

Предмет: Подобност теме и кандидата Душана Јеремића, дипл. инж. за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Саобраћајног факултета (бр. 890/3 од 28.09.2016) одржаног 27.09.2016. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Душана Јеремића, дипл. инж. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „СИМУЛАЦИОНО МОДЕЛИРАЊЕ УКРСНИЦА“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Душан Јеремић рођен је 29.06.1982. године у Ужицу где је завршио основну школу и гимназију. Саобраћајни факултет Универзитета у Београду је уписао 2001. године и дипломирао 2010. године са просечном оценом 8,03. У току студија је провео два и по месеца на пракси у Шведској у компанији Banverket задуженој за управљање железничком инфраструктуром где је објавио рад на тему: „Саобраћај кроз одвојну станицу на магистралној прузи – испитивање станице Mjölby“ објављен на web страници Banverket- а. Дипломски рад са темом „Утврђивање конфликтних тачака и параметара рада станице Mjölby симулационим моделом Петри мрежа“ одбранио је код проф. др Милана Марковића са оценом 10. Докторске студије је уписао 2012. године на Саобраћајном факултету универзитета у Београду, студијски програм Саобраћај. У току 2013. године је обавио приправнички стаж на Железницама Србије у секцији за инфраструктуру чвора Београд и стекао право на самостално обављање послова дипломираног саобраћајног инжењера железничког смера. Тренутно је запослен на Високој железничкој школи струковних студија као асистент на предметима Експлоатација железница 1, 2 и 3, Транспортне и комерцијалне особине робе и Практична настава. Аутор и коаутор је 5 радова објављених на домаћим и међународним стручним скуповима (катеорија М33).

1.2. *Стечено научно-истраживачко искуство*

Кандидат је на докторским студијама положио следеће предмете:

Р.Б.	Предмет	Оцена	ЕСПБ	Датум
1.	Одабрана поглавља из Операционих истраживања: математичко програмирање, стохастички модели и њихова примена у саобраћају и транспорту	7	7	24.04.2013.
2.	Транспортна политика у оквиру стратегије одрживог развоја	9	7	28.10.2013.
3.	Специјална поглавља из технике управљања возила са електричном вучом	10	7	30.10.2013.
4.	Савремене физичке методе за контролу и детекцију загађења човекове околине за саобраћајне инжењере	10	7	08.07.2014.
5.	Менаџмент у саобраћају и комуникацијама	10	7	08.10.2014.
6.	Информационе технологије у саобраћају	10	7	22.12.2014.
7.	Физичке основе савремених технологија у саобраћајном инжењерству	10	7	19.03.2015.
8.	Управљање железничким саобраћајем и транспортом	10	7	30.10.2015.
9.	Планирање, саобраћајно пројектовање и одржавање инфраструктурних постројења на железници	10	7	13.07.2016.
10.	Симулационо моделирање	10	7	15.07.2016.
			Σ 70	

Кандидат је испунио и следеће обавезе:

Р.Б.	Обавеза	ЕСПБ	Датум
1.	Годишњи рад на семинару	4	13.11.2014
2.	Предлог истраживања у оквиру докторске дисертације	16	28.09.2016.
		Σ 20	

1.3. *Списак објављених радова*

Радови објављени на међународним конференцијама

1. Jeremić, D., Milinković, S., Ivić, M., Schöbel, A., Milosavljević, M., Aksentijević, J. (2016). Simulation of train traffic on a single track line with passing sidings using OpenTrack, International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE, Belgrade. Proceedings, ISBN 978-86-916153-3-8, pp. 401-409

2. Kasalica S., Jeremić, D., Tanasković, J., Tričković, G. (2016). Assessing the Effectiveness of technical measure on serbina railway crossing, XVII internacionalna naučno-stručna konferencija o železnici Railcon 2016, Niš. Proceedings, ISBN 978-86-6055-086-8, pp. 233-236
3. Jeremić, D., Milosavljević, M., Milinković, M., Vesković, S., Bundalo, Z. (2016). Simulation of a railway mainline junction using High level Petri nets. Proceedings of 6th International Conference on Information Society and Technology ICIST 2016. Kopaonik. Proceedings, ISBN 978-86-85525-18-6, pp. 235-241
4. Kasalica S., Jeremić, D., Bursać, M., Tričković, G. (2014). Assessing accident severity risk at railway crossings in Serbia by using a multinomial logit model, XVI internacionalna naučno-stručna konferencija o železnici Railcon. Proceedings, ISBN 978-86-6055-060-8, pp. 73-76
5. Kasalica S., Jeremić, D., Bursać, M., Tričković, G. (2014). A comparision of driver behavior at railway crossing with passive and active protection systems, XVI internacionalna naučno-stručna konferenciju o železnici Railcon. Proceedings, ISBN 978-86-6055-060-8, pp. 97-100

1.4. Оцена подобности теме и кандидата

На основу наведених података о кандидату, списка положених испита и одрађених обавеза кандидат је сакупио 90 ЕСПБ бодова. Према наставном плану и програму докторских академских студија Саобраћајног факултета (члан 4. Правилника докторских академских студија Саобраћајног факултета – Студијски програм Саобраћај), кандидат Душан Јеремић, дипл. инж. је испунио све обавезе у циљу израде докторске дисертације. Комисија је мишљења, заснованог на напред изнетим чињеницама о досадашњем раду и резултатима, да кандидат Душан Јеремић испуњава све услове подобности за рад на предложеној теми.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Предмет истраживања у овој докторској дисертацији је симулационо моделирање укрсница, поређење њихових варијантних решења, као и проналажење оптималног решења укрснице и његов утицај на одвијање саобраћаја при различитим експлоатационим условима. Анализа укрсница је област која није у великој мери заступљена у домаћој и страној литератури. Укрснице чине значајан проценат службених места на једноколосечним пругама. Од варијантног решења укрснице умногоме зависе експлоатационе карактеристике једноколосечних пруга.

Укрснице су службена места чија је првенствена улога регулисање саобраћаја супротних и узастопних возова на једноколосечним пругама. У којој мери ће укрсница регулисати саобраћај узастопних или супротних возова зависи углавном од опремљености међустаничних растојања сигнално – сигурносним уређајима, максималне брзине возова односно разлике у брзинама возова различитих категорија и броја и врсте возова на прузи. Осим регулисања саобраћаја, у њима се може вршити и ограничен улаз и излаз путника и утовар и истовар ствари. Иако рад укрсница на пријему и отпреми путника није занемарљив, њихов највећи значај се огледа у повећању пропусне моћи односно бољем искоришћењу капацитета једноколосечних пруга. Пошто се по правилу укрснице изграђују на најдужем, односно најнеповољнијем међустаничном растојању, то се повећање пропусне моћи огледа у скраћивању тог ограничавајућег међустаничног одстојања односно одговарајућег периода графикана за то одстојање. Значај укрсница се огледа у утицају на пропусну и превозну моћ пруге, на комерцијалну брзину, времена путовања и на трошкове експлоатације.

Осим локације на прузи, за улогу и рад укрсница значајна је и њихова колосечна ситуација односно могућност вршења паралелних операција у њима. С обзиром на њихову величину и улогу на мрежи, најзначајније паралелне операције у укрсницама су једновремени улазак и излазак возова. Могућност вршења паралелних операција директно утиче на задржавања и успоравања возова на улазним сигнаlima, као и у самим укрсницама што се затим преноси и на потрошњу енергије и време путовања на међустаничним растојањима. Могућност вршења једновременог уласка односно уласка и изласка возова се може постићи на више начина: продужењем колосека у укрсници, уградњом нових колосечних веза, уградњом слепих колосека, уградњом и распоређивањем сигнала или комбинацијом ових мера. При томе је основни циљ омогућити реализацију више путева вожње који се не секу, не додирују и не поклапају. У зависности од примењених решења за паралелност операција и добијамо одговарајуће варијантно решење укрснице.

Проналазак оптималног варијантног решења у зависности од улазних параметара као што су обим саобраћаја, ред вожње возова, брзине и карактер саобраћаја се не може свеобухватно извршити аналитичким и графичким методама, па је стога предмет истраживања овог рада развијање и анализа симулационог модела укрсница применом Петри мрежа. Симулациони модели Петри мрежа могу добро да опишу функционисање и сложене зависности које се дешавају како у самим укрсницама, тако и на припадајућим једноколосечним деоницама. Њихова највећа предност је флексибилност у моделирању и могућности моделирања специфичних комплексних система и ситуација што код комерцијалних софтвера за симулацију није увек случај. Истовремено се симулациони модели различитих варијантних решења укрсница могу међусобно упоредити као и њихов утицај на експлоатационе показатеље рада укрсница. Верификација и валидација ових модела као и резултата добијених њиховом применом се може извршити комерцијалним софтверима за симулацију као што су RailSys и OpenTrack.

2.2. Циљ истраживања

Циљ овог истраживања је анализа самих укрсница и њихове улоге у одвијању саобраћаја на једноколосечним пругама и поређење могућих варијантних решења. У циљу анализе и поређења варијантних решења развиће се модели укрсница применом Петри мрежа при чему ће модели бити креирани за сва одабрана варијантна решења. Резултати ових модела ће се анализирати и поредити применом вишекритеријумске анализе при чему је циљ проналажење оптималног решења укрснице.

2.3. Осврт на релевантне библиографске податке

Истраживања која се тичу укрсница и уопште саобраћаја на једноколосечним пругама се могу поделити у две велике групе. Прву групу чине истраживања која се баве редом вожње, а другу групу истраживања која се баве инфраструктуром (Lindfeldt, 2010). То у суштини представља упрошћавање пошто су ред вожње и инфраструктурни капацитети веома уско повезани па истраживања која се баве редом вожње често апроксимирају неке аспекте инфраструктуре и обратно.

Инфраструктурна истраживања везана за једноколосечне пруге и укрснице на њима се генерално могу поделити на она везана за пруге у Северној Америци и она везана за пруге у Европи. Главна разлика је у могућности вршења паралелних операција односно једновременог уласка возова у укрснице. На пругама у Северној Америци не постоји пут претрчавања па самим тим у већини случајева постоји могућност једновременог уласка два воза у укрсницу, што у Европи није случај. Из тог разлога инфраструктурна истраживања пруга у Северној Америци се не баве у великој мери варијантним решењима укрсница и паралелношћу операција у њима већ њиховим распоређивањем на пруги и потребним дужинама колосека.

Истраживања везана за укрснице на пругама у Северној Америци су бројнија него истраживања у Европи због чињенице да проценат једноколосечних пруга у САД чини око 63% укупне дужине пруга (Sogin et al., 2013). На пругама у Северној Америци фокус истраживања је на оптималним дужинама укрсница како би се укрштавања изводила без заустављања. То је и разумљиво због чињенице да су возови на тим пругама и до десет пута тежи него возови у Европи па је самим тим утрошак енергије за њихово покретање и заустављање знатно већи. Потребна дужина укрсница зависи од низа фактора где су најчешће узимани у разматрање карактер саобраћаја, брзине возова кроз укрсницу у правац и скретање као и жељена робусност реда вожње (Petersen et al., 1986, Fransoo et al., 1995, Atanassov et al., 2015). Варијантна решења укрсница се ретко анализирају и најчешће се у обзир узимају варијанте укрсница са само једним колосеком поред главног пролазног мада постоје и изузеци. Једно од првих и чешће цитираних је (Frank, 1966) у коме се предвиђају две варијанте укрсница, T1 са само једним колосеком поред главног пролазног и T2 са два колосека поред главног пролазног. При томе је показано да варијанта T2 омогућава већи капацитет пруге при одговарајућим диспечерским одлукама.

У Европи се за омогућавање једновременог уласка возова у укрснице морају вршити одређене модификације. Те модификације представљају измене колосечне ситуације или сигнално – сигурносних уређаја односно распоређивање сигнала, а често и обоје. Овај проблем разрађен је у (Landex, 2009) где се упоређују варијанте укрснице са и без могућности једновременог уласка возова. Овде се наводи да како би се омогућио једновремени улазак возова у укрсницу мора да постоји одређено сигурносно растојање иза излазног сигнала. Ово растојање се може креирати изградњом слепог колосека иза излазног сигнала на који би водио пут претрчавања или померањем излазног сигнала од скретнице на којој се дешава конфликт при једновременом уласку два воза. Добитак у времену настао овим модификацијама зависи од положаја сигнала, врсте скретница и брзина возова.

У домаћој литератури укрсницама је највише пажње посвећено у књизи (Janjić, 1983) где је детаљно обрађен значај укрсница, положај на мрежи, врсте и постројења. Овде је осим класичних укрсница у примени на нашим пругама обрађена и тема укрсница за укрштавање без заустављања.

Петри мреже као алат за моделирање се углавном користе у симулацији производних процеса и комуникационих технологија. Иако им није примарна употреба, примена Петри мрежа у симулацијама у железничком саобраћају се може наћи у литератури у последњих 20 година. Basten представља симулациони модел за анализу система осигурања и зависности путева вожње користећи обојене Петри мреже у софтверу ExSpect (Basten et al., 1995). Van der Aalst и Odijk (1995) су предложили интервалне временске обојене Петри мреже (ITCPN) за моделирање и анализу железничких станица, где је кашњење возова дефинисано горњом и доњом границом, односно интервалом. Fanta, Giua и Seatzu (2006) су користили модел обојених Петри мрежа (CPN) динамичког железничког система за одређивање загушења мреже. Daamen, Goverde и Hansen (2009) су развили CPN алат за идентификацију конфликта на прузи и процену секундарних кашњења. Milinković et al. (2012) су показали примену Петри мрежа на симулацију распутнице на двоколосечној прузи и креирали неуро-фази модел за процену кашњења возова. Jeremić et al. (2016) су показали примену Петри мрежа на симулацију комплексне одвојне станице на магистралној прузи.

2.4. Списак релевантних библиографских података

У наставку је дат преглед релевантних библиографских података

1. Jeremić, D., Milinković, S., Ivić, M., Schöbel, A., Milosavljević, M., Aksentijević, J. (2016). Simulation of train traffic on a single track line with passing sidings using OpenTrack, International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE, Belgrade. Proceedings, ISBN 978-86-916153-3-8, pp. 401-409
2. Burdet, RL. (2016). Optimisation models for expanding a railway's theoretical capacity. European Journal of Operational Research, Volume 251, Issue 3, Pages 783-797
3. Jeremić, D., Milosavljević, M., Milinković, M., Vesković, S., Bundalo, Z. (2016). Simulation of a railway mainline junction using High level Petri nets. Proceedings of

- 6th International Conference on Information Society and Technology ICIST 2016. Kopaonik. Proceedings, ISBN 978-86-85525-18-6, pp. 235-241
4. Potehkin, A. I., Branishtov, S. A., Kuznetsov, S. K. (2016). Discrete-Event Models of a Railway Network. *Automation and Remote Control*, Vol. 77, No. 2, pp. 344–355.
 5. Atanasov, I., Dick, C. T. (2015). Influence of Siding Connection Length, Position, and Order on the Incremental Capacity of Transitioning from Single to Double Track. *TRB 94th Annual Meeting*, Washington, DC, USA.
 6. Atanasov, I., Dick, C. T. (2015). Delay and Required Infrastructure Investment to Operate Long Freight Trains on Single-Track Railways with Short Sidings, Proceedings of IHHA 2015 Conference, Perth, Australia
 7. Castillo, E., Gallego, I., Cambonero, S. S., Menendez, J. M., Rivas, A., Grande, Z. (2015). An Alternate Double-Single Track Proposal for High-Speed Peripheral Railway Lines. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 30, 181-201.
 8. Haramina, H., Nikšić, M., Radonjić, D. (2015). Computer Modelling and Simulation of Railway Operations on the Line Varaždin – Dalj. Proceedings of 12th International Conference "Modern Electrified Transport" MET' 2015 Trogir
 9. Pouryousef, H., Lautala, P., White, T. (2015). Railroad capacity tools and methodologies in the U.S. and Europe. *Journal of Modern Transportation*. Volume 23, Issue 1, pp 30–42
 10. Khan, S. A., Zafar, N. A., Ahmad, F., Islam, S., (2014). Extending Petri net to reduce control strategies of railway interlocking system. *Applied Mathematical Modelling* 38, 413-424.
 11. Li, F., Shey, J.-B., Gao, Z.-Y. (2014). Deadlock analysis, prevention and train optimal mechanism in single-track railway system. *Transportation Research Part B*, 68, 385-414.
 12. Shih, M.-C., Dick, C. T., Sogin, S., Barkan, C., (2014). Comparison of Capacity Expansion Strategies for Single-Track Railway Lines with Sparse Sidings. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2448, 53-61.
 13. Shih, M.-C., Lai, Y.-C, Dick, C. T., Wu, M.-H. (2014). Optimization of Siding Location for Single-Track Lines. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2448, 71-79.
 14. Dündar, S., Şahin, İ. (2013). Train re-scheduling with genetic algorithms and artificial neural networks for single-track railways. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 27, 1-15.
 15. Milinković, S., Marković, M., Vesković, S., Ivić, M., Pavlović, N. (2013). A fuzzy Petri net model to estimate train delays. *Simulation Modelling Practice and Theory*.
 16. Sogin, S., Lai, Y.-C., Dick, C. T., Barkan, C., (2013). Analyzing the Progression from Single to Double Track Networks, Proceedings of the 2013 Joint Rail Conference, Knoxville, Tennessee, USA
 17. Milinković, S., Ivić, M., Vesković, S., Marković, M., Pavlović, N. (2012). Simulation Analysis of the Railway Junction Track Layout. *EURO-ŽEL 2012*, 05 - 06.06.2012. Žilina, Slovak Republic.

18. Milinković, S., Vesković, S., Marković, M. (2012). Application of Soft Computing Techniques in Modeling Train Delays. *TRB 91th Annual Meeting*, Washington, DC, USA
19. Teodorović, D., Šelmić, M. (2012). *Računarska inteligencija u saobraćaju*, Beograd,, Saobraćajni fakultet.
20. Lindfelt, O. (2010). Railway operation analysis. Evaluation of quality, infrastructure and timetable on single and double-track lines with analytical models and simulation. PhD Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm.
21. Milinković, S., Vesković, S., Marković, M., Ivić, M., Pavlović, N. (2010). Simulation model of a railway junction based on Petri Nets and fuzzy logic. *Selected Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research Society*, 11-15 July Lisbon, Portugal.
22. Vanit-Anunchai, S. (2010). Modelling Railway Interlocking Tables Using Coloured Petri Nets Coordination Models and Languages. In: Clarke, D. & Agha, G. (eds.). Springer Berlin / Heidelberg.
23. Harrod, S. (2009). Capacity factors of a mixed speed railway network. *Transportation Research Part E*, 45, 830-841.
24. Landex, A. (2009). Evaluation of Railway Networks with Single Track Operation Using the UIC 406 Capacity Method Networks and Spatial Economics 9: 7. doi:10.1007/s11067-008-9090-7
25. Pachl, J. (2009). *Railway operation and control*, VTD Rail Pub.
26. Preston, J., Wall, G., Batley, R., Ibáñez, J., Shires, J. (2009). Impact of Delays on Passenger Train Services. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2117, 14-23.
27. Hansen, I. A., Pachl, J. (2008). *Railway Timetable & Traffic: Analysis - Modelling - Simulation*, Eurailpress.
28. Landex, A. (2008). *Methods to estimate railway capacity and passenger delays*. PhD Thesis, Technical University of Denmark.
29. Ricci, S., Tieri, A. (2008). A Petri Nets Based Decision Support Tool for Railway Traffic Conflicts Forecasting and Resolution. *COMPRAIL'08*, 15-17. September Toledo, Spain.
30. Barber, F., Abril, M., Salido, M. A., Ingolotti, L., Tormos, P., Lova, A. (2007). Survey of automated Systems for Railway Management. *Technical Report DSIC-II/01/07*. Technical University of Valencia.
31. Harrod, S., (2007). *Railway Capacity Management and Planning*. PhD Thesis, University of Cincinnati.
32. Hruz, B., Zhou, M. (2007). Timed and High-level Petri Nets Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems. Springer London.
33. Kaakai, F., Hayat, S., El Moudni, A. (2007). A hybrid Petri nets-based simulation model for evaluating the design of railway transit stations. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 15, 935-969.
34. Landex, A., Kaas, A. H., Jacobsen, E. M., & Scheneider-Tilli, J. (2007). The UIC 406 capacity method used on single track sections. In 2nd International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis, Proceedings. Hannover: ISROR.

35. Mattsson, L.-G. (2007). Railway Capacity and Train Delay Relationships In: Murray, A. T. & Grubescic, T. H. (eds.) *Critical Infrastructure*. Springer Berlin Heidelberg.
36. Milinković, S. (2007). *Modeliranje saobraćajnih procesa u složenim sistemima sa rasputnicom*. Magistarska teza, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
37. Wang, J. (2007). Petri Nets for Dynamic Event-Driven System Modeling. *Handbook of Dynamic System Modeling*. Chapman and Hall/CRC.
38. Yuan, J., Hansen, I. A. (2007). Optimizing capacity utilization of stations by estimating knock-on train delays. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41, 202-217.
39. Fanti, M. P., Giua, A., Seatzu, C. (2006). Monitor design for colored Petri nets: An application to deadlock prevention in railway networks. *Control Engineering Practice*, 14, 1231-1247.
40. Maroti, G. (2006). *Operations Research Models for Railway Rolling Stock Planning*. PhD Thesis, Technische Universiteit Eindhoven.
41. Anderson, J. A. (2005). *Diskretna matematika sa kombinatorikom*, CET, Beograd.
42. Burkolter, D. M. (2005). *Capacity of Railways in Station Areas using Petri Nets*. Doctor of Sciences Thesis, Institute Of Technology Zurich.
43. Čičak, M., Vesković, S. (2005). *Organizacija železničkog saobraćaja*, Saobraćajni fakultet, Beograd.
44. Palit, A., Popovic, D. (2005). *Computational Intelligence in Time Series Forecasting: Theory and Engineering Applications (Advances in Industrial Control)*, Springer.
45. Čičak, M. (2003). *Modeliranje u železničkom saobraćaju*, Saobraćajni fakultet, Beograd.
46. Kluge, O. (2003). Modelling a Railway Crossing with Message Sequence Charts and Petri Nets Petri Net Technology for Communication-Based Systems. In: Ehrig, H., Reisig, W., Rozenberg, G. & Weber, H. (eds.). Springer Berlin / Heidelberg.
47. Vernez, D., Buchs, D., Pierrehumbert, G. (2003) Perspectives in the use of coloured Petri nets for risk analysis and accident modelling. *Safety Science*, 41, 445-463.
48. Wendler, E., Naehrig, M. (2003). Statistische Auswertung von Verspätungsdaten *Eisenbahn-Ingenieur-Kalender*, 321-331.
49. Marković, M., Vesković, S., Mladenović, S. (2000). Prognoziranje nekih pokazatelja rada rasputnice metodom simulacije. *SIM-OP-IS 2000*, 10-13.10.2000 Beograd.
50. Aalst, W. M. P. v. d. (1999). *ExSpect – User Manual*, Deloitte&Touche Bakkeniste, <http://www.exspect.com/ex641usermanual.pdf>.
51. Radenković, B., Stanojević, M., Marković, A. (1999). *"Računarska simulacija"*, Fakultet organizacionih nauka i Saobraćajni fakultet, Beograd.
52. Gerogiannis, V. C., Kameas, A. D., Pintelas, P. E. (1998). Comparative study and categorization of high-level petri nets. *Journal of Systems and Software*, 43, 133-160.
53. Higgins, A., Kozan, E., Ferreira, L., (1996). Modelling the number and location of sidings on a single line railway. *Computers & Operations Research* vol. 24, 209-220.
54. Basten, T., Bol, R., Voorhoeve, M. (1995). Simulating and Analyzing Railway Interlockings in ExSpect. *IEEE Parallel Distrib. Technol.*, 3, 50-62.
55. Carey, M., Kwiecinski, A. (1995). Properties of expected costs and performance measures in stochastic models of scheduled transport. *European Journal of Operational Research*, 83, 182-199.

56. Fransoo, J. C., Bertrand, W. M. Van den Berg, J. H., (1995). An aggregate model for the evaluation of railroad passing constructions, Research Report TUE/BDK/LBS/95-01, University of Technology Eindhoven
57. van der Aalst, W. M. P., Odijk, M. A. (1995). Analysis of railway stations by means of interval timed coloured Petri nets. *Real-Time Systems*, 9, 241-263.
58. van Hee, K., Rambags, P., Verkoulen, P. (1993). Specification and simulation with ExSpect. In: Lauer, P. (ed.) *Functional Programming, Concurrency, Simulation and Automated Reasoning*. Springer Berlin / Heidelberg.
59. Jensen, K. (1991). Coloured petri nets: A high level language for system design and analysis. In: Rozenberg, G. (ed.) *Advances in Petri Nets 1990*. Springer Berlin / Heidelberg.
60. Murata, T. (1989). Petri nets: Properties, analysis and applications. *Proceedings of the IEEE*, 77, 541-580.
61. Petersen, E., Taylor, A. (1987). Design of Single-Track Rail Line for High-Speed Trains. Transportation Research Part A: General, Vol. 21, No. 1, pp. 47–57.
62. Janjić, S. (1983). *Železničke stanice 1*. Građevinski fakultet, Beograd
63. Frank, O., (1966). Two-way traffic on a single line of railway, Royal Institute of Technology, Stockholm
64. Kornakov, A. M. (1962). *Развязки железнодорожных линий в узлах*, Moskva.
65. Petri, C. A. (1962). *Kommunikation mit Automaten*. Bonn, Institut für Instrumentelle Mathematik.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Рад се заснива на следећим хипотезама:

1. Сложене зависности које постоје при одвијању саобраћаја у укрсницама не могу свеобухватно описати аналитичким и графичким методама.
2. Симулациони модели Петри мрежа могу добро да опишу функционисање и сложене зависности које се дешавају како у самим укрсницама, тако и на припадајућим једноколосечним деоницама.
3. Симулациони модели различитих варијантних решења укрсница могу међусобно упоредити анализом добијених резултата (табеларно и графички).
4. Верификација и валидација симулационих модела Петријевих мрежа може се лако извршити поређењем резултата са резултатима добијеним симулационим моделима израђеним у комерцијалним софтверима за симулацију железничког саобраћаја.
5. Резултати симулационог модела укрсница неопходни су као улазни подаци у модел за подршку одлучивању (методе вишекритеријумске анализе) приликом стратешког и тактичког планирања инвестиција и организације у железничком саобраћају.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру дијертације поред стандардних метода истраживања као што су индукција, дедукција, анализа, синтеза, компаративна анализа и аналогија, користиће се и методе статистичке методе као и операционих истраживања. За моделирање укрсница користиће се симулационо моделирање применом Петри мрежа. Моделирање ће се вршити помоћу актуелних софтверских пакета који подржавају хијерархијске и обојене Петри мреже односно Петри мреже високог нивоа. Резултати добијени овим симулационим моделима ће након анализе бити поређени применом модела вишекритеријумске анализе.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Очекивани научни допринос рада се огледа у детаљној анализи једног аспекта једноколосечних пруга који је у досадашњим истраживањима често занемарен или апроксимиран. Главни допринос чини креирање оригиналног симулационог модела укрснице применом Петри мрежа. Овај модел омогућава да се изврши детаљна анализа различитих варијантних решења укрсница при чему се може експериментисати са различитим улазним подацима као што су инфраструктурна решења, сигнално-сигурносни елементи на прузи, број и редови вожње возова, и други. За свако варијантно решење ће бити креиран посебан модел. Валидација и верификација добијених модела ће се вршити применом комерцијалног софтвера за симулацију OpenTrack. Резултати симулационог модела ће бити коришћени као улазни подаци у оригиналан модел вишекритеријумске анализе за избор варијанте решења укрснице. Критеријуми који ће се користити вишекритеријумској анализи су трошкови (инвестициони, експлоатациони и екстерни), задржавања возова, број непотребних заустављања и успоравања и други.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

Планирано истраживање у оквиру докторске дисертације биће изведено у више фаза које одговарају предмету, циљу, задацима и полазним хипотезама истраживања:

1. Преглед релевантне литературе везане за укрснице, њихову намену и карактеристике
2. Анализа постојећих варијантних решења укрсница и њихово поређење
3. Моделирање основних елемената железничке инфраструктуре
4. Симулациони модели различитих варијантних решења укрсница и њихово тестирање у различитим експлоатационим условима
5. Модел вишекритеријумске анализе варијантних решења укрснице
6. Верификација симулационих модела применом софтвера OpenTrack
7. Примена развијених симулационих модела на одабраној деоници пруге
8. Примена вишекритеријумске анализе на укрсницама одабране деонице пруге
9. Анализа и дискусија добијених резултата

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу увида у пријаву теме докторске дисертације, као и на основу успешно одбрањеног предлога истраживања у оквиру докторске дисертације Комисија закључује да је тема коју предлаже кандидат у научном и стручном смислу значајна и актуелна и да пружа могућности за постизање научног доприноса који је кандидат навео и образложио у пријави. Увидом у досадашњи научни и стручни рад као и у референце кандидата Комисија сматра да је Душан Јеремић, дипл. инж. подобан да обради предложену тему.

На основу свега изложеног Комисија има задовољство да Наставно-научном већу Саобраћајног факултета, Универзитета у Београду предложи да прихвати предложену тему, и кандидату Душану Јеремићу, дипл. инж. одобри израду докторске дисертације под називом: „СИМУЛАЦИОНО МОДЕЛИРАЊЕ УКРСНИЦА“. Тема припада ужој научној области „експлоатација железница“ за коју је Саобраћајни факултет матичан.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Сањин Милинковић, дипл. инж, доцент,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Проф. др Славко Весковић, дипл. инж., редовни професор,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Др Норберт Павловић, дипл. инж, доцент,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Др Иван Белошевић, дипл. инж., доцент,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Проф. др Гордан Стојић, дипл. инж., ванредни професор,
Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука

У Београду,
07.12.2016. године

НАУЧНО – НАСТАВНОМ ВЕЋУ
КОМИСИЈИ ЗА ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ

Наставно-научно веће Саобраћајног факултета на седници одржаној 27.09.2016. године донело је одлуку (бр. 890/3 од 28.09.2016.) о формирању комисије за одбрану предлога истраживања у оквиру докторске дисертације Душана Јеремића, дипл. инж. под радним називом „СИМУЛАЦИОНО МОДЕЛИРАЊЕ УКРСНИЦА“ у саставу:

1. Др Сањин Милинковић, дипл. инж, доцент, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет
2. Проф. др Славко Весковић, дипл. инж., редовни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет
3. Др Норберт Павловић, дипл. инж, доцент, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет
4. Др Иван Белошевић, дипл. инж., доцент, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет
5. Проф. др Гордан Стојић, дипл. инж., ванредни професор, Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука

Комисија Наставно-научном већу и Комисији за докторске студије Саобраћајног факултета подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

Сагласно Правилнику о докторским студијама: Студијског програма „Саобраћај“, члан 17, кандидат Душан Јеремић, дипл. инж. је успешно одбранио предлог истраживања у оквиру предложене докторске дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

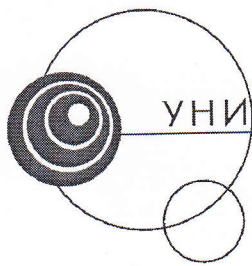
Др Сањин Милинковић, дипл. инж, доцент,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Проф. др Славко Весковић, дипл. инж., редовни професор,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Др Норберт Павловић, дипл. инж, доцент,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Др Иван Белошевић, дипл. инж., доцент,
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет

Проф. др Гордан Стојић, дипл. инж., ванредни професор,
Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - САОБРАЋАЈНИ ФАКУЛТЕТ

Телефон: 011 30 96 207; 011 39 76 017; факс: 011 30 96 704
Србија, 11000 Београд, Војводе Степе 305 www.sf.bg.ac.rs

Број документа 5/475

20.12.2016, Београд

У В Е Р Е Њ Е

Да је Душан (Милоје) Јеремић студент САОБРАЋАЈНОГ факултета на докторским академским студијама, уписан на трећу годину студија школске 2016/17, положио следеће предмете:

Рб.	Назив предмета	ЕСПБ	Сем.	Фонд часова	Оцена
1.	Одабрана поглавља из операциона истраживања:математичко програмирање и стохастички модели и њихова примена у саоб.	(7.00)	1	П(45) В(0)	7 (седам)
2.	Транспортна политика у оквиру стратегије одрживог развоја	(7.00)	2	П(45) В(0)	9 (девет)
3.	Специјалана поглавља из технике управљања возила са електричном вучом.	(7.00)	2	П(45) В(0)	10 (десет)
4.	Савремене физичке методе за контролу и детекцију загађења човекове околине за саобраћајне инжењере	(7.00)	1	П(45) В(0)	10 (десет)
5.	Менаџмент у саобраћају и комуникацијама	(7.00)	2	П(45) В(0)	10 (десет)
6.	Годишњи рад на семинару	(4.00)	2	П(0) В(0)	Испунио
7.	Информационе технологије у саобраћају	(7.00)	2	П(45) В(0)	10 (десет)
8.	Физичке основе савремених технологија у саобраћајном инжењерству	(7.00)	1	П(45) В(0)	10 (десет)
9.	Управљање железничким саобраћајем и транспортом	(7.00)	3	П(45) В(0)	10 (десет)
10.	Планирање,саобраћајно пројектовање и одржавање инфраструктурних постројења на железници	(7.00)	3	П(45) В(0)	10 (десет)
11.	Симулационо моделирање	(7.00)	1	П(45) В(0)	10 (десет)
12.	Предлог истраживања у оквиру докторске дисертације	(16.00)	4	П(0) В(0)	Испунио

Просечна оцена коју је студент остварио је 9.60 а збир ЕСПБ бодова 90.00.

Уверење се издаје на лични захтев.



Шеф студентске службе
Саобраћајног факултета

[Signature]