

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata **mr Predraga Jovanovića** za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog beća Saobraćajnog fakulteta u Beogradu br. 168/4 od 03.04.2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata mr Predraga Jovanovića za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme pod nazivom:

„MODELIRANJE PARAMETARA ROBUSNOSTI REDA VOŽNJE ŽELEZNICE”

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Predrag Jovanović je rođen u Beogradu 31.8.1973. godine gde je završio osnovnu i srednju školu. Saobraćajni fakultet je upisao školske 1992/93. godine, a posle odsluženog vojnog roka, pohađao je predavanja od školske 1993/94. godine. Diplomirao je u decembru 2000. godine na Odseku za železnički saobraćaj i transport sa temom „Istraživanje potreba i mogućnosti za uvođenje teških teretnih vozova na pruzi Beograd-Bar” sa ocenom 10 (deset) na diplomskom ispitu i prosečnom ocenom 8,00 (osam) u toku studija.

Nakon završetka studija zaposlio se u ŽTP-u Beograd, na radnom mestu vodeći inženjer-tehnolog, u Sekciji za saobraćajno-transportne poslove Beograd. Položio je stručni ispit za samostalni rad na železnici.

Na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu se zaposlio 2001. godine na radnom mestu asistenta-pripravnika na Odseku za železnički saobraćaj i transport. Od tada je angažovan na izvođenju nastave na predmetima „Teorija vuče vozova”, „Organizacija železničkog saobraćaja” i „Primena telematike i automatizacija procesa na železnici”, na Združenoj Katedri za upravljanje na železnici, vuču i vozna sredstva.

Poslediplomske studije je upisao 2001. godine na Saobraćajnom fakultetu, smer „Upravljanje razvojem i tehnološkim procesima na železnici”, položio je sve ispite predviđene nastavnim planom i programom sa prosečnom ocenom 10,00 (deset). Magistarski rad pod nazivom „Istraživanje

mogućnosti povećanja tehnoloških intervala s obzirom na iskorišćenje kapaciteta i stabilnost reda vožnje" odbranio je 10.01.2011. godine, čime je stekao zvanje magistra tehničkih nauka.

U zvanje asistenta za užu naučnu oblast „Upravljanje, menadžment, ekonomika i marketing u železničkom saobraćaju” izabran je 15.04.2011. godine.

Služi se engleskim jezikom. Autor je i koautor više naučnih radova objavljenih na naučnim skupovima. U toku rada učestvovao je u izradi više projekata i studija.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Kandidat Predrag Jovanović odbranio je magistarska tezu pod nazivom "Istraživanje mogućnosti povećanja tehnoloških intervala s obzirom na iskorišćenje kapaciteta i stabilnost reda vožnje" na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu, 10. januara 2011. godine. Mentor magistarske teze bio je prof. dr Dragomir Mandić, a sama tema magistarske teze pripada užoj naučnoj oblasti „Organizacija i tehnologija železničkog saobraćaja”.

Magistarska teza napisana je na 97 strana i organizovana u devet poglavlja. U prvom, uvodnom poglavlju prikazani su predmet i ciljevi istraživanja, ukazano je na značaj reda vožnje i posebno njegovu stabilnost. Takođe, definisan je pojam vremenskih rezervi za povećanje stabilnosti reda vožnje koje do sada nisu primenjivane na Železnicama Srbije. U drugom i trećem poglavlju se prikazuje značaj propusne moći pruga, uz poseban osvrt na koncept definisanja i određivanja optimalnog opsega iskorišćenja propusne moći pruge. Detaljno su obrađene funkcije relativne osetljivosti vremena kašnjenja vozova i transportne energije, koje definišu opseg optimalnog iskorišćenja. U četvrtom i petom poglavlju je znatna pažnja posvećena redu vožnje vozova, uz detaljan prikaz i analizu njegovih karakteristika, kao i modelima za upoređenje redova vožnje po stabilnosti. U šestom poglavlju je predložen novi model za prostornu distribuciju vremenskih rezervi u redu vožnje. Takođe, u ovom poglavlju je prikazan analitički način utvrđivanja vrednosti dopunskih vremena za stabilnost reda vožnje koji će predstavljati osnovu za kasnije definisanje vrednosti ovih vremena u novom modelu. Sedmo poglavlje je osnov ovog magistarskog rada i u njemu je definisan novi model za utvrđivanje vrednosti i implementaciju dopunskih vremena za stabilnost reda vožnje, s obzirom na opseg optimalnog iskorišćenja propusne moći. Model je algoritamskog tipa korak-po-korak, i pruža mogućnost utvrđivanja vrednosti i mesta korišćenja dopunskih vremena za povećanje stabilnosti reda vožnje, pre svega vodeći računa o potrebama, uslovima i ograničenjima na Železnicama Srbije. U osmom poglavlju su dati rezultati primene predloženih rešenja i modela na odabranom primeru sa Železnica Srbije.

Problem obrađen u radu "Istraživanje mogućnosti povećanja tehnoloških intervala s obzirom na iskorišćenje kapaciteta i stabilnost reda vožnje", je od izuzetnog značaja za primenu naučnih dostignuća u oblasti železničkog saobraćaja, a posebno u oblastima analize propusne moći pruga i procesa planiranja i izrade reda vožnje.

Magistarska teza sadrži sledeće naučno – istraživačke doprinose: 1. predloženi model razrađen u ovom magistarskom radu uvodi dopunska vremena za održanje reda vožnje kao važan faktor stabilnosti železničkog sistema u celini i naglašava da na ova vremena treba gledati kao na faktor kvaliteta prevozne usluge; 2. Imajući u vidu cenu i sveukupni značaj železničke infrastrukture, teza daje rešenje za određivanje balansa između povećanja kvaliteta prevoza i neproduktivnog vremena iskorišćenja, kada se infrastruktura ne koristi za saobraćaj vozova; 3. Model definisan u tezi je dokazao da se za proračun kapaciteta, a posebno za mogućnost povećanja stabilnosti reda vožnje, ne treba oslanjati na vrednosti iskorišćenja propusne moći koje preporučuje Međunarodna železnička unija, već na vrednosti koje se egzaktno određuju na način koji je u radu prikazan.

Nakon odbrane magistarskog rada naučno-istraživački rad mr Predraga Jovanovića je fokusiran na estimaciju i određivanje stabilnosti reda vožnje u fazi projektovanja, kao i na parametre stabilnosti na koje se, pri izradi reda vožnje, može uticati.

U nastavku je dat spisak referenci mr Predraga Jovanovića.

1. Publikacije:

Magistarska teza:

- *Istraživanje mogućnosti povećanja tehnoloških intervala s obzirom na iskorišćenje kapaciteta i stabilnost reda vožnje*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2011.

Knjige (monografije) i udžbenici:

- Mandić D., **Jovanović P.**, Bugarinović M.: *Zbirka zadataka iz Teorije vuče vozova*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2013.

2. Radovi objavljeni na međunarodnim konferencijama i naučnim skupovima (M33):

- **Jovanović P.**, Mandić D.: *Model za utvrđivanje vremenskih rezervi između trasa vozova*, - Zbornik radova sa Naučno-stručnog skupa „Novi horizonti“, Doboj, Bosna i Hercegovina, 2013, str. 192-195, objavljen i saopšten
- Mandić D., **Jovanović P.**: *Tendencije organizovanja operatora u železničkom saobraćaju po otvaranju tržišta*, - Zbornik radova sa Naučno-stručnog skupa „Novi horizonti“, Doboj, Bosna i Hercegovina, 2013, str. 208-211, objavljen i saopšten
- **Jovanović P.**, Mandić D.: *Utvrdjivanje optimalne lokacije vremenskih rezervi za povećanje stabilnosti reda vožnje*, - Zbornik radova sa Drugog B&H Kongresa o željeznicama, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2013, str. 297-305, objavljen i saopšten
- **Jovanović P.**, Mandić D.: *An Overview of Theoretical Methods for Switching Point Analysis from the Capacity Point of View*, - Proceedings of the International Scientific-Expert Conference on Railways RAILCON'12, Niš, 2012, pp. 97-100, objavljen i saopšten
- Drenovac D., **Jovanović P.**: *Efficiency Measurement of Rail Enterprises Using Data Envelopment Analysis*, - Proceedings of the International Scientific-Expert Conference on Railways RAILCON'12, Niš, 2012, pp. 201-204, objavljen i saopšten
- Mandić D., **Jovanović P.**: *Perspektiva železničkog putničkog transporta na slobodnom tržištu*, - Zbornik radova sa Naučno-stručne konferencije “Saobraćajnice i optimizacija transporta”, Doboj, Bosna i Hercegovina, 2012, str. 137-140, objavljen i saopšten
- **Jovanović P.**: *Savremeni postupci proračuna kapaciteta železničkih pruga – iskustva i problemi*, - Zbornik radova sa Prvog B&H Kongresa o željeznicama, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2011, str. 13-25.
- Kecman P., **Jovanović P.**, Bugarinović M.: *Evaluating and ranking infrastructure manager strategies using the combined AHP/DEA method*, - Proceedings of the 5th International Scientific Conference “Theoretical and Practical Issues in Transport”, Pardubice, Czech Republic, 2010, pp. 319-324, objavljen i saopšten

3. Radovi objavljeni na nacionalnim konferencijama i naučnim skupovima (M63):

- **Jovanović P.**, Kecman P.: *Model za poređenje turnusa lokomotiva prema kriterijumu stabilnosti primenom max-plus algebre*, - Zbornik radova sa Naučno-stručne konferencije o železnici ŽELKON'10, Niš 2010, str. 133-136, objavljen
- **Jovanović P.**, Bugarinović M., Kecman P.: *Uticaj iskorišćenja kapaciteta na određivanje naknade za železničku infrastrukturu*, - Zbornik radova sa Naučno-stručne konferencije o železnici ŽELKON'08, Niš 2008, str. 121-124, objavljen i saopšten

- Mandić D., **Jovanović P.**, Stevanović M.: *Proračun propusne moći pruge Beograd-Niš primenom metode UIC 406*, - Zbornik radova sa Naučno-stručne konferencije o železnici ŽELKON'06, Niš 2006, str. 157-160, objavljen i saopšten
- Stevanović M., **Jovanović P.**: *Model i prognoza vidovne raspodele u putničkom saobraćaju na koridoru Beograd – Niš*, - Zbornik radova naučno-stručne konferencije o železnici ŽELKON'04, Niš 2004, str. 99-104, objavljen i saopšten
- Mandić D., Stevanović M., **Jovanović P.**: *Varijante mogućih rešenja problema vuče na panevropskom koridoru X*, - Zbornik radova sa X internacionalnog naučno-stručnog simpozijuma „Tehnika železničkih vozila 2002”, Niš, 2002, str.159-161, objavljen i saopšten
- **Jovanović P.**, Mandić D., Stevanović M.: *Trendovi u razvoju manevarskih lokomotiva na primerima odabranih evropskih železnica*, - Zbornik radova sa X internacionalnog naučno-stručnog simpozijuma „Tehnika železničkih vozila 2002”, Niš, 2002, str.103-108, objavljen i saopšten

4. Istraživački projekti i studije:

- „Projekat tehnološkog razvoja JP Železnica Srbije u uslovima restrukturiranja i otvaranja tržišta”, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2008-2011.
- „Studija opravdanosti nabavke elektromotornih garnitura za lokalni železnički putnički saobraćaj u Crnoj Gori”, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2009.
- „Ekspertski elaborat budućeg značaja, uloge i kapaciteta železničkog saobraćaja na području Ade Huje“, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2006.
- „Generalni projekat sa elementima idejnog projekta rekonstrukcije do 25 voznih dizel lokomotiva serije 661“, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2005.
- „Projekat strategije i dinamike obezbeđenja potrebnog broja vučnih i vučenih vozila Željeznice Crne Gore, sa studijom opravdanosti“, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2005.
- „Studija opravdanosti modernizacije staničnih signalno-sigurnosnih uređaja na pruzi Beograd-Šid“, SIEMENS Beograd, Beograd, 2005.
- „Lista razvojnih projekata Železnice Srbije – Railways of Serbia, List of development projects” (Book 1), „Metodologija za ocenjivanje i rangiranje projekata - Methodology for evaluation and ranking of development projects”, (Book 2), Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2004.
- „Model organizacije gradsko-prigradskog saobraćaja na teritoriji grada Novog Sada (knjiga 1), Kikinde (knjiga 2), Rume (knjiga 3), Zrenjanina (knjiga 4), Šida (knjiga 5), Vršca (knjiga 6), Subotice (knjiga 7), Sombora (knjiga 8) i Sente (knjiga 9)”, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2003.
- „Jedinstvena metodologija upravljanja infrastrukturnim projektima u ŽTP-u Beograd” (knjiga I) „Opšti uslovi ugovora o građenju” (knjiga II) „Opšti uslovi ugovora o isporuci i montaži opreme” (knjiga III), Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2003.
- „Razvoj železničkog koridora X prema zahtevima saobraćaja i transporta”, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2003.
- „Studija utvrđivanja potrebnog broja i osnovnih tehničkih performansi manevarskih lokomotiva”, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2003.
- „Reduction of Stopping Times at Railroad Border Crossing in Southeast Europe”, GTZ – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Beograd, 2002.
- „Studija izvodljivosti revitalizacije pruge Beograd – Niš, deonica Kusadak – Velika Plana“, Saobraćajni institut CIP i Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2001.
- „Studija izvodljivosti revitalizacije i modernizacije pruge Beograd – Subotica, deonica Čortanovci - Petrovaradin“, Saobraćajni institut CIP i Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2001.

- „*Studija izvodljivosti revitalizacije pruge Niš - Dimitrovgrad, deonica Dimitrovgrad – državna granica*“, Saobraćajni institut CIP i Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2001.
- „*Studija izvodljivosti revitalizacije pruge Beograd – Bar, deonica Vreoci - Valjevo*“, Saobraćajni institut CIP i Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2001.
- „*Utvrdjivanje potrebnog broja i optimalnih karakteristika budućih elektro i dizel motornih vozova za prigradsko-gradski saobraćaj na bazi globalne organizacije prigradsko-gradskog saobraćaja*“, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd 2001.
- „*Istraživanje stanja i tehničko-eksploatacionih karakteristika drumskih i železničkih graničnih prelaza na koridoru X*“ (“*Survey of border crossing procedures and operations at railway Corridor X*”), Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd, 2001.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Mr Predrag Jovanović je u svom dosadašnjem radu pokazao intresovanje i smisao za istraživački rad. Takođe, njegov dosadašnji stručni rad, kao i sfera istraživačke delatnosti, suštinski su povezani sa temom doktorske disertacije i kvalifikuju ga za uspešan rad na predloženoj temi. Na osnovu biografskih podataka, naučnih, istraživačkih i stručnih aktivnosti, odbranjene magistarske teze i referenci mr Predraga Jovanovića, Komisija smatra da je podoban za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

U železničkom saobraćaju postoji veliki broj problema u samom procesu upravljanja njegovim odvijanjem. Problemi koji nastaju pri regulisanju hoda vozova, posebno sa aspekta tačnosti i redovitosti dobijaju na značaju sa povećanjem obima saobraćaja. Iako se kvalitetnim dispečerskim upravljanjem hodom vozova, za čije potrebe je već razvijeno dosta modela, može uticati na stabilnost železničkog sistema, a samim tim i na kvalitet prevozne usluge, projektovanjem i izradom robusnog reda vožnje, koji će, do određenog nivoa, biti otporan na eventualne poremećaje, umanjuje se potreba naknadnog premeštanja trasa vozova, odnosno smanjuje uticaj dispečera na kvalitet usluge.

Iako je, i u naučnim okvirima, dosta pažnje posvećeno problemu stabilnosti i robusnosti reda vožnje, nekoliko ključnih elemenata se permanentno zanemaruju. Prvo, nikada nisu definisani parametri, čije bi vrednosti direktno i nedvosmisleno ocenile robusnost reda vožnje, tj. njegovu otpornost na poremećaje koji bi mogli nastati pri izvršenju saobraćaja. Definisanje ovih parametara omogućilo bi ocenu kvaliteta izrade reda vožnje i na nižim nivoima odlučivanja, već u ranoj fazi projektovanja. Drugo, iako je jasno da se robusnost i stabilnost reda vožnje mogu povećati samo implementacijom vremenskih rezervi u sam red vožnje, nikada nisu definisane vrednosti tih vremenskih rezervi, kao ni mesta u redu vožnje gde je njihova implementacija najpovoljnija.

Svako povećanje, kako samih vremena vožnje vozova, tako i tehnoloških intervala koji se pri saobraćaju vozova formiraju, dovodi do povećanja iskorišćenja kapaciteta. Kapacitet železničkih pruga nije beskonačan, i njegov visok nivo iskorišćenja predstavlja problem, koji je danas posebno izražen. Naime, povećanju kapaciteta se može pristupiti na dva osnovna načina, investiciono i organizaciono. Danas se većina razvijenih železnica okreće organizacionim metodama za povećanje kapaciteta. Sa povećanjem obima rada, tj. sa povećanjem broja trasa koje se unose u red vožnje, definisanje, kako optimalnih vrednosti, tako i prostorne alokacije vremenskih rezervi će postajati sve značajnije.

Robusnost reda vožnje je veličina koja se ne može egzaktno odrediti, jer predstavlja sposobnost reda vožnje da apsorbira eventualno nastale poremećaje u izvršenju ili sposobnost reda vožnje da

spreči prostiranje već nastalih poremećaja. U poslednje vreme, sa porastom aktuelnosti ovog problema, dolazi do značajnijeg istraživanja i razvoja novih modela za njegovo rešenje. Međutim, razvijeni modeli su pre svega teorijski, i ne uzimaju u obzir ograničenja i specifičnosti regulisanja i upravljanja realizacijom železničkog saobraćaja, kao ni kapacitet železničkih pruga.

Veličina vremenskih rezervi koja će biti ugrađena u tehnološke intervale ne može se globalno, unapred odrediti, posebno ne može biti definisana jedinstvena vrednost, jer se potrebna rezerva, kao i ograničenja, razlikuju od slučaja do slučaja. Takođe, tehničke karakteristike pruga, pre svih maksimalna dopuštena brzina saobraćaja vozova, definiše iskorišćenje kapaciteta, pa se i sa te strane formira ograničenje ukupne veličine vremenskih rezervi koja se može iskoristiti na pojedinim međustaničnim rastojanjima. Osim određivanja optimalne veličine vremenskih rezervi, kao i mesta njihove alokacije na mreži pruga, posebnu pažnju treba obratiti na međusobne interakcije između trasa vozova u redu vožnje, jer se implementacija vremenskih rezervi, tj. njihovo unošenje u red vožnje, mora obaviti u zavisnosti od vrste i kategorije vozova, perioda dana koji se posmatra, kao i od samog značaja voza.

Predmet istraživanja će biti pokušaj definisanja i utvrđivanja otpornosti reda vožnje na poremećaje koji bi mogli nastati pri izvršenju, u zavisnosti od parametara koji na to utiču, a čije će vrednosti i međusobne zavisnosti oceniti otpornost reda vožnje na poremećaje. Takođe, neophodno je izvršiti dimenzionisanje više parametara kako bi se postigla maksimalna robusnost reda vožnje, ali u skladu sa raspoloživim kapacitetom železničke infrastrukture.

Cilj istraživanja predstavlja razvoj modela čija bi primena u fazi planiranja i projektovanja reda vožnje omogućila nastanak kvalitetnog reda vožnje sa stanovišta stabilnosti. Model će biti testiran na odabranim delovima mreže pruga Železnica Srbije.

U nastavku je dat spisak osnovne literature koja će se koristiti pri izradi disertacije:

- [1] Abril, M., Barber, F., Ingolotti, L., Salido, M. A., Tormos, P., Lova, A. : *An Assessment of Railway Capacity*, - Transportation Research, Part E, Vol 44, No 5, 2007, pp. 774-806.
- [2] Albrecht, T., Van Luipen, J.: *What role can a driver information system play in railway conflicts?*, - Proceedings of the 11th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, Delft, Netherlands, 2006, pp. 251-256.
- [3] Assad, A. A.: *Models for rail transportation*, - Transportation Research, Part A, Vol 14, No 3, 1980, pp. 205-220.
- [4] Barnhart, C., Jin, H., Vance, P. H.: *Railroad blocking: A network design application*, - Operations Research, Vol 48, No 4, 2000, pp. 603-614.
- [5] Brannlund, U., Lindberg, P. O., Nou, A., Nilsson, J. E.: *Railway Timetabling Using Lagrangian Relaxation*, - Transportation Science, Vol 32, No 4, 1998, pp. 358-369.
- [6] Barter W.: *Forecasting robustness of timetables*, - Proceedings of the Conference Computers in Railways IX, Dresden, Germany, 2004, pp. 563-572.
- [7] Cappelli, A., Libardo A., Salerno G.: *Routes management in complex railway junctions : methodology and tools for optimizing operation and layout*, - Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research, Lisbon, Portugal, 2010, pp. 361-375.
- [8] Caimi, G., Burkolter, D., Herrmann, T.: *Finding Delay-Tolerant Train Routings through Stations*, - Proceedings of the Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR), Tilburg, Germany, 2004, pp. 136-143.
- [9] Caprara, A., Fischetti, M., Toth, P.: *Modeling and Solving the Train Timetabling Problem*, - Operations Research, Vol 50, No 5, 2002, pp. 851-861.
- [10] Caprara, A., Monaci, M., Toth, P., Guida, P. L.: *A Lagrangian heuristic algorithm for a real-world train timetabling problem*, - Discrete Applied Mathematics, Vol 154, No 5, 2006, pp. 738-753.

- [11] Carey, M.: *A Model and Strategy for Train Pathing with Choice of Lines, Platforms and Routes*, - Transportation Research, Part B, Vol 28, No 5, 1994, pp. 333–353.
- [12] Carey, M.: *Ex ante heuristic measures of schedule reliability*, - Transportation Research, Part B, Vol 33, No 7, 1999, pp. 473–494.
- [13] Carey, M., Carville, S.: *Scheduling and platforming trains at busy complex stations*, - Transportation Research, Part A, Vol 37, No 3, 2003, pp. 194–224.
- [14] Carey, M., Crawford, I.: *Scheduling trains on a network of busy complex stations*, - Transportation Research, Part B, Vol 41, No 2, 2007, pp. 159–178.
- [15] Carey, M., Kwiecinski, A.: *Stochastic approximation to the effects of headways on knock-on delays of trains*, - Transportation Research, Part B, Vol 28, No 4, 1994, pp. 251–267.
- [16] Carey, M., Kwiecinski, A.: *Properties of expected costs and performance measures in stochastic models of scheduled transport*, - European Journal of Operational Research, Vol 83, No 1, 1995, pp. 182–199.
- [17] Carey, M., Lockwood, D.: *A Model, Algorithms and Strategy for Train Pathing*, - Journal of the Operational Research Society, Vol 46, No 8, 1995, pp. 988–1005.
- [18] Caimi, G., Burkolter D., Herrmann T.: *Finding Delay-Tolerant Train Routings through Stations*, - Operations Research Proceedings, Series volume 2004, 2005, pp. 136-143, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-24274-1
- [19] Cicerone, S., D'Angelo G., Stefano G., Frigioni D., Navarra A.: *Recoverable robust timetabling for single delay: Complexity and polynomial algorithms for special cases*, - Journal of Combinatorial Optimization, Vol 18, No 3, 2009, pp. 229-257.
- [20] Cordeau, J. F., Toth, P., Vigo, D.: *A Survey of Optimization Models for Train Routing and Scheduling*, - Transportation Science, Vol 32, No 4, 1998, pp. 380–404.
- [21] Czerny, A. I., Mitusch K., Tanner A.: *Allocation of Congested Rail Network Capacity: Priority Rules versus Scarcity Premiums*, - Proceedings of European Transport Conference, Leiden, Netherlands, 2009, pp. 189-226.
- [22] Čičak, M., Mandić, D.: *Neravnomernosti i njihov uticaj na utvrđivanje kapaciteta železnice*, - Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 1990, ISBN 86-80897-30-2.
- [23] Čičak, M., Vesković, S., Mladenović, S.: *Modeli za utvrđivanje kapaciteta železnice*, - ŽELNID i Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2002, ISBN 86-7395-117-8.
- [24] Daamen, W., Goverde, R. M. P., Hansen, I. A.: *Non-Discriminatory Automatic and Distinct Registration of Primary and Secondary Train Delays*, - Proceedings of the 2nd International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis. Hannover, Germany, 2007, pp. 1-12.
- [25] D'Ariano, A., Pacciarelli, D., Pranzo, M.: *Assessment of flexible timetables in real-time traffic management of a railway bottleneck*, - Transportation Research, Part C, Vol 16, No 2, 2008, pp. 232–245.
- [26] Delorme, X., Rodriguez, J., Gandibleux, X.: *Heuristics for railway infrastructure saturation*, - Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol. 50, No 1, 2001, pp. 39–53.
- [27] Delorme, X., Gandibleux, X., Rodriguez, J.: *Stability evaluation of a railway timetable at station level*, - European Journal of Operational Research, Vol 195, No 3, 2009, pp. 780-790.
- [28] D'icembre, A., Ricci S.: *Railway traffic on high density urban corridors: Capacity, signalling and timetable*, - Journal of Rail Transport Planning & Management, Vol 1, No 2, 2011, pp. 59-68.
- [29] D'icembre, A.: *Multi-method analysis for the assessment of railway operation on the western part of Rome's railway node*, - Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research, Lisbon, Portugal, 2010, pp. 1-25.
- [30] Douglas, N. J., Karpouzis G.: *Valuing Rail Service Attributes through Rating Surveys*, - Proceedings of Australasian Transport Research Forum, Auckland, Australia, 2008, pp. 36-51.

- [31] Emery, D.: *Increasing the capacity of a single-track line* *Increasing the capacity of a single-track line*, - Proceedings of 10th Swiss Transport Research Conference. Monte Verita/Ascona, Switzerland, 2010, pp. 32-47.
- [32] Gibson, S.: *Allocation of capacity in the rail industry*, - Utilities Policy Vol 11, No 1, 2003, pp. 39-42.
- [33] Gibson, S., Cooper G., Ball B.: *The Evolution of Capacity Charges on the UK Rail Network*, - Journal of Transport Economics and Policy, Vol 36, No 2, 2002, pp. 341-354.
- [34] Goverde, R. M. P.: *Improving punctuality and transfer reliability by railway timetable optimization*, - Proceedings of the 5th TRAIL Congress, Delft, Nederland, 1999, pp. 1-33.
- [35] Goverde, R. M. P.: *Punctuality of Railway Operations and Timetable Stability Analysis*, - PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, Nederland, 2005.
- [36] Goverde, R. M. P.: *Railway timetable stability analysis using max-plus system theory*, - Transportation Research, Part B, Vol 41, No 2, 2005, pp. 179-201.
- [37] Goverde, R. M. P., Bovy, P. H. L., Olsder, G. J.: *The Max-plus algebra approach to transportation problems*, - Proceedings of the 8th World Conference on Transport Research, Antwerp, Belgium, 1998, Vol. 3, pp. 377-390.
- [38] Goverde, R. M. P., Odijk, M. A.: *Performance evaluation of network timetables using PETER*, - Proceedings of the Conference Computers in Railways VIII, Delft, Nederland, 2002, pp. 731-740.
- [39] Gray, J.: *Rail simulation and the analysis of capacity metrics*, - Proceedings of Australasian Transport Research Forum, Brisbane, Australia, 2013, pp. 1-15.
- [40] Hansen, I. A., Pachl J.: *Railway timetable and traffic*, - EURailPress, Hamburg, Germany, 2008.
- [41] Hansen, I. A.: *Increase of capacity through optimized timetabling*, - Proceedings of the Conference Computers in Railways IX, Dresden, Germany, 2004, pp. 529-538.
- [42] Hansen, I. A.: *Railway Network Timetabling and Dynamic Traffic Management*, - International Journal of Civil Engineering, Vol 8, No 1, 2010, pp. 19-32.
- [43] Herrmann T. M.: *Stability of Timetables and Train Routings through Station Regions*, - PhD thesis, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, Switzerland, 2006.
- [44] Higgins, A., Kozan, E.: *Modelling Train Delays in Urban Networks*, - Transportation Science Vol 32, No 4, 1998, pp. 346-356.
- [45] Higgins, A.: *Optimisation of Train Schedules to Minimise Transit Time and Maximise Reliability*, - PhD thesis, Queensland University of Technology, Australia, 1997.
- [46] Higgins, A., Kozan, E.: *Heuristic techniques for single line train scheduling*, - Journal of Heuristics, Vol 3, No 1, 1997, pp. 43-62.
- [47] Higgins, A., Kozan, E., & Ferreira, L.: *Optimal scheduling of trains on a single line track*, - Transportation Research, Part B, Vol 30, No 2, 1996, pp. 147-161.
- [48] Huisman, T., Boucherie, R. J.: *Running times on railway sections with heterogeneous train traffic*, - Transportation Research, Part B, Vol 35, No 3, 2001, pp. 271-292.
- [49] Jovanovic, D., Harker, P. T.: *A Decision Support System for Train Dispatching: An Optimization-Based Methodology*, - Journal of the Transportation Research Forum, Vol 31, No 1, 1990, pp. 25-37.
- [50] Jovanovic, D., Harker, P. T.: *Tactical Scheduling of Train Operations: The SCAN I System*, - Transportation Science, Vol 25, No 1, 1991, pp. 46-64.
- [51] Kecman, P., Corman F., D'Ariano A., Goverde R. M. P.: *Rescheduling models for railway traffic management in large-scale networks*, - Public Transport, Vol 5, No 1, 2013, pp. 95-123.
- [52] Kozan, E., Burdett, R.: *A Railway Capacity Determination Model and Rail Access Charging Methodologies*, - Transportation Planning and Technology, Vol 28, No 1, 2005, pp. 27-45.
- [53] Kraft, E.: *A Branch and Bound Procedure for Optimal Train Dispatching*, - Journal of the Transportation Research Forum, Vol 28, No 3, 1987, pp. 263-276.

- [54] Kroon, L. G., Romeijn, H., Zwaneweld, P. J.: *Routing trains through railway networks: complexity issues*, - European Journal of Operational Research, Vol 98, No 3, 1997, pp. 485–498.
- [55] Landex, A.: *Reliability of Railway Operation*, - Proceedings of the Annual Transport Conference of Aalborg University, 2012, pp. 1-16.
- [56] Landex, A.: *Capacity at Railway Stations*, - Proceedings of 9th World Congress on Railway Research, Lille, France, 2011, pp. 1-9.
- [57] Landex, A.: *Methods to estimate railway capacity and passenger delays*, - PhD thesis, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark, 2008.
- [58] Landex, A.: *Capacity Statement for Railways*, - Proceedings of Annual Transport Conference at Aalborg University, Aalborg, Denmark, 2007, pp. 1-19.
- [59] Landex, A., Kaas, A. H.: *Railway Operation*, - Technical Report of Technical University of Denmark, REPORT 2006-4, ISBN 87-91137-21-7, Kongens Lyngby, Denmark, 2006.
- [60] Lindner, T.: *Applicability of the analytical UIC Code 406 compression method for evaluating line and station capacity*, - Journal of Rail Transport Planning & Management, Vol 1, No 1, 2011, pp. 49-57.
- [61] Lindner, T.: *Train Schedule Optimization in Public Rail Transport*, - PhD thesis, Technische Universität Braunschweig, Germany, 2000.
- [62] Medeossi, G., Longo G., de Fabris S.: *A method for using stochastic blocking times to improve timetable planning*, - Journal of Rail Transport Planning & Management, Vol 1, No 1, 2011, pp. 1-13.
- [63] Nathanail, E.: *Measuring the quality of service for passengers on the hellenic railways*, - Transportation Research, Part A, Vol 42, No 1, 2008, pp. 48-66.
- [64] Nie L., Hansen I. A.: *System analysis of train operations and track occupancy at railway stations*, - European Journal of Transport and Infrastructure Research, Vol 5, No 1, 2005, pp. 31-54.
- [65] Pacht J.: *Railway Operation and Control*, - VTD Rail Publishing, Mountlake Terrace WA, USA, 2002, ISBN 0-9719915-1-0
- [66] Sahin, I.: *Railway traffic control and train scheduling based on inter-train conflict management*, - Transportation Research, Part B, Vol 33, No 7, 1999, pp. 511–534.
- [67] Schöbel, A., Kratz A.: *A bicriteria approach for robust timetabling*, - Robust and Online Large-Scale Optimization, Series volume 5868, 2009 , pp. 119-144, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-05465-5
- [68] Schwanhäuser, W.: *The Status of German Railway Operations Management in Research and Practice*, - Transportation Research, Part A, Vol 28, No 6, 1994, pp. 495-500.
- [69] Takeuchi Y., Tomii N., Hirai C.: *Evaluation Method of Robustness for Train Schedules*, - Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports, Vol 48, No 4, 2007, pp. 197-201.
- [70] Tornquist, J.: *Computer-based decision support for railway traffic scheduling and dispatching: A review of models and algorithms*, - Proceedings of the 5th Workshop on Algorithmic Methods and Models for Optimization of Railways, Dagstuhl, Germany, 2006,
- [71] UIC – Union Internationale des Chemins de Fer: *Capacity*, - 1st Edition of Leaflet 406, Paris, France, 2004.
- [72] UIC – Union Internationale des Chemins de Fer: *Capacity*, - 2nd Edition and Complete Overhaul of Leaflet 406, Paris, France, 2013.
- [73] UIC – Union Internationale des Chemins de Fer: *Influence of ETCS on line capacity*, - Generic study, Paris, France, 2008, ISBN 2-7461-1455-0
- [74] UIC – Union Internationale des Chemins de Fer: *Influence of European Train Control System ETCS on the capacity of nodes*, - Generic study, Paris, France, 2010, ISBN 2-7461-1801-0
- [75] Wardman, M., Shires, J., Lythgoe, W., Tyler, J.: *Consumer benefits and demand impact of regular train timetables*, - International Journal of Transport Management, Vol 2, No 1, 2004, pp. 39-49.

- [76] Wendler, E.: *The scheduled waiting time on railway lines*, - Transportation Research, Part B, Vol 41, No 2, 2007, pp. 148–158.
- [77] Yuan, J., Hansen I.: *Closed Form Expressions of Optimal Buffer Times between Scheduled Trains at Railway Bottlenecks*, - Proceedings of 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Beijing, China, 2008, pp. 675-680.
- [78] Yuan, J.: *Stochastic Modelling of Train Delays and Delay Propagation in Stations*, - PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, Nederland, 2006.

3. Polazne hipoteze

Pri izradi disertacije polazi se od sledećih hipoteza:

- Robusnost predstavlja jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta reda vožnje.
- Robusnost reda vožnje zavisi od veličine vremenskih rezervi, kao i od njihovog mesta u redu vožnje. Osim ovih, neophodno je definisati parametre, takve da njihovo jednoznačno određivanje može omogućiti poređenje više redova vožnji po robusnosti.
- Implementirane vremenske rezerve povećavaju neproaktivno iskorišćenje železničke infrastrukture, tj. smanjuju kapacitet i propusnu moć pruga. Imajući u vidu njihov uticaj na robusnost reda vožnje, neophodno je utvrditi optimalne vrednosti tih rezervi.
- Različite trase vozova, tj. različiti vozovi imaju različitu osetljivost na kašnjenje, što na različite načine uslovljava implementaciju vremenskih rezervi.

4. Naučne metode istraživanja

Pri izradi doktorske disertacije, pored opštih metoda istraživanja, koristiće se metode statističke analize i metode diskretne optimizacije.

U slučaju da karakter modela, kao i parametara i ograničenja, to zahtevaju, za poređenje redova vožnje biće iskorišćena neka od metoda višekriterijumskog odlučivanja. Takođe, računarska simulacija može biti iskorišćena za određivanje ulaznih vrednosti parametara, neophodnih za testiranje modela.

5. Očekivani naučni doprinos

Naučni doprinos predstavljace formiranje originalnog modela, kojim će biti moguće, po prvi put, utvrditi vrednost i lokaciju vremenskih rezervi pri izradi reda vožnje železnice. Ovim će se omogućiti poboljšanje kvaliteta reda vožnje već u fazi planiranja i projektovanja. Na taj način, upravljač železničkom infrastrukturom će imati mogućnost da najkvalitetnije odgovori postavljenim zahtevima i novim načinom projektovanja obezbedi kvalitetnije funkcionisanje železničkog sistema u celini.

Sledeći doprinos će predstavljati originalni način proučavanja i modeliranja parametara koji do sada nisu eksplicitno određivani, kao i jedinstven način objedinjenog posmatranja zahteva za određenim nivoom kvaliteta, koji dolaze iz, ali i van železničkog sistema i ograničenja koja direktno proističu iz tehnologije železničkog saobraćaja.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Planirano istraživanje će biti realizovano u skladu sa navedenim okvirnim sadržajem disertacije, u pet faza:

- U prvoj fazi, osim što će biti dat pregled literature, biće izvršena analiza osnovnih pravaca istraživanja, kao i eventualna podela problema na segmente, jednostavnije za analizu i proučavanje.
- U drugoj fazi izvršiće se analiza parametara koji definišu iskorišćenje kapaciteta železničke infrastrukture, kao i definisanje optimalnog nivoa iskorišćenja kapaciteta. Kako kašnjenja vozova direktno utiču na nivo iskorišćenja kapaciteta, posebno će biti analizirane metode za utvrđivanje pretpostavljenog kašnjenja vozova.
- U trećoj fazi definisaće se otpornost reda vožnje na poremećaje koji mogu nastati pri izvršenju, kao i metod za dimenzionisanje i alokaciju vremenskih rezervi, koji otpornost reda vožnje povećavaju.
- U četvrtoj fazi biće postavljen model koji objedinjuje predložena rešenja i omogućuje njihovu primenu u stvarnim uslovima. Testiranje modela će biti izvršeno na odabranim prugama Železnica Srbije.
- U poslednjoj fazi biće izvršena analiza kvaliteta postavljenog modela i verifikacija dobijenih rezultata. Takođe, daće se predlog eventualnih poboljšanja i daljih pravaca istraživanja problema.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu uvida u prijavu doktorske disertacije, Komisija smatra da je predložena tema disertacije naučno zasnovana, relevantna i aktuelna u oblasti organizacije železničkog saobraćaja, preciznije u oblasti izrade reda vožnje.

Mr Predrag Jovanović je diplomirao i magistrirao na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu, i u toku rada na fakultetu je objavljivao radove i učestvovao u naučno-istraživačkim i stručnim projektima iz oblasti kojoj pripada i prijavljena tema. Komisija smatra da mr Predrag Jovanović ispunjava sve uslove za prijavu teme doktorske disertacije, kao i da je kompetentan da realizuje predviđene ciljeve istraživanja.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati predloženu temu doktorske disertacije mr Predraga Jovanovića, pod nazivom „MODELIRANJE PARAMETARA ROBUSTNOSTI REDA VOŽNJE ŽELEZNICE“ i da je prosledi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na dalji postupak. Predložena tema doktorske disertacije pripada užoj naučnoj oblasti „Organizacija i tehnologija železničkog saobraćaja“, za koju je matičan Saobraćajni fakultet u Beogradu. Za mentora se predlaže dr Nebojša Bojović, dipl. inž. saob., redovni profesor Saobraćajnog fakulteta u Beogradu.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
Prof. dr Nebojša Bojović,
Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu

.....
Prof. dr Dragomir Mandić,
Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu

.....
Prof. dr Dušan Stamenković,
Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu