

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Александра Јовановића за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Саобраћајног факултета на седници одржаној 09.10.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Александра Јовановића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **ИЗБОР СИГНАЛНИХ ПЛАНОВА ЗА УПРАВЉАЊЕ САОБРАЋАЈЕМ ПРИМЕНОМ ОПТИМИЗАЦИЈЕ КОЛОНИЈОМ ПЧЕЛА**.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Александар Јовановић је рођен 05. 04. 1987. године у Београду. Основну школу “Васа Чарапић” и средњу Е.Т.Ш. “Раде Кончар” завршио је са одличним успехом. Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, смер “Друмски и градски саобраћај и транспорт”, завршио је 2010. године са просечном оценом 8,00. Завршни рад под називом “Анализа услова саобраћаја на путу Доњи Милановац - Кладово и предлог побољшања” оцењен је оценом 10. Мастер студије на матичном факултету на смеру “Саобраћајно инжењерство”, завршио је 2011. године са просечном оценом 8,53. Мастер рад под називом “Утицај тунела на капацитет двотрачних путева” оцењен је оценом 10. На докторским студијама положио је све Статутом факултета предвиђене испите са просечном оценом 10,00. Од 01. 10. 2013. године ради на Високој техничкој школи струковних студија у Крагујевцу у звању сарадника у настави (ужа научна област: Организација и технологија саобраћаја).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Александар Јовановић је уписао докторске академске студије на Универзитету у Београду – Саобраћајном факултету школске 2011/2012 године.

На докторским студијама положио је следеће предмете:

Р.Б.	Предмет	Оцена	ЕСПБ	Датум
1	Фази системи са применама у саобраћају и транспорту	10	7	23.05.2012.
2	Управљање токовима на транспортним мрежама	10	7	23.05.2012.
3	Савремене физичке методе за контролу и детекцију загађења човекове околине за саобраћајне инжењере	10	7	23.04.2012.
4	Физичке основе савремених технологија у саобраћајном инжењерству	10	7	28.10.2012.
5	Саобраћајно пројектовање - сложени градски ситеми	10	7	03.06.2012.
6	Управљање ризиком у превозу опасне робе	10	7	14.09.2012.
7	Транспортна политика у оквиру стратегије одрживог развоја	10	7	26.09.2012.
8	Теорија саобраћајног тока - модели	10	7	10.09.2013
9	Управљање паркирањем	10	7	29.09.2013.
10	Дискретна математика	10	7	24.09.2013.
			Σ 70	

Кандидат је испунио следеће обавезе:

Р.Б.	Обавеза	ЕСПБ	Датум
1	Годишњи рад на семинару	4	11.05.2012.
2	Предлог истраживања у оквиру докторске дисертације	16	26.11.2013.
		Σ 20	

На Високој техничкој школи струковних студија у Крагујевцу ради од 2013. године као сарадник у настави на следећим предметима:

- Основне струковне студије
 1. Технологије комбинованог транспорта
 2. Унутрашњи транспорт
 3. Јавни транспорт путника
 4. Логистика
 5. Менаџмент у саобраћају
 6. Градска логистика
 7. Квалитет транспорта
 8. Организација друмског транспорта
- Специјалистичке струковне студије
 1. Управљање паркирањем
 2. Терминали у саобраћају
 3. Градска логистика
 4. Међународни транспорт и шпедиција
 5. Управљање градским транспортом путника

Радови објављени у међународним научним часописима

1. **Јовановић А.**, Рамућар D., Пејчић-Tarle S.: *“Green vehicle routing in urban zones - A neuro-fuzzy approach”*, Expert Systems with Applications (IF 1.854, ISSN 0957-4174), Vol 41, No 7, 2014, pp. 3189 – 3203.

Радови објављени у домаћим часописима

1. **Јовановић, А.:** *“Утицај тунела на капацитет двотрачних путева”*, Пут и саобраћај 57 (4), 2011, 41 - 46.

Радови саопштени и објављени у зборницима радова домаћих и међународних научних скупова

1. Давидовић, Б., Летић, Д., **Јовановић, А.:** *“Criterium for function definining of final time sharing of the basic Clark’s flow precedence diagramming (PDM) structure”*, Прва логистичка конференција, Београд, (Зборник - ЦД), 2013.
2. Давидовић, Б., Божовић, М., **Јовановић, А.:** *“Managing the risk when transporting the hazardous materials through an inhabited area”*, У сусрет хуманом граду, Нови Сад, (Зборник - ЦД), 2013.
3. Давидовић, Б., Костић, С., **Јовановић, А.:** *“Operating the “green“ buses in public transport by applying the fuzzy logic”*, У сусрет хуманом граду, Нови Сад, (Зборник - ЦД), 2013.
4. Давидовић, Б., Божовић, М., **Јовановић, А.:** *“Application of galileo project through the galapagos control of shipping containers”*, Нови хоризонти саобраћаја и комуникација, Добој, (Зборник - ЦД), 2013.
5. Давидовић, Б., Божовић, М., **Јовановић, А.:** *“The effectiveness of the implementation of road trains in transport”*, Нови хоризонти саобраћаја и комуникација, Добој, (Зборник - ЦД), 2013.
6. Давидовић, Б., Божовић, М., **Јовановић, А.:** *“Definition of technology on gas stations”*, Нови хоризонти саобраћаја и комуникација, Добој, (Зборник - ЦД), 2013.
7. Давидовић, Б., Летић, Д., **Јовановић, А.:** *“Managing the yellow lanes by means of “car sharing“ strategy and by applying fuzzy logic”*, “URBAN ECO“, Зрењанин, (Зборник - ЦД), 2013.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу наведених података о кандидату, списка положених испита и испуњених обавеза може да се констатује да је кандидат 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), Комисија констатује да је кандидат Александар Јовановић испунио све прописане услове потребне за почетак израде докторске дисертације. Комисија је мишљења, заснованог на напред изнетим чињеницама о досадашњем раду и резултатима, да кандидат Александар Јовановић испуњава све услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Основни предмет истраживања ове докторске дисертације представљају различити начини прорачуна сигналних планова како на индивидуалним раскрсницама, тако и на раскрсницама које су обухваћене зоном. Раскрсницама је могуће управљати на основу раније прикупљаних података за одређени период дана (јутарњи вршни час, поподневни вршни час, и сл.) и такав

тип управљања се назива “fix time“ управљање. Постоји и управљање на основу података са детектора постављених на прилазима раскрсници, где је реч о “real-time“ управљању.

Анализом релевантне литературе (Yang, (1995); Yagoda et al, (1973); Wey, (2000); Vincent and Young, (1986); Sen and Head, (1997); Qiao et al, (2002); Park et al, (1984); Lin, (2001); Gartner et al, (2001); Diakaki et al, (2003); Chiou, (1999)) уочени су истраживачки правци који се односе на могућност смањења временских губитака и броја заустављања возила на раскрсницама у урбаном окружењу.

Проблеми прорачуна сигналних планова на индивидуалним раскрсницама, као и на раскрсницама које су обухваћене зоном спадају у сложене проблеме комбинаторне оптимизације. У случају проблема већих димензија за њихово решавање се користе искуствене инжењерске процедуре и различити хеуристички и метахеуристички алгоритми. На основу сугестије ментора, одлучено је да се у дисертацији назначени проблеми решавају применом Оптимизације колонијом пчела (Bee Colony Optimization (BCO)). Предложена BCO метахеуристика, коју кандидат намерава да користи у свом раду, има два концепта. Први, конструктивни концепт, подразумева грађење коначног решења итеративно, кроз унапред дефинисане алгоритамске кораке (Lučić and Teodorović (2001, 2002, 2003)). Други, концепт побољшања, (Davidović et al, (2010), Nikolić and Teodorović, (2013)), подразумева да приликом изналажења оптималног решења, процес трагања почне од генерисаног решења, па да се кроз итерације то решење поправља. У дисертацији ће бити коришћен концепт побољшања.

Посебна пажња ће бити посвећена поређењу резултата који су објављени у досадашњој литератури, а односе се на решавање наведених проблема са резултатима добијеним предложеном метахеуристиком. Резултати Оптимизације колонијом пчела ће бити упоређени са оптималним резултатима добијеним динамичким програмирањем, у ситуацијама где је могуће добити оптимално решење. У ситуацијама где није могуће добити оптимална решења резултати ће се поредити са резултатима које генерише најпознатији и широко распрострањени софтверски пакет “TRANSYT-7F“, који разматрани проблем решава применом генетских алгоритама.

На основу образложења теме и прегледа литературе, може се закључити да оптимизација временских губитака возила има велики значај како на индивидуалним раскрсницама, тако и на целокупној мрежи. Основни циљ тезе је решавање проблема прорачуна сигналних планова, посебно у случајевима сложених изолованих раскрсница и зона већих димензија код којих није могуће или је врло тешко добити оптимално решење у прихватљивом времену рада рачунара. Циљ тезе је, такође, континуирани развој метахеуристике Оптимизација колонијом пчела и њена имплементација кроз добијање конкретних, за инжењерску струку веома применљивих резултата.

Као основна литература користиће се следећи радови:

- [1] Allsop, R. B., 1971. SIGSET: A computer program for calculating traffic capacity of signal-controlled road junctions. Traffic Engineering Control 12, 58–60.
- [2] Allsop, R. B., 1981. Computer program sigset for calculating delay-minimising traffic signal timings description and manual for users. Transportation Research Board 699, 32.
- [3] Allsop, R.E., 1971. Delay-minimising settings for fixed-time traffic signals at a single road

junction. Journal of the Institute of Mathematics and its Applications 8,164–185.

- [4] Akcelik, R., 1981. Traffic signals: capacity and timing analysis. Research Report 123, Australian Road Research Board, Melbourne, Australia.
- [5] Ans G. C. D. and Gazis, D. C., 1976. Optimal control of oversaturated store-and-forward transportation networks. *Transportation Science* 10, 1–19.
- [6] Bang, K., 1976. Optimal control of isolated traffic signals (abridgment). *Transportation Research Board* 597, 33-35.
- [7] Bell, M. G. H., 1990. A probabilistic approach to the optimization of traffic signal settings in discrete time. 11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Tokyo 1990, pp. 619-631.
- [8] Bielefeldt, C. et al, 2001. TUC and the SMART NETS project. *Intelligent Transportation System*, Oakland 2001, pp. 55–60.
- [9] Bingham, E., 2001. Reinforcement learning in neurofuzzy traffic signal control. *European Journal of Operational Research* 131, 232-241.
- [10] Brilon, W. and Wu, N., 1990. Delays at fixed-time traffic signals under time-dependent traffic conditions. *Traffic Engineering and Control* 31 (12), 623–631.
- [11] Bretegué, L. D. and Jezeguel, R., 1979. Adaptive control at an isolated intersection-a comparative study of some algorithms. *Traffic Engineering Control* 20, 361–363.
- [12] Boillot, F., et al, 1992. Optimal signal control of urban traffic networks. 6th IEE International Conference on Road Traffic Monitoring and Control, London 1992, pp. 75–79.
- [13] Chaudhary, N. A., et al., 1991. A multi-band approach to arterial traffic signal optimization. *Transportation Research B* 25 (1), 55–74.
- [14] Chin, E. and Chang, P., 1985. How to decide the interconnection of isolated traffic signals. 17th conference on Winter simulation, New York 1985, pp. 445-453.
- [15] Chiou, S.W., 1999. Optimization of Area Traffic Control for Equilibrium Network Flows. *Transportation Science* 33 (3), 279-289.
- [16] Cree, N. D., 1999. The continuous equilibrium optimal network design problem: A genetic approach. 4th EURO Transportation Meeting, Newcastle 1999, pp. 163-174.
- [17] Cohen, S.L. and Little, J. D. C., 1982. MAXBAND Program for Arteries Signal Timing Plans. *Transportation Research Board* 46 (2), 61-65.
- [18] Davidović, T., Jakšić, T., Ramljak, D., Šelmić, M., Teodorović, D., MPI Parallelization Strategies for Bee Colony Optimization, *Optimization*, 62, (8), 1113-1142, 2013.
- [19] Davidović, T., Ramljak, D., Šelmić, M., Teodorović, D., “Bee colony optimization for the p -center problem”, *Computers & Operations Research*, 38, 1367- 1376, (2011).
- [20] Davidović, T., Šelmić, M., Teodorović, D., 2009. Scheduling independent task: Bee colony optimization approach. 17th Mediterranean Conference, Thessaloniki 2009, pp. 1020 - 1025.

- [21] Davidović, T., Šelmić, M., Teodorović, D., Ramljak, D. “Bee Colony Optimization for Scheduling Independent Tasks to Identical Processors“, *Journal of Heuristics*, 18, 549-569, (2012).
- [22] Davison, E. J. and Edvard, J., 1983. Decentralized control of traffic networks. *System, Man and Cybernetics* 13 (4), 476–487.
- [23] Diakaki, C. et al, 2002. A multivariable regulator approach to traffic-responsive network-wide signal control. *Control Engineering Practice* 10 (2), 183–195.
- [24] Diakaki, C., 1999. Integrated Control of Traffic Flow in Corridor Networks. Ph.D. Thesis, Technical University of Crete, Department of Production Engineering and Management, Chania, Greece.
- [25] Diakaki, C. et al, 2003. Extensions and new applications of the signal control strategy. *Transportation Research Board* 1856, 202-211.
- [26] Diakaki, C. et al, 2000. Integrated traffic-responsive urban corridor control strategy in Glasgow, Scotland-application and evaluation. *Transportation Research Board* 1727, 101-111.
- [27] Dimitrijević B., Teodorović D., Simić V., Šelmić M. A Bee Colony Optimization Approach to Solving the Anti-Covering Location Problem, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26, 759-768, (2012).
- [28] Dion, F., Rakha, H., Kang Y.S., 2004. Comparison of delay estimates at under-saturated and over-saturated pre-timed signalized intersections. *Transportation Research Part B* 38 (2), 99–122.
- [29] Dion, F. and Hellinga, B., 2002. A rule-based real-time traffic responsive signal control system with transit priority: application to an isolated intersection. *Transportation Research Part B* 36 (4), 325–343.
- [30] Drezo, J., Petrowski, A., Siarry, P., Taillard, E., 2006. Metaheuristics for hard optimization. Springer-Verlag, Berlin.
- [31] Edmond, C.P.C., 1985. How to decide the interconnection of isolated traffic signals” 17th conference on Winter simulation, New York 1985, pp. 445-453.
- [32] Foy, M., Benekohal, R. F., Goldberg D. E., 1992. Signal timing determination using genetic algorithms. *Transportation Research Record* 1365, 108–115.
- [33] Gartner, N. H. 1983. OPAC: A demand-responsive strategy for traffic signal control. *Transportation Research Record* 906, 75-81.
- [34] Gartner, N. H., et al, 1975. Optimization of Traffic Signal Settings by Mixed-Integer Linear Programming Part I: The Network Coordination Problem. *Transportation science* 9 (4), 321-343.
- [35] Gartner, F. J., et al., 2001. Implementation of the OPAC adaptive control strategy in a traffic signal network. 4th IEEE Conference Intelligent Transportation Systems, Dearborn 2001, pp. 197–202.
- [36] Gazis, D. C., 2002. *Traffic Theory*. Springer, Boston.
- [37] Gazis, D. C., 1964. Optimum control of a system of oversaturated intersections. *Operational Research* 12 (6), 815–831.
- [38] Hadi, M. A., Wallace C. E., 1993. Hybrid genetic algorithm to optimize signal phasing and timing. *Transportation Research Record* 1421, 104–112.
- [39] Hillier, J. and Rothery, R., 1967. The synchronization of traffic signals for minimum delay. *Transportation Science* 1 (2), 81-94.

- [40] Heidemann, D., 1994. Queue length and delay distributions at traffic signals. *Transportation Research B* 28 (5), 377–389.
- [41] Hunt, P. B., et al, 1982. The SCOOT on-line traffic signal optimization technique. *Traffic Engineering Control* 23 (4), 190–192.
- [42] Improta, G., and Cantarella, G.E. , 1984. Control system design for an individual signalized junction. *Transportation Research Part B* 18 (2), 147–167.
- [43] Jacques, M., et al, 2002. Analyzing different fuzzy traffic signal controllers for isolated intersections. 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington 2002, pp. 18.
- [44] Kronborg, P. and Davidsson, F., 1993. MOVA and LOHVRA: traffic signal control for isolated intersections. *Transportation Research Board* 34 (4), 195-200.
- [45] Kurt M. D. et al, 2006. Traffic Intersections of the Future. Twenty-First National Conference on Artificial Intelligence, Boston 2006, pp. 1593-1596.
- [46] Lan, C., 2004. New optimal cycle length formulation for pretimed signals at isolated intersections. *Journal of Transportation Engineering* 130 (5), 637–647.
- [47] Lei, J., and Ozguner, U., 2001. Decentralized hybrid intersection control. 40th IEEE Conference on Decision and Control 2, Orlando 2001, pp. 1237 - 1242.
- [48] Lim, J. H. et al, 1981. Hierarchical optimal control of oversaturated urban traffic networks. *International Journal of Control* 33 (4), 727–737.
- [49] Lin, F. and Vijayakumar, S., 1988. Adaptive signal control at isolated Intersections. *Journal of Transportation Engineering* 114 (5), 555–573.
- [50] Lin, W. H., 2001. An enhanced 0–1 mixed integer LP formulation for the traffic signal problem. Conference on Intelligent Transportation Systems, Oakland 2001, pp. 191–196.
- [51] Li, M. T. and Gan, A. C., 1999. Signal timing optimization for oversaturated networks using TRANSYT-7F. *Transportation Research Board* 1683, 118-126.
- [52] Little, J. D. C., 1966. The synchronization of traffic signals by mixed-integer-linear-programming. *Operational Research* 14 (4), 568–594.
- [53] Lo, H. K., 2001. A new dynamic traffic control system: Performance of adaptive control strategies for oversaturated traffic. 4th IEEE Conference Intelligent Transportation Systems, Oakland 2001, pp. 404–409.
- [54] Luk, J. Y. K., 1984. Two traffic-responsive area traffic control methods: SCAT and SCOOT. *Traffic Engineering Control* 25 (1), 14–22.
- [55] Lučić, P., Teodorović, D., 2001. “Bee system: modeling combinatorial optimization transportation engineering problems by swarm intelligence. IV Triennial Symposium on Transportation Analysis, Sao Miguel 2001, pp. 441–445.
- [56] Lučić, P., Teodorović, D., “Computing with Bees: Attacking Complex Transportation Engineering Problems”, *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 12, 375-394, (2003).

- [57] Michalopoulos, P.G., Stephanopoulos, G., Pisharody, V.B., 1980. Modelling of traffic flow at signalized links. *Transportation Science* 14 (1), 9–41.
- [58] Michalopoulos, P. G. and Stephanopoulos, G., 1977. Oversaturated signal systems with queue length constraints-I: Single intersection. *Transportation Research* 11 (6), 413–421.
- [59] Michalopoulos, P. G. and Stephanopoulos, G., 1977. Oversaturated signal systems with queue length constraints-II: System of intersections. *Transportation Research* 11 (6), 423–428.
- [60] Miller, A. J., 1963. A computer control system for traffic networks. 2nd International Symposium on the Theory of Road Traffic Theory, London 1963, pp. 200–220.
- [61] Mirchandani, P.B., and Zou, N., 2007. Queuing Models for Analysis of Traffic Adaptive Signal Control. *Intelligent Transportation Systems* 8 (1), 50 - 59.
- [62] Mohamed B. T., et al, 1999. A Two-stage Fuzzy Logic Controller for Traffic Signals. *Transportation Research Part C* 7 (6), 353-367.
- [63] Murat, S., 2006. Comparison of fuzzy logic and artificial neural networks approaches in vehicle delay modeling. *Transportation Research Part C* 14 (5), 316–334.
- [64] Murat, S. and Gedizlioglu, E., 2005. A fuzzy logic multi-phased signal control model for isolated junctions. *Transportation Research Part C* 13 (1), 19–36.
- [65] Nair, B.M. and Cai, J., 2007. A fuzzy logic controller for isolated signalized intersection with traffic abnormality considered. *Intelligent Vehicles Symposium*, Istanbul 2007, pp. 1229 - 1233.
- [66] Newell, G. F., 1998. The rolling horizon scheme of traffic signal control. *Transportation Research part A* 32 (1), 39-44.
- [67] Nikolić M., Teodorović D., "Empirical Study of the Bee Colony Optimization (BCO) Algorithm", *Expert Systems with Applications*, 40, 4609-4620, 2013 .
- [68] Nikolić M., Teodorović D., "Transit network design by Bee Colony Optimization ", *Expert Systems with Applications*, 40, 5945-5955, 2013.
- [69] Olszewski, P.S., 1993. Overall delay, stopped delay, and stops at signalized intersections. *Journal of Transportation Engineering* 119 (6), 835–852.
- [70] Papageorgiou, M., 1994. An integrated control approach for traffic corridors. *Transportation Research C* 3 (1), 19–30.
- [71] Pappis, C.P., Mamdani, E.H., 1977. A fuzzy logic controller for a traffic junction. *Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 7 (10), 707–717.
- [72] Park, E. S., et al, 1984. Hierarchical optimal control of urban traffic networks. *International Journal of Control* 40 (4), 813–829.
- [73] Powell, J.L., 1998. Field Measurement of Signalized Intersection Delay for 1997 Update of the Highway Capacity Manual. *Transportation Research Record* 1416, pp. 79-86.
- [74] Qiao, F., Yi, P., Yang, H., Devarakonda, S., 2002. Fuzzy logic based intersection delay estimation. *Mathematical and Computer Modelling* 36 (11-13), 1425–1434.
- [75] Rathi, A. K., 1988. A control scheme for high traffic density sectors. *Transportation Research Part B* 22 (2), 81-101.

- [76] Rawlings, J. B., 2000. Tutorial overview of model predictive control. *Control System* 20 (3), 38–52.
- [77] Renfrew, D. and Yu, X. H., 2009. Traffic signal control with swarm intelligence. *Natural Computation Fifth International Conference, Tianjin 2009*, pp.79-83.
- [78] Renfrew, D. and Yu, X. H., 2012. Traffic signal optimization using ant colony algorithm. *The International Joint Conference, Brisbane 2012*, pp. 1-7.
- [79] Robertson, D. I. 1969. TRANSYT method for area traffic control. *Traffic Engineering and Control*, 11 (6), 276–281.
- [80] Robertson, D. I., and Bretherton, R. D., 1991. Optimizing networks of traffic signals in real-time: the SCOOT method. *Transportation on Vehicular Technology* 40 (1), 11-15.
- [81] Saka, A., 1986. Traffic signal timing at isolated intersections using simulation optimization. *18th conference on Winter simulation, New York 1986*, pp. 795-801.
- [82] Sheffi, Y. and Powell, W., 1983. Optimal Signal Settings Over Transportation Networks. *Journal of Transportation Engineering* 109(6), 824–839.
- [83] Singh, M. G. and Tamura, H., 1974. Modeling and hierarchical optimization of oversaturated urban traffic networks. *International Journal of Control* 20 (6), 269–280.
- [84] Sen, S. and Head, L., 1997. Controlled optimization of phases at an intersection. *Transportation Science* 31 (1), 5–17.
- [85] Soh, A. et al, 2010. MATLAB simulation of fuzzy traffic controller for multilane isolated intersection. *International Journal on Computer Science and Engineering* 2 (4), 924-933.
- [86] Stephanopoulos, G., Michalopoulos, P.G., 1979. Modelling and analysis of traffic queue dynamics at signalized intersections. *Transportation Research Part A* 13 (5), 295–307.
- [87] Taha, H., 2003. *Operations research*. Upper Saddle River, New Jersey.
- [88] Teodorović, D., “Transport Modeling by Multi-Agent Systems: A Swarm Intelligence Approach”, *Transportation Planning and Technology*, 26, 289-312, (2003).
- [89] Teodorović, D., 2008. Swarm intelligence systems for transportation engineering: Principles and applications. *Transportation Research Part C* 16 (6), 651–782.
- [90] Teodorović, D., Bee Colony Optimization (BCO), in *Innovations in swarm intelligence*, Editors Chee Peng Lim, Lakhmi C. Jain, Satchidananda Dehuri, 39-60, Springer, Berlin Heidelberg, (2009).
- [91] Teodorović, D., Dell’Orco, M., 2005. Bee colony optimization – a cooperative learning approach to complex transportation problems. In *Advanced OR and AI Methods in Transportation*. 10th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, Poznan 2005, pp. 51–60.
- [92] Teodorović, D., Dell’Orco, M., “Mitigating Traffic Congestion: Solving the Ride-Matching Problem by Bee Colony Optimization “, *Transportation Planning and Technology*, 31, 135-152, (2008).
- [93] Teodorović, D., Lucić, P., Popović, J., Kikuchi, S., Stanić, B., 2001. Intelligent isolated intersection. *10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Melbourne 2001*, pp. 276–279.

- [94] Trabia, M. et al, 1999. A two-stage fuzzy logic controller for traffic signals. *Transportation Research Part C* 7 (6), 353–367.
- [95] TRB, 2010. Special Report 209, Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, USA.
- [96] Vincent, R. A. and Young, C. P., 1986. Self-optimizing traffic signal control using microprocessor: The TRRL “MOVA” strategy for isolated intersections. *Traffic Engineering and Control* 27 (7-8), 385–387.
- [97] Webster, F.V., 1958. Traffic signal settings. Road Research Technical Paper, No. 39, Road Research Laboratory, Her Majesty Stationary Office, London, UK.
- [98] Wey, W.M., 2000. Model formulation and solution algorithm of traffic signal control in an urban network. *Computers, Environment and Urban Systems*, 24 (4), 355-377.
- [99] Wong, S.C., et al., 2002. Group-based optimization of a time-dependent TRANSYT traffic model for area traffic control. *Transportation Research Part B* 36 (4), 291–312.
- [100] Wong, S.C., 1995. Derivatives of performance index for the traffic model from TRANSYT. *Transportation Research B* 29 (5), 303–327.
- [101] Wunderlich, R., et al, 2008. A novel signal-scheduling algorithm with quality-of-service provisioning for an isolated intersection. *Intelligent Transportation Systems* 9 (3), 536 - 547.
- [102] Yagoda, H. N., et al, 1973. Subdivision of Signal Systems into Control Areas. *Traffic Engineering* 43 (12), 42-45.
- [103] Yang, H., 1995. Traffic assignment and signal control in saturated road networks. *Transportation Research Part A* 29 (2), 125–139.
- [104] Yang, X. H. et al, 2009. Multi-objective cycle length optimization using ant colony optimization algorithm. *Logistics*, 4108-4118.
- [105] Yang, Z., et al, 2006. Multi-phase traffic signal control for isolated intersections based on genetic fuzzy logic. *The sixth world congress on intelligent control and automation, Dalian 2006*, pp. 3391-3395.
- [106] Yuan, C., et al, 2006. Fixed cycle strategy in oversaturated network traffic control. *The sixth world congress on intelligent control and automation, Dalian 2006*, pp. 8674-8678.
- [107] Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control* 8.
- [108] Zarandi, M. and Rezapour, S., 2009. A fuzzy signal controller for isolated intersections. *Journal of Uncertain Systems* 3 (3), 174-182.
- [109] Zhang, G. and Wang, Y., 2011. Optimizing minimum and maximum green time settings for traffic actuated control at isolated intersections. *Intelligent Transportation Systems* 12 (1), 164-173.

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе од којих ће се полазити у изради ове докторске дисертације су:

- Управљање радом светлосних сигнала представља изузетно важан инжењерски проблем с обзиром на све већа саобраћајна загушења која настају у урбаним срединама;
- Уочени проблем спада у групу сложених проблема комбинаторне оптимизације, тако да се као алат за његово решавање могу успешно примењивати метахеуристички алгоритми;
- Метахеуристика Оптимизација колонијом пчела, испирисана понашањем социјалних инсеката у природи, успешно је примењивана за решавање различитих проблема комбинаторне оптимизације током последње деценије. Очекује се да је могуће решавати сложене проблеме избора сигналних планова за управљање саобраћајем применом модела заснованих на овој метехеуристици.

4. Научне методе истраживања

Током израде докторске дисертације користиће се софтверски пакет “TRANSYT-7F” (који разматрани проблем решава применом генетских алгоритама), метахеуристички алгоритам Оптимизација колонијом пчела, динамичко програмирање, компромисно програмирање и методе математичке статистике. Метахеуристички алгоритам *Bee Colony Optimization* (Оптимизација колонијом пчела) који је настао пре више од једне деценије успешно је коришћен за решавање више различитих проблема саобраћајног инжењерства. Модели засновани на овом концепту објављени су у већем броју водећих међународних научних часописа (*Computers & Operations Research, Optimization, Journal of Heuristics, Expert Systems with Applications, Transportation Research C, Transportation Planning and Technology*). Главни аутор овог алгоритма је Академик Душан Теодоровић, који је предложен за ментора ове дисертације. Оптимизација колонијом пчела је доживела изузетан одјек у међународној научној јавности о чему сведочи и преко 900 цитата радова који се односе на овај алгоритам. (<http://scholar.google.com/citations?user=KKUm6s4AAAAJ&hl=en>). Оптимизацију колонијом пчела је такође, током протекле деценије, користио и већи број аутора из различитих земаља света приликом решавања различитих инжењерских и управљачких проблема. Изузетан успех Оптимизације колонијом пчела утицао је на ментора и кандидата да се одреде за развој модела заснованог на принципима колективне интелигенције и аналогијама са понашањем социјалних инсеката у природи. Резултати добијени применом Оптимизације колонијом пчела ће бити верификовани после детаљног поређења са резултатима које је могуће добити другим инжењерским методама и постојећим метахеуристичким алгоритмима.

За потребе развоја алгоритма биће развијани програмски кодови у програмском језику “Java” и “C#”.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да се у докторској дисертацији остваре следећи научни доприноси:

1. Оригинална математичка формулација проблема управљања изолованом раскрсницом у случају *fix time* управљања

2. Оригинална математичка формулација проблема управљања групом координисаних раскрсница у случају *fix time* управљања
3. Оригинални модел за израчунавање дужине циклуса и расподеле зелених времена на изолованој раскрсници
4. Оригинални модел за израчунавање дужине циклуса, расподеле зелених времена и помака зелених времена у случају групе раскрсница
5. Оригинални софтвер за управљање радом светлосних сигнала заснован на концепту колективне интелигенције
6. Доказ да се и у случају изоловане сигнализационе раскрснице и у случају групе координисаних раскрсница применом модела развијених у докторској дисертацији добијају решења боља (по критеријумима укупног броја заустављених возила и/или укупних временских губитака возила) од решења добијених стандардним инжењерским методама и другим метахеуристичким алгоритмима

Остварени научни резултати ће бити саопштени на домаћим и међународним научним скуповима и публиковани у домаћим и међународним научним часописима.

Очекује се да ће рад, поред научног доприноса, имати и практичну вредност. Велики број тестираних нумеричких примера из саобраћајне инжењерске праксе несумњиво ће показати применљивост предложене метахеуристике и могућност њене даље имплементације.

6. План истраживања и структура рада

Имајући у виду мотиве за избор теме, као и предмет и научни циљ рада, предлаже се следећа, оквирна, структура рада:

- Уводне напомене, образложење одабране теме, дефинисање циљева и значаја истраживања, опис проблема;
- Дефинисање проблема управљања радом светлосних сигнала;
- Преглед литературе од значаја, критички преглед досадашњих резултата који се односе на тему;
- Детаљан опис метахеуристике Оптимизација колонијом пчела, различити концепти овог алгоритма, могуће имплементације и модификације;
- Примена оптимизационих техника на решавање проблема управљања радом светлосних сигнала;
- Решавање проблема управљања радом светлосних сигнала, упоредан приказ резултата добијених применом метахеуристике Оптимизација колонијом пчела и применом софтверског пакета "TRANSYT-7F";
- Примена предложене метахеуристике на проблем прорачуна сигналних планова индивидуалне раскрснице при "fix-time" управљању;
- Примена предложене метахеуристике на проблем прорачуна сигналних планова зоне раскрсница при "fix-time" управљању;
- Указивање на могућности примене предложене метахеуристике на проблем прорачуна сигналних планова при "real-time" управљању;
- Анализа и дискусија добијених резултата, поређење са резултатима у референтној литератури;
- Закључна разматрања, могуће примене развијене метахеуристике, недостаци, научни допринос и правци даљег истраживања.

7. Закључак и предлог

На основу увида у пријаву теме докторске дисертације, као и на основу успешно одбрањеног предлога истраживања у оквиру докторске дисертације пред Комисијом, 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 Александар Јовановић подобан да ради на предложеној теми докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Саобраћајног факултета да прихвати предложену тему и кандидату Александару Јовановићу одобри израду докторске дисертације под називом: ИЗБОР СИГНАЛНИХ ПЛАНОВА ЗА УПРАВЉАЊЕ САОБРАЋАЈЕМ ПРИМЕНОМ ОПТИМИЗАЦИЈЕ КОЛОНИЈОМ ПЧЕЛА. Тема припада ужој научној области „Операциона истраживања у саобраћају“. Комисија такође предлаже да се за ментора докторске дисертације одреди др Душан Теодоровић, дописни члан САНУ, редовни професор Саобраћајног факултета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Душан Теодоровић, дипл. инж. саоб.
редовни професор Универзитета у Београду,
Саобраћајног факултета

.....
Проф. др Смиљан Вукановић, дипл. инж. саоб.
редовни професор Универзитета у Београду,
Саобраћајног факултета

.....
Проф. др Вера Вујчић, дипл. мат. редовни
професор Универзитета у Београду, Факултета
организационих наука