savremenim potrebama za istraživanjima u ovoj oblasti.

Komisija takođe smatra da je tema takva da daje mogućnost da se dođe do rezultata i doprinosa u okviru istraživanja koja odgovaraju obimu rada na doktorskoj disertaciji.

Komisija takođe smatra da je kandidat, na osnovu dosadašnjeg obrazovanja, istraživačkog rada i pokazanih rezultata, dobar i spreman da krene u istraživanja koja predlaže.

Komisija predlaže Nastavno - naučnom veću Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu, da prihvati predloženu temu doktorske disertacije kandidata Nikole Ivanova, dipl.ing., pod nazivom **“SISTEM ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U PROCESU UPRAVLJANJA TOKOVIMA VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA I KAPACITETOM VAZDUŠNOG PROSTORA”**, da je prosledi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na dalji postupak kao i da za mentora odredi Doc. dr Feđu Netjasova.

Predložena tema spada u užu naučnu oblast “Aerodromi i bezbednost vazdušne plovidbe”.

Članovi Komisije

Dr Feđa Netjasov
Docent Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Dr Obrad Babić
Redovni profesor Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Dr Boško Nikolić
Vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

U V E R E N J E

Da je Nikola (Vinko).Ivanov student SAOBRAĆAJNOG fakulteta, grupa
Doktorske studije-Saobraćaja, upisan na drugu godinu studija školske 2012/13,
položio sledeće predmete:

	ESPB	datum	ocena
1. Fazi sistemi sa primenama u saobraćaju }	7	29.03.2011.	10 (deset)
2. Planiranje prevoženja i eksploatacija va	7	13.05.2011.	10 (deset)
3. Vazduhoplovna pristaništa 4	7	20.03.2012.	10 (deset)
4. Upravljanje podacima	7	04.04.2012.	10 (deset)
5. Kontrola letenja 4	7	10.07.2012.	10 (deset)
6. Godišnji rad na seminaru	4	24.10.2012.	položio

Priznati ispiti sa Fakulteta Organizacionih Nauka u Beogradu su:

1. Kombinatorna optimizacija	10	23.12.2010.	10 (deset)
2. Nelinearno programiranje	10	23.12.2010.	10 (deset)
3. Računarska simulacija	10	24.10.2012.	10 (deset)
4. Multivarijaciona analiza	10	24.10.2012.	10 (deset)

Prosečna ocena u toku studija je 10.00 a zbir ESPB poena 79.

Uverenje se izdaje na lični zahtev.


Sekretar
Saobraćajnog fakulteta
[Signature]