

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
САОБРАЋАЈНОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Ивана Белошевића, дипл. инж. саоб. за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Саобраћајног факултета (бр. 275/3, од 11.04.2013.) одржаног 10.04.2013. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Ивана Белошевића, дипл. инж. саоб. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „ОПТИМИЗАЦИЈА КОЛОСЕЧНИХ КАПАЦИТЕТА ЗА СИМУЛТАНО ФОРМИРАЊЕ ВИШЕГРУПНИХ ВОЗОВА У ТЕХНИЧКИМ ТЕРЕТНИМ СТАНИЦАМА“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Иван Белошевић је рођен 02.02.1984. године у Чачку где је завршио основну школу и гимназију са одличним успехом. У току школовања учествовао је на такмичењима из математике, физике и хемије на којима је постигао запажене резултате. Саобраћајни факултет Универзитета у Београду је уписао 2003. год. и у току студија је био стипендиста Владе Републике Србије. Дипломирао је 2008. год. са просечном оценом 8.85. Дипломски рад са темом "Концепт решења Београдског железничког чвора" је одбранио са оценом 10 на Здруженој катедри за експлоатацију железница, железничке пруге, станице и чворове. Докторске академске студије на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду је уписао 2009. год. На поменутих студијама је положио све испите са просечном оценом 10.

Иван Белошевић је 2010. год. обавио приправнички стаж на железници при чему је положио стручни испит за самостално обављање послова и задатака дипломираног инжењера саобраћаја у саобраћајно – транспортној служби. Члан је друштва "Друштво дипломираних инжењера железничког саобраћаја Србије" од 2009. године.

У периоду 22.12.2008. – 05.03.2010. год. је радио као сарадник у настави за ужу научну област "Планирање, пројектовање и одржавање железничке инфраструктуре" на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду. Тренутно је у звању асистента за поменути ужу научну област на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду. Досадашњи педагошки рад Ивана Белошевића је високо оцењен од стране предметног наставника и студената. Активно учествује у истраживању и публикавању радова у научним часописима и на научним скуповима домаћег и међународног значаја. Један је од аутора на 24 научно-истраживачка рада публикована у међународним и домаћим часописима као и у зборницима радова међународних скупова.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Преглед положених испита и испуњених обавеза на докторским студијама

Кандидат је на докторским студијама положио следеће предмете:

	Предмет	Оцена	ЕСПБ	Датум
1	Фази системи са применама у саобраћају и транспорту	10	7	05.06.2009.
2	Системи за подршку одлучивању у саобраћају и транспорту	10	7	15.06.2009.
3	Управљање токовима на транспортним мрежама	10	7	02.07.2009.
4	Одабрана поглавља операционих истраживања	10	7	04.11.2009.
5	Увод у теорију хаоса	10	7	25.12.2009.
6	Савремене физичке методе за контролу и детекцију човекове околине за саобраћајне инжењере	10	7	15.01.2010.
7	Менаџмент у саобраћају и комуникацијама	10	7	15.06.2010.
8	Управљање подацима	10	7	05.04.2011.
9	Модели за технолошко пројектовање и управљање речним и морским лукама	10	7	15.07.2011.
10	Планирање, саобраћајно пројектовање и одржавање инфраструктурних постројења на железници	10	7	28.12.2012.
			Σ 70	

Кандидат је испунио и следеће обавезе:

	Обавеза	ЕСПБ	Датум
1	Излагање годишњег рада на докторском семинару	4	23.11.2009.
2	Одбрана предлога истраживања у оквиру докторске дисертације	16	09.05.2013.
		Σ 20	

Учешће у научно-истраживачким пројектима:

- [1] "Истраживање утицаја модернизације железнице на стварању савременог јединственог система Републике Србије и ефикасну заштиту човекове околине", Научно-истраживачки пројекат који је финансирало Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије у периоду од 2008. до 2010. год.
- [2] "Истраживање техничко-технолошке, кадровске и организационе оспособљености Железница Србије са аспекта садашњих и будућих захтева Европске Уније", Научно-истраживачки пројекат који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у периоду од 2011. до 2014. год.
- [3] "Реконструкција и ревитализација железничке инфраструктуре у складу са регионалним развојем", Научно-истраживачки пројекат који финансирају Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и Републике Словачке у периоду од 2012. до 2013. год.

Ангажовање у настави:

Кандидат учествује у извођењу наставе на следећим предметима основних академских студија:

1. Основи железничког саобраћаја,
2. Железничке станице и чворови,
3. Планирање и саобраћајно пројектовање железничких станица и чворова

Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности

Радови објављени у часопису међународног значаја M23

1. Kosijer, M., Ivić, M., Marković, M., **Belošević, I.**: *Multicriteria Decision-Making in Railway Route Planning and Design*, Građevinar, Vol. 64, No. 3, 2012, pp 195-205.
2. **Belošević, I.**, Ivić, M., Kosijer, M.: *Conditions for Simultaneous Formation of Multigroup Freight Trains*, Građevinar, Vol. 64, No. 7, 2012, pp.553-563.
3. Ivić, M., **Belošević, I.**, Milinković, S., Kosijer, M., Pavlović, N.: *Track Properties for Formation of Pick-Up Trains*, Građevinar, Vol. 65, No. 2, 2013, pp.53-63.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини M33

1. Sajić, F., Vesković, S., Marković, M., Milinković, S., Ivić, M., **Belošević, I.**: *Simulacioni model prethodnih operacija u ranžirnim stanicama*, YU INFO 2010: Conference and Exhibition, Kopaonik 2010., (Zbornik radova na CD).
2. Ivić, M., Marković, A., Milinković, S., **Belošević, I.**, Marković, M., Vesković, S., Pavlović, N., Kosijer, M.: *Simulation Model for Estimating Effects of Forming Pick-Up Trains by Simultaneous Method*, Proceedings of 7th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation - Vol. 2, Prague (Czech Republic) 2010., (Proceedings on CD).
3. **Belošević, I.**, Kosijer, M., Ivić, M., Vesković, S., Pavlović, N., Milinković, S.: *Railway Transport Directed to Climate Friendly Transport*, Proceedings of REACT Conference: Shaping Climate Friendly Transport in Europe: Key Findings & Future Directions, Belgrade 2011., pp. 35-38.
4. **Belošević, I.**, Milinković, S., Ivić, M., Vesković, S., Marković, M., Pavlović, N.: *Participation of Railways in Climate Friendly Transport Through Intermodality*, Proceedings of REACT Conference: Shaping Climate Friendly Transport in Europe: Key Findings & Future Directions, Belgrade 2011., pp. 39-45.
5. Vesković, S., Marković, M., **Belošević, I.**, Ivić, M., Kosijer, M., Milinković, S.: *A View on the Liberalisation of Railway Passenger Transport*, Proceedings of REACT Conference: Shaping Climate Friendly Transport in Europe: Key Findings & Future Directions, Belgrade 2011., pp. 440-447.
6. **Belošević I.**, Ivić M., Marković M., Vesković S., Pavlović N., Milinković S., Kosijer M.: *Establishing Maneuver Work Indicators in the Ppick-Up Tranis Forming Process Using the Simultaneous Method*, Proceedings of 19th International Symposium EURO-ŽEL 2011 - Recent Challenges for European Railways, Žilina (Slovak Republic) 2011., pp. 33-40.
7. Lazarević, L., Popović Z., Puzavac, L., Ivić M., **Belošević, I.**: *Curve With Nonlinear Change Of Curvature – 3D Modeling*, Proceedings of 19th International Symposium EURO-ŽEL 2011 - Recent Challenges for European Railways, Žilina (Slovak Republic) 2011., pp. 377-384.
8. **Belošević, I.**, Milinković, S., Ivić, M., Marković, M., Vesković, S.: *Simulation Modeling of Railway Technology in Dry Port Concept*, Proceedings of 46th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST – Volume 2, Niš 2011., pp. 411-414.

9. Vesković, S., **Belošević, I.**, Maksić, G., Vasiljević, M., Milinković, S., Ivić, M.: *Modeling of Technology and Parameters on Handling Points for Manipulating with Hazardous Goods in Railways*, Novi horizonti saobraćaja i komunikacija 2011, Doboj (Bosna i Hercegovina) 2011., str. 117-123.
10. Ivić, M., **Belošević, I.**, Milinković, S., Kosijer, M., Marković, M., Vesković, S.: *Tehnološki i tehnički uslovi za primenu klasičnih metoda za formiranje sabirnih vozova*, Novi horizonti saobraćaja i komunikacija 2011, Doboj (Bosna i Hercegovina) 2011., str. 478-484.
11. **Belošević, I.**, Ivić, M., Kosijer, M., Milinković, S.: *Infrastructure Requirements for the Simultaneous Feeder Train Formation*, Proceedings of 20th International Symposium EURO-ŽEL 2012 - Recent Challenges for European Railways, Žilina (Slovak Republic) 2012., pp. 23-29.
12. Kosijer, M., Ivić, M., **Belošević, I.**: *Selection of Railway Route Applying Multiple Criteria Decision Making*, Proceedings of 4th International Scientific Conference MOTSP 2012 – Management of Technology Step to Sustainable Production, Zadar (Croatia) 2012., pp.17-24.
13. Vesković, S., Vasiljević, M., **Belošević, I.**, Milinković, S.: *Decision and Risk Analysis in Planning of Railway Facilities for Dangerous Goods*, Proceedings of 4th International Scientific Conference MOTSP 2012 – Management of Technology Step to Sustainable Production, Zadar (Croatia) 2012., pp.25-32.
14. Vesković, S., **Belošević, I.**, Milinković, S., Ivić, M.: *Methodology for Revitalization of Regional and Local Railroads*, Proceedings of 15th Scientific-Expert Conference on Railways RAILCON'12, Niš 2012., pp. 153-156.
15. Vesković, S., **Belošević, I.**, Milinković, S., Pavlović, N., Vasiljević, M.: *The Importance of Regional Railway Lines Revitalization for Corridor X in the Republic of Serbia*, Proceedings of 3rd International Scientific and Professional Conference CORRIDOR 10 – A sustainable way of integrations, Belgrade 2012., pp. 29-35.
16. Marton, P., **Belošević, I.**: *Marshalling Yards Along the Paneuropean Railway Corridors*, Proceedings of 3rd International Scientific and Professional Conference CORRIDOR 10 – A sustainable way of integrations, Belgrade 2012., pp. 73-79.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у изводу М34

1. **Belošević, I.**: *Railway Utilities as Sources of Soil Contamination (Case Study – Belgrade Railway Junction)*, Young European Arena of Research 2010 - Transport Research Arena (TRA), Brussels (Belgium) 2010., Proceedings online (<http://year2010.fehrl.org/?m=24>).

Радови објављени у часопису националног значаја М52

1. Косијер, М., Ивић, М., Марковић, М., Аћимовић, С., Ћирић, Н., **Белошевић, И.**: *Аспект заштите и унапређења животне средине у процесу планирања и пројектовања железничких пруга*, Ecologica, Вол. 16, Бр. 54, 2009, стр. 256-260.
2. **Белошевић, И.**, Косијер, М., Аћимовић, С., Ивић, М.: *Железничка постројења као потенцијални извори загађења животне средине*, Ecologica, Вол. 17, Бр. 59, 2010, стр. 419-424.
3. **Белошевић, И.**, Косијер, М., Ивић, М., Поповић, З., Пузавац, Л., Лазаревић, Л.: *Техничко-технолошке предности железничког транспорта са аспекта одрживог развоја*, Ecologica, Вол. 18, Бр. 63, 2011, стр. 421-426.
4. Косијер, М., Ивић, М., Марковић, М., Павловић, Н., **Белошевић, И.**, Аћимовић, С.: *Анализа и вредновање последица изградње железничке пруге на просторне структуре у функцији одрживог развоја*, Ecologica, Вол. 18, Бр. 63, 2011, стр. 427-432.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

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 Иван Белошевић, дипл. инж. саоб. је испунио све обавезе у циљу израде докторске дисертације. Комисија је мишљења, заснованог на напред изнетим чињеницама о досадашњем раду и резултатима, да кандидат Иван Белошевић испуњава све услове подобности за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

Предмет истраживања у предложеној докторској дисертацији је математичко моделирање процеса симултаног формирања вишегрупних возова у циљу оптималног димензионисања потребних колосечних капацитета и подизања квалитета рада у техничким теретним станицама. У оквиру предложене дисертације биће приказан систематски преглед до сада научно формулисаних или у пракси примењених метода формирања вишегрупних возова. Детаљно ће се анализирати теоријске поставке ових метода, технолошки процеси одвијања и ефекти њихове примене. Ова анализа омогућиће формулисање техничких и технолошких услова који ће представљати основ за поставку математичког модела за димензионисање потребних колосечних капацитета. Како проблем формирања вишегрупних возова обухвата проблем сортирања кола за који је доказано да припада класи НП тешких проблема у оквиру докторске дисертације ће се развити и рачунарски модели са хеуристичким алгоритмима за решавање овог проблема.

2.2. Научни циљ истраживања

Научни циљ предложене дисертације јесте дефинисање опсега целисходне примене узастопних и симултаних метода формирања вишегрупних возова на нивоу генерализованих проблема. У оквиру истраживања адекватне примене симултаних метода садржан је и примарни научни циљ предложене дисертације, а то је формулисање математичког модела симултаног формирања вишегрупних возова заснованог на реалним условима како експлоатације тако и услова пројектовања. Такође, математички модел треба да омогући утицај стварних токова кола у процесу формирања на предложено решење. Ова дисертација има за циљ развој и верификацију хеуристичког приступа који ће бити примењиван при планирању и саобраћајном пројектовању комплекснијих техничких теретних станица.

2.3. Осврт на релевантне библиографске изворе

Техничке теретне станице се граде и опремају ради обављања процеса расформирања и формирања возова. Класификација, опрема, структура и капацитети техничких теретних станица, као и услови за њихово пројектовање су изложени у већем броју научних радова и других публикација [3, 17, 28, 56, 57, 59, 62, 69, 76, 82-86, 89, 90, 92]. За техничке теретне станице се везује више суштинских проблема технологије теретног саобраћаја који су директно повезани са процесом расформирања и формирања возова. У ове проблеме спадају организација колских токова, план формирања теретних возова и проблем ранжирања кола. Организација колских токова представља основни задатак консолидације превозног процеса на железници и заснива се на груписању кола у блокове [1, 8, 29, 33, 34, 87], док се планом формирања за сваку техничку теретну станицу утврђују њени задаци у ранжирном систему (какве возове покреће, од којих кола и за које одредишне станице) [2, 22, 24, 27, 30, 44]. Оправданост и ефикасност ранжирног система, као и предвиђања даљег развоја традиционалног концепта колских пошиљки на железници су анализирани у радовима [25, 39, 40, 74, 75, 77, 104].

Формирање вишегрупних возова спада у сложеније проблеме ранжирања. Формулисање и класификација метода за формирање вишегрупних возова започето је средином XX века на стручним скуповима и у часописима који су се бавили практичним проблемима железнице [13, 88]. На ове прве приступе проблему ранжирања кола надовезали су се радови [26, 31, 32, 96, 101, 105] у којима су аналитички формулисане методе формирања вишегрупних возова. Развојем симулационих техника омогућено је анализирање ефеката примењених метода у реалним условима рада изменом појединих вредности параметара окружења. Симулациони модели метода формирања вишегрупних возова представљају тему радова [58, 78]. У новијим истраживањима [6, 35, 36, 41, 48, 61, 97, 98] показано је да је сам проблем сортирања кола, истовремено и део формирања вишегрупних возова, веома сложен и да припада класи НП тешких проблема (недетерминистичких у полиномијалном времену). У раду [61] је предложен ефикасан начин предстаљања тока симултаног сортирања кола за вишегрупне возове у виду низа кодова бинарног записа. Овај вид презентовања процеса сортирања кола је коришћен у моделима целобројног програмирања [79, 80] са циљем минимизирања укупног броја померања кола. Бинарним кодирањем проблем сортирања кола је могуће посматрати као комбинаторни проблем. За решавање комбинаторних проблема у научној литератури су предложени различити хеуристички и метахеуристички приступи [5, 23, 46, 47, 55, 64, 81, 91]. Хеуристички алгоритми за минимизирање броја померања у току сортирања кола су дати у радовима [49, 61]. У овим радовима предложени су алгоритми за генерализоване услове, попут неогранченог броја расположивих колосека неограничене или ограничене дужине. За решавање реалних проблема, поменути математички и хеуристички приступи су се заснивали на итеративном приступу смањивањем расположивог броја колосека до добијања најповољнијег решења. Прегледом литературе утврђено је да поред поменутих радова, сортирање различитих типова возила представља тема радова [7, 12, 18-21, 37, 38, 42, 43, 45, 54, 65-68, 93, 100, 103].

Нова истраживања би представљала искорак у односу на актуелна ако би поред минимизирања броја померања кола у току сортирања била усмерена ка оптимизацији укупних ангажованих капацитета који обухватају и потребна колосечна постројења за сортирање кола вишегрупних возова али и формирање ових возова. Ова истраживања би требало да обухвате и сагледају целокупне техничке и технолошке услове реализације процеса формирања возова. У досадашњим истраживањима није било посвећено довољно пажње експлоатационим условима као и условима пројектовања колосечних постројења који у неким случајевима доводе у питање могућности реализације математички моделованих планова сортирања кола заснованих на генерализованим условима.

Општа је процена да су ангажовани капацитети у техничким теретним станицама неравномерно искоришћени. Овакву констатацију потврђују резултати анализа рада ових станица [27, 31, 56, 62], уз сазнање да је знатно већи број станица чији су капацитети недовољно искоришћени од броја станица чији су капацитети преоптерећени. То значи да постоји несклад између колосечних капацитета, примењене технологије ранжирања и обима рада за које су ове станице пројектоване. Да би пројектовани колосечни капацитети били у складу са предвиђеним условима и обимом рада потребно је поставити математичке моделе димензионисања. Оправданост формулисања математичких модела димензионисања колосечних капацитета је и у чињеници да су досадашњи аналитички приступи били засновани на примени метода формирања вишегрупних возова са једном истом генералном карактеристиком, да све методе имају унапред дефинисан поступак сортирања кола у процесу формирања возова. Оваква предефинисаност онемогућава прилагођавање поступка сортирања конкретним условима, тј. стварној расподели кола према међустаницама у возовима за отпрему.

Списак релевантних библиографских извора

- [1] Ahuja, R.K., Jha, K.C., Liu, J.: *Solving Real-Life Railroad Blocking Problems*, Interfaces, Vol. 37, No. 5, 2007, pp. 404-419.

- [2] Assad, A.A.: *Modelling of Rail Networks: Toward a Routing/Makeup Model*, Transportation Research Part B, Vol. 14B, No. 1-2, 1980, pp. 101-114.
- [3] Assad, A.A.: *Models for Rail Transportation*, Transportation Research Part A, Vol. 14A, No. 3, 1980, pp. 205-220.
- [4] Avramović, Z.: *Modelovanje i mikroračunarsko upravljanje ranžirnim stanicama*, doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1988.
- [5] Bertsimas, D., Tsitsiklis, J.: *Simulated Annealing*, Statistical Science, Vol. 8, No. 1, 1993, pp. 10-15.
- [6] Beygang, K., Krumke, S. O., Dahms, F.: *Train Marshalling Problem - Algorithms and Bounds*, Technical Report 132, University of Kaiserslautern, Kaiserslautern, 2010.
- [7] Blasum, U., Bussieck, M., HochstSttler, W., Moll, C., Scheel, H. H., Winter, T.: *Scheduling Trams in the Morning*, Mathematical Methods of Operations Research, Vol. 49, No. 1, 1999, pp. 137-148.
- [8] Bodin, L.D., Golden, B.L., Schuster, A.D., Romig, W.: *A Model for the Blocking of Trains*, Transportation Research Part B, Vol. 14B, No. 1-2, 1980, pp. 115-120.
- [9] Bohlin, M., Flier, H., Maue, J., Mihalak, M.: *Hump Yard Track Allocation with Temporary Car Storage*, 4th International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis – RailRome 2011, Rome (Italy) 2011. (CD Proceedings)
- [10] Bohlin, M., Flier, H., Maue, J., Mihalak, M.: *Track Allocation in Freight-Train Classification with Mixed Tracks*, 11th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems, Dagstuhl (Germany) 2011, pp. 38-51.
- [11] Bohlin, M., Dahms, F., Flier, H., Gestrelus, S.: *Optimal Freight Train Classification Using Column Generation*, 12th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems, Dagstuhl (Germany) 2012, pp. 10-22.
- [12] Borndorfer, R., Cardonha, C.: *A Binary Quadratic Programming Approach to Vehicle Positioning*, Modeling, Simulation and Optimization of Complex Processes, Springer, Berlin (Germany), 2012, pp. 41-51.
- [13] Bourgeois, M., Valette, M.: *Formation des Trains de Detail par la Methode de la Formation Simultanée*, Revue générale des Chemins de fer, Vol. 3-4, No. 1, 1940, pp. 131.
- [14] Boysen, N., Jaehn, F., Pesch, E.: *Scheduling Freight Trains in Rail-Rail Transshipment Yards*, Transportation Science, Vol. 45, No. 2, 2011, pp. 199-211.
- [15] Boysen, N., Fliendner, M., Jaehn, F., Pesch, E.: *Shunting Yard Operations: Theoretical Aspects and Applications*, European Journal of Operation Research, Vol. 220, No 1, 2012, pp. 1-14.
- [16] Boysen, N., Jaehn, F., Pesch, E.: *New Bounds and Algorithms for the Transshipment Yard Scheduling Problem*, Journal of Scheduling Vol. 15, No. 4, 2012, pp. 491-511.
- [17] Buzanov, S., Karpov, A., Ricarev, M.: *Projektovanje mehanizovanih i automatizovanih ranžirnih postrojenja*, Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd, 1969.
- [18] Bühsing, C., Maue, J.: *Robust Algorithms for Sorting Railway Cars*, Proceedings of the 18th Annual European Symposium on Algorithms (ESA-10), Liverpool (UK) 2010, pp. 350-361.
- [19] Cicerone, S., D'Angelo, G., Di Stefano, G., Frigioni, D., Navarra, A.: *Robust Algorithms and Price of Robustness in Shunting Problems*, Proceedings of the 7th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization and Systems ATMOS-07, Sevilla (Spain) 2007, pp. 175-190.
- [20] Cicerone, S., D'Angelo, G., Di Stefano, G., Frigioni, D.: *Recoverable Robustness for Train Shunting Problems*, Algorithmic Operations Research, Vol. 4, No. 2, 2009, pp. 102-116.
- [21] Cicerone, S., D'Angelo, G., Di Stefano, G., Frigioni, D., Navarra, A., Schachtebeck, M., Schöbel, A.: *Recoverable Robustness in Shunting and Timetabling*, Robust and Online Large-Scale Optimization – Models and Techniques for Transportation Systems, Springer, Berlin (Germany), 2009, pp. 28-60.
- [22] 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.
- [23] Cormen, T., Leiserson, C., Rivest, R., Stein, C.: *Introduction to Algorithms*, 3rd Edition, MIT Press, Boston (USA), 2009.
 - [24] Crainic, T., Ferland, J.-A., Rousseau, J.-M.: *A Tactical Planning Model for Rail Freight Transportation*, Transportation Science, Vol. 18, No. 2, 1984, pp. 165–184.
 - [25] Crainic, T., Florian, M., Leal, J.E.: *A Model for the Strategic Planning of National Freight Transportation by Rail*, Transportation Science, Vol. 24, No. 1, 1990, pp. 1-24.
 - [26] Crane, R., Brown, F., Blanchard, R.: *An Analysis of a Railroad Classification Yard*, Journal of the Operations Research Society of America, Vol. 3, No. 3, 1955, pp. 262-271.
 - [27] Čičak, M.: *Prilog iznalaženju optimalnih kapaciteta ranžirnog sistema jugoslovenskih železnica*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd, 1974.
 - [28] Čičak, M., Vesković, S.: *Modeliranje tehnologije i kapaciteta ranžirnih stanica*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1992.
 - [29] Čičak, M., Vesković, S.: *Organizacija železničkog saobraćaj II*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2005.
 - [30] Čičak, M.: *Modeliranje u železničkom saobraćaju*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2005.
 - [31] Daganzo, C., Dowling, R.G., Hall, R.W.: *Railroad Classification Yard Throughput: The Case of Multistage Triangular Sorting*, Transportation Research Part A, Vol. 17A, No. 2, 1983, pp. 95-106.
 - [32] Daganzo, C.: *Static Blocking at Railyards: Sorting Implications and Track Requirements*, Transportation Science, Vol. 20, No. 3, 1986, pp. 189-199.
 - [33] Daganzo, C.F.: *Dynamic Blocking for Railyards Part I – Homogeneous traffic*, Transportation Research Part B, Vol. 21B, No. 1, 1987, pp.1–27.
 - [34] Daganzo, C.F.: *Dynamic Blocking for Railyards Part I – Heterogeneous traffic*, Transportation Research Part B, Vol. 21B, No. 1, 1987, pp. 29–40.
 - [35] Dahlhaus, E., Horak, P., Mille, M., Ryan, J.: *The Train Marshalling Problem*, Discrete Applied Mathematics, Vol. 103, No.1-3, 2000, pp. 41-54.
 - [36] Dahlhaus, E., Manne, F., Miller, M., Ryan, J.: *Algorithms for Combinatorial Problems Related to Train Marshalling*, Proceedings of the 11th Australasian Workshop on Combinatorial Algorithms (AWOCA), Hunter Valley (Australia) 2000, pp. 7–16.
 - [37] Di Stefano, G., Koči, M.L.: *A Graph Theoretical Approach to the Shunting Problem*, Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol. 92, 2004, pp. 16-33.
 - [38] Di Stefano, G., Maue, J., Modelski, M., Navarra, A., Nunkesser, M., Van den Broek, J.: *Models for Rearranging Train Cars*, Technical report, ARRIVAL Project, 2007.
 - [39] Dirnberger, J.R., Barkan, C.P.L.: *Lean Railroading for Improving Railroad Classification Terminal Performance – Bottleneck Management Methods*. Transportation Research Record, Vol. 1, No. 1995, 2007, pp. 52–61.
 - [40] Djellab, H., Mocquillon, C.: *An Efficient Heuristic Method for the Hump Yard Management Problem*, 12th WCTR: World Conference on Transport Research, Lisbon (Portugal) 2010., (Proceedings on CD).
 - [41] Eggermont, C., Hurkens, C., Modelski, M., Woeginger, G.: *The Hardness of Train Rearrangements*, Operations Research Letters, Vol. 37, No. 2, 2009, pp. 80-82.
 - [42] Freling, R., Lentink, R.M., Kroon, L.G., Huisman, D.: *Shunting of Passenger Train Units in a Railway Station*, Transportation Science, Vol. 39, No. 2, 2005, pp. 261-272.
 - [43] Gallo, G., Di Miele, F.: *Dispatching Buses in Parking Depots*, Transportation Science, Vol. 35, No. 3, 1970, pp. 322-330.
 - [44] Gatto, M., Jacob, R., Nunkesser, M.: *Optimization of a Railway Hub-and-Spoke System: Routing and Shunting*, Technical Report 477, Department of Computer Science ETH Zurich, Zurich 2006.
 - [45] Gatto, M., Maue, J., Mihalák, M., Widmayer, P.: *Shunting for Dummies: An Introductory Algorithmic Survey*, Robust and Online Large-Scale Optimization – Models and Techniques for Transportation Systems, Springer, Berlin (Germany), 2009, pp. 310-337.
 - [46] Hansen, P., Mladenović, N.: *Variable Neighborhood Search: Principles and Application*,

- European Journal of Operation Research, Vol. 130, No. 3, 2001, pp. 449-467.
- [47] Hansen, P., Mladenović, N., Perez, J.: *Variable Neighborhood Search: Methods and Application*, 4OR, Vol. 6, No. 4, 2008, pp. 319-360.
 - [48] Hansmann, R.S., Zimmermann, U.T.: *Optimal Sorting of Rolling Stock at Hump Yards*, Mathematics – Key Technology for the Future: Joint Projects Between University and Industry, Springer, Berlin (Germany), 2008, pp. 189-203.
 - [49] Hauser, A., Maue, J.: *Experimental Evaluation of Approximation and Heuristic Algorithms for Sorting Railway Cars*, Proceedings of the 9th International Symposium on Experimental Algorithms (SEA-10), Naples (Italy) 2010, pp. 154-165.
 - [50] He, S., Song, R., Chaudhry, S.S.: *Fuzzy Dispatching Model and Genetic Algorithms for Railyards Operations*, European Journal of Operational Research, Vol. 124, No. 2, 2000, pp. 307-331.
 - [51] He, S., Song, R., Chaudhry, S.S.: *An Integrated Dispatching Model for Rail Yards Operations*, Computers & Operations Research, Vol. 30, No. 7, 2003, pp. 939-966.
 - [52] Hein O.: *A Two-Stage Queuing Model for a Marshalling Yard*, Rail International, Vol. 3, No. 4, 1972, pp. 249-259.
 - [53] Hillier, F., Lieberman, G.: *Introduction to Operation Research*, 7th Edition, McGraw Hill, Boston (USA), 2001.
 - [54] Hirashima, Y. : *A Reinforcement Learning Method for Train Marshaling Based on Movements of Locomotive*, IAENG International Journal of Computer Science, Vol. 38, No. 3, 2011, pp. 242–248.
 - [55] Hoos, H.H., Stützle, T.: *Stochastic Local Search: Foundations and Applications*, Morgan Kaufmann, San Francisco (USA) 2004.
 - [56] Ivić, M.: *Optimizacija strukture i kapaciteta kolosečnih parkova tehničkih teretnih stanica*, doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1992.
 - [57] Ivić, M.: *Železničke pruge i stanice - postrojenja za vezu koloseka*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2005.
 - [58] Ivić, M., Marković, M., Marković, A.: *Effects of the Application of Conventional Methods in the Process of Forming the Pick-up Trains*, Yugoslav Journal of Operations Reseach, Vol. 17, No. 2, 2007, pp. 245-256.
 - [59] Janjić, S.: *Železničke stanice*, Građevinski fakultet, Beograd, 1983.
 - [60] Jacob, R.: *On Shunting Over a Hump*, Technical Report 576, Department of Computer Science ETH Zurich, Zurich, 2007.
 - [61] Jacob, R., Márton, P., Maue, J., Nunkesser, M.: *Multistage Methods for Freight Train Classification*, Networks, Vol. 57, No. 1, 2011, pp. 87-105.
 - [62] Jokić, M.: *Dinamički razvoj i optimalizacija kapaciteta železničkih ranžirnih stanica*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd, 1979.
 - [63] Jovanović, D., Harker, P.T.: *Tactical Scheduling of Rail Operations: The SCAN I System*, Transportation Science, Vol. 25, No. 1, 1991, pp. 46-64.
 - [64] Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D., Vecchi, M.P.: *Optimization by Simulated Annealing*, Science, Vol. 220, No. 4598, 1983, pp. 671-680.
 - [65] Kraft, E.R.: *A Hump Sequence Algorithm for Real Time Management of Train Connection Reliability*, Journal of the Transportation Research Forum, 39, No. 4, 2000, 95-115.
 - [66] Kraft, E.R.: *Priority-Based Classification for Improving Connection Reliability in Railroad Yards: Part I Integration with Car Scheduling*, Journal of the Transportation Research Forum, Vol. 56, No. 1, 2002, pp. 93-105.
 - [67] Kraft, E.R.: *Priority-Based Classification for Improving Connection Reliability in Railroad Yards: Part II Dynamic Block to Track Assignment*, Journal of the Transportation Research Forum, Vol. 56, No. 1, 2002, pp. 107-119.
 - [68] Kroon, L.G., Lentink, R.M., Schrijver, A.: *Shunting of Passenger Train Units: An Integrated Approach*, Transportation Science, Vol. 42, No. 4, 2008, pp. 436-449.
 - [69] Kumar S.: *Improvement of Railroad Yard Operations*, Handbook of Transportation

- Engineering, Chapter 25, McGraw-Hill Companies, New York (USA), 2004.
- [70] Law, A.: *Simulation Modeling and Analysis, 4th Edition*, McGraw Hill, Boston (USA), 2007.
 - [71] Liebchen, C., Lübbecke, M., Möhring, R., Stiller, S.: *The Concept of Recoverable Robustness, Linear Programming Recovery and Railway Applications*, Robust and Online Large-Scale Optimization – Models and Techniques for Transportation Systems, Springer, Berlin (Germany), 2009, pp. 1-27.
 - [72] Lin, E., Cheng, C.: *YARDSIM: A Rail Yard Simulation Framework and Its Implementation in Major Railroad in the U.S.*, Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, Austin (USA) 2009., pp. 2532-2541.
 - [73] Marinov, M., Viegas, J.: *A Simulation Modelling Methodology for Evaluating Flat-Shunted Yard Operations*, Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 17, 2009, pp. 1106-1129.
 - [74] Marinov, M., Woroniuk, C., Zunder, T.: *Recent Development with Single Wagon Load Services, Policy and Practice in Europe*, Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, 2012, pp. 1097-1104.
 - [75] Sellnick, O., Ferk, G.: *Wagonload Cooperation in Europe*, Railway Transformation, Eurail Press, Hamburg (Germany), 2009, pp. 145-160.
 - [76] Marković, M., Ivić, M.: *Bezbednost, proračun i ispitivanje grbine*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2005.
 - [77] Martland, C.D.: *PMAKE Analysis: Predicting Rail Yard Time Distributions Using Probabilistic Train Connection Standards*, Transportation Science, Vol. 16, No. 4, 1982, pp. 476-506.
 - [78] Márton, P.: *Experimental Evaluation of Selected Methods for Multigroup Train Formation*, Communications, Vol. 7, No. 2, 2005, pp. 5-8.
 - [79] Márton, P., Maue, J., Nunkesser, M.: *An Improved Classification Procedure for the Hump Yard Lausanne Triage*, ATMOS 2009, Wadern (Germany) 2009.
 - [80] Maue, J., Nunkesser, M.: *Evaluation of Computational Methods for Freight Train Classification Schedules*, Technical report, ARRIVAL Project, 2009.
 - [81] Metropolis, N., Rosenbluth, A.W., Rsenbluth, M.N., Teller, A.H., Teller, E.: *Equations of State Calculation by Fast Computing Machines*, Journal of Chemical Physics, Vol. 21, No. 6, 1953, pp. 1087-1092.
 - [82] Milošević, B.: *Organizacija rada ranžirnih stanica*, Jugoslovenske železnice, Beograd, 1971.
 - [83] Milošević, B.: *Železničke stanice i čvorovi – proračun staničnih kapaciteta*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1979.
 - [84] Milošević, B., Ivić, M.: *Železničke ranžirne stanice – usklađenost rada između parkova sa rešenim primerima*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1980.
 - [85] Milošević, B.: *Prilog metodologiji proračuna kolosečnih kapaciteta železničkih stanica*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd, 1982.
 - [86] Milošević, B.: *Železničke ranžirne stanice – klasifikacija i oprema*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1984.
 - [87] Newton, H.N., Barnhart, C., Vance, P. H.: *Constructing Railroad Blocking Plans to Minimize Handling Costs*, Transportation Science Vol. 32, No. 4, 1998, pp. 330-345.
 - [88] Pentiga, K.J.: *Teaching Simultaneous Marshalling*, The Railway Gazette, 1959.
 - [89] Petersen, E.R.: *Railyard Modeling: Part I. Prediction of Put-Through Time*, Transportation Science, Vol. 11, No. 1, 1977, pp. 37-49.
 - [90] Petersen, E.R.: *Railyard Modeling: Part II. The Effect of Yard Facilities on Congestion*, Transportation Science, Vol. 11, No. 1, 1977, pp. 51-59.
 - [91] Poole, D., Mackworth, A.: *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents*, Cambridge University Press, Cambridge (UK), 2010.
 - [92] Popović, Z.: *Optimizacija ranžirno-otpremnog dela gravitacione ranžirne stanice*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd, 2001.
 - [93] Riezebos, J., Wezel, W.: *k-Shortest Routing of Trains on Shunting Yards*, OR Spectrum, Vol. 31, No. 4, 2009, pp. 745-758.
 - [94] Rotter, H.: *New Operating Concepts for Intermodal Transport: The Mega Hub in*

- Hanover/Lehrte in Germany*, Transportation Planning and Technology, Vol. 27, No. 5, 2004, pp. 347–365.
- [95] Schmeiser, B. W.: *Batch Size Effects in the Analysis of Simulation Output*, Operations research, Vol. 30, No. 3, 1982, pp. 556–568.
 - [96] Siddiquee, M. W.: *Investigation of Sorting and Train Formation Schemes for a Railroad Hump Yard*, Proceedings of the 5th International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation, Berkeley (USA) 1972, pp. 377–387.
 - [97] Snyman, J.: *Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient-Based Algorithms*, Springer, Berlin (Germany), 2005.
 - [98] Spall, J.C.: *Introduction to Stochastic Search and Optimization: Estimation, Simulation and Control*, John Wiley & Sons, Hoboken (USA), 2003.
 - [99] Suman, B., Kumar, P.: *A Survey of Simulated Annealing as a Tool for Single and Multibjective Optimization*, Journal of the Operational Research Society, Vol. 57, No. 10, 2006, pp. 1143–11160, 2006.
 - [100] Tomii, N., Jian, Z. L.: *Depot Shunting Scheduling with Combining Genetic Algorithm and Pert*, Proceedings of 7th International Conference on Computer Aided Design, Manufacture and Operation in the Railway and Other Advanced Mass Transit Systems, Bologna (Italy) 2000, pp. 437–446.
 - [101] Turnquist, M. A., Daskin, M. S.: *Queuing Models of Classification and Connection Delay in Railyards*, Transportation Science, Vol. 16, No. 2, 1982, pp. 207–230.
 - [102] Vukadinović, S., Popović, J.: *Matematička statistika*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2008.
 - [103] Winter, T., Zimmermann, U.: *Real-Time Dispatch of Trams in Storage Yards*, Annals of Operations Research, Vol. 96, No. 1–4, 2000, pp. 287–315.
 - [104] Wolff, C.: *Internationalization of Rail Cargo*, Railway Transformation, Eurail Press, Hamburg (Germany), 2009, pp. 125–136.
 - [105] Yagar, S., Saccomanno, F.F., Shi, Q.: *An Efficient Sequencing Model for Humping in a Rail Yard*, Transportation Research Part A, Vol. 17A, No. 4, 1983, pp. 251–262.

3. Полазне хипотезе

Основна хипотеза од које се полази је да постојећи приступи димензионисања колосечних капацитета техничких теретних станица за формирање вишегрупних возова не пружају могућност њиховог оптималног димензионисања, те да је могуће сачинити математички модел за решавање проблема оптимизације колосечних капацитета станице. Представљањем вишефазног тока симултаног сортирања кола у форми бинарног записа посматрани проблем се може математички моделирати применом целобројног линеарног програмирања.

С обзиром да се већина реалних проблема симултаног формирања возова не може оптимално решити при условима ограниченог времена и меморије рада рачунара, у комплекснијим случајевима је могуће применити хеуристичке алгоритме за проналажење блиско оптималних решења.

4. Научне методе истраживања

Током израде предложене докторске дисертације користиће се опште методе научних истраживања. Класичне методе прикупљања, систематизације и компаративне анализе ће се користити при прегледу и класификацији досада формулисаних и у пракси примењених метода формирања вишегрупних возова. При утврђивању основних техничких и технолошких услова за примену наведених метода ће се примењивати методе анализе, синтезе, индукције или дедукције. За решавање математичког модела симултаног формирања у форми целобројног линеарног програмирања користиће се академска лиценца комерцијалног софтверског алата IBM ILOG CPLEX. Хеуристички алгоритми ће се развијати применом Python програмског језика. За верификација предложеног приступа и анализу

результата користиће се погодне методе и технике статистичке обраде. Показатељи колосечних капацитета и квалитета рада станице добијени на основу експерименталих поређења биће текстуално описани и презентовани кроз више табела, слика и дијаграма са упоредним резултатима.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос предложеног истраживања је математички и рачунарски модел којим се може решити проблем димензионисања колосечних капацитета у техничким теретним станицама за формирање вишегрупних возова. Кроз резултате истраживања показало се да потребни колосечни капацитети и квалитет рада при формирању вишегрупних возова поред зависности од самог броја ранжирних задатака станице зависе и од њихове структуре, која је окарактерисана бројем и величином група у оквиру сваког ранжирног задатка. Ови резултати ће бити верификовани њиховим публикавањем и саопштавањем у научним часописима и на научним скуповима домаћег и међународног значаја.

Поред научног доприноса, очекује се да ће истраживања имати и практичну примену у планирању и саобраћајном пројектовању нових или реконструкцији постојећих решења техничких теретних станица. Тиме би се новопроектване или реконструисане станице пројектовале на основу нових научних сазнања са циљем планирања капацитета и одговарајућег технолошког процеса рада пре него што се станица пусти у експлоатацију.

6. План истраживања и структура рада

Имајући у виду тему, предмет и научни циљ, предлаже се следећи основни садржај докторске дисертације:

- Уводни део који се састоји из образложења мотива за избор теме, дефинисања предмета и циљева истраживања, обима и значаја истраживања.
- Дефинисање досадашњег развоја, тренутног стања и будућности концепта појединачних колских пошилики у железничком саобраћају. Сагледавање значаја проблема формирања вишегрупних возова за поменути концепт теретног саобраћаја на железници.
- Опис и класификација приступа димензионисању колосечних капацитета у техничким теретним станицама.
- Преглед до сада научно формулисаних и у пракси примењених метода формирања вишегрупних возова, анализа и синтеза њихових ефеката на потребне колосечне капацитете и квалитет рада техничких теретних станица.
- Дефинисање потребних техничких и технолошких услова за примену метода формирања вишегрупних возова.
- Формулисање математичког модела симултаног формирања вишегрупних возова.
- Прилагођавање и развој различитих хеуристичких и метахеуристичких приступа за решавање проблема димензионисања капацитета за симултано формирање вишегрупних возова.
- Валидација предложених хеуристичких приступа на основу експерименталних поређења са математичким моделом.
- Приказ, анализа и коментар резултата експерименталних поређења, представљених у форми показатеља значајних за планирање колосечних капацитета и оперативни рад у техничким теретним станицама.
- Закључна разматрања, критичко сагледавање научног доприноса оствареног истраживања и правци будућих истраживања.
- Коришћена литература.

Реализовање истраживања ће се спровести у сагласности са предметом, циљем и садржајем докторске дисертације и пратиће логичан след активности које проистичу из предложеног основног садржаја.

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 Иван Белошевић, дипл. инж. саоб. 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 докторске дисертације под називом: „ОПТИМИЗАЦИЈА КОЛОСЕЧНИХ КАПАЦИТЕТА ЗА СИМУЛТАНО ФОРМИРАЊЕ ВИШЕГРУПНИХ ВОЗОВА У ТЕХНИЧКИМ ТЕРЕТНИМ СТАНИЦАМА“. Тема припада ужој научној области „Планирање, пројектовање и одржавање железничке инфраструктуре“ за коју је Саобраћајни факултет матичан. За ментора се предлаже др Милош Ивић, редовни професор Саобраћајног факултета у Београду.

У Београду,
09.05.2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Милош Ивић, редовни професор
Саобраћајног факултета у Београду

.....
Др Милан Марковић, редовни професор
Саобраћајног факултета у Београду

.....
Др Александар Марковић, редовни професор
Факултета организационих наука у Београду

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
КОМИСИЈИ ЗА ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ

Наставно-научно веће Саобраћајног факултета на седници одржаној 10.04.2013. године донело је одлуку (бр. 275/3, од 11.04.2013.) о формирању Комисије за одбрану предлога истраживања у оквиру докторске дисертације Ивана Белошевића, дипл. инж. саоб., под радним називом „Оптимизација колосечних капацитета за симултано формирање вишегрупних возова у техничким теретним станицама“ у саставу:

1. др Милош Ивић, редовни професор Саобраћајног факултета у Београду,
2. др Милан Марковић, редовни професор Саобраћајног факултета у Београду,
3. др Александар Марковић, редовни професор Факултета организационих наука у Београду.

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

ИЗВЕШТАЈ

Сагласно Правилнику докторских академских студија: Студијски програм “Саобраћај”, Члан 17, кандидат Иван Белошевић, дипл. инж. саоб., је успешно одбранио предлог истраживања у оквиру докторске дисертације под називом „Оптимизација колосечних капацитета за симултано формирање вишегрупних возова у техничким теретним станицама”.

У Београду,
09.05.2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Милош Ивић, редовни професор Саобраћајног
факултета у Београду

др Милан Марковић, редовни професор Саобраћајног
факултета у Београду

др Александар Марковић, редовни професор
Факултета организационих наука у Београду