

UNIVERZITET U BEOGRADU

SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Vojvode Stepe 305, Beograd

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

KOMISIJI ZA DOKTORSKE STUDIJE

Predmet: Ocena naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata Predraga Grozdanovića, master inženjera saobraćaja.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Saobraćajnog fakulteta (br. 624/4 od 16.5.2024. godine) održanog 14.5.2024. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije Predraga Grozdanovića, master inženjera saobraćaja, pod nazivom „Rešavanje problema rutiranja i lokacijskih problema u uslovima poremećaja na mreži primenom metoda operacionih istraživanja“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama na Univerzitetu u Beogradu, Komisija podnosi sledeći:

IZVEŠTAJ

1. PODACI O KANDIDATU

1.1 Biografski podaci

Kandidat Predrag Grozdanović, master inž. saobraćaja, rođen je 28.11.1997. godine u Beogradu. Osnovnu školu „Mile Dubljević“ završio je u Lajkovcu kao odličan đak. Srednju školu „Tehnička škola“ u Valjevu završio je 2016. godine kao đak generacije i nosilac Vukove diplome. Osnovne akademske studije završio je sa prosečnom ocenom 9,96. Završni rad pod nazivom „Projektovanje mreže za upravljanje otpadom na primeru Kolubarskog okruga“ odbranio je septembra 2020. godine na Odseku za logistiku Univerziteta u Beogradu - Saobraćajnog fakulteta. Master akademske studije na studijskom programu „Operaciona istraživanja u saobraćaju“ završio je septembra 2021. godine odbranom master rada na temu „Planiranje ruta vozila u cilju optimizacije potrošnje goriva“. Prosečna ocena kandidata tokom master akademskih studija bila je 10. Doktorske akademske studije na studijskom programu „Saobraćaj“ Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu upisao je 2021. godine i položio sve ispite predviđene nastavnim planom sa prosečnom ocenom 10.

Od 2021. godine angažovan je na Univerzitetu u Beogradu – Saobraćajnom fakultetu prvo kao student demonstrator na Katedri za Operaciona istraživanja u saobraćaju, a zatim od 2022. godine kao asistent za užu naučnu oblast Operaciona istraživanja u saobraćaju. Učestvovao je u nastavi kao demonstrator na predmetima Analiza transportnih mreža i Operaciona istraživanja. Od 2022. godine, angažovan je kao asistent na izvođenju vežbi na sledećim predmetima na osnovnim akademskim studijama: Operaciona istraživanja, Analiza transportnih mreža i Računarska inteligencija u saobraćaju. Na Master akademskim studijama angažovan je na izvođenju vežbi na predmetima Primena veštačke inteligencije u saobraćaju, Meki račun i primene u saobraćaju, Deterministički modeli operacionih istraživanja i Metaheuristički algoritmi inspirisani prirodom i primene u saobraćaju. Autor je i koautor na 10 naučnih radova objavljenih u časopisima od međunarodnog značaja, saopštenih na domaćim i međunarodnim naučnim i stručnim skupovima. Engleski jezik poznaje na naprednom nivou. Boravio je na razmeni studenata u Češkoj, na Univerzitetu u Pardubicama u trajanju od mesec dana u okviru programa CEPUS. Bio je učesnik na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

1.2 Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Položeni ispiti

Tokom doktorskih studija položio je 9 ispita i odbranio godišnji rad na seminaru, ostvarivši prosečnu ocenu 10 i ukupno 100 ESPB. Spisak položenih ispita i ispunjenih obaveza u toku doktorskih studija dat je u tabeli ispod (Tabela 1).

Tabela 1. Položeni ispiti i ispunjene obaveze u toku doktorskih studija

R.br.	Naziv ispita/obaveze	ESPB	Ocena
1.	Sistemi za podršku odlučivanju u saobraćaju i transportu	10	10
2.	Big Data tehnologije u saobraćaju, transportu i logistici	10	10
3.	Nauka o podacima u saobraćaju	10	10
4.	Poslovna logistika – odabrana poglavlja	10	10
5.	Simulaciono modeliranje u planiranju i upravljanju logističkim sistemima	10	10
6.	Odabrana poglavlja zelene logistike i logistike povratnih tokova	10	10
7.	Efikasnost logističkih procesa	10	10
8.	Modeli za integrisano upravljanje zalihama i snabdevanjem	10	10
9.	Odabrana poglavlja iz logistike opasnih materija	10	10
10.	Godišnji rad na seminaru	10	+
Ukupno		100	

Kandidat je dana 14.5.2024. godine podneo Prijavu teme doktorske disertacije pod radnim nazivom „Rešavanje problema rutiranja i lokacijskih problema u uslovima poremećaja na mreži primenom metoda operacionih istraživanja“. Uspešno je odbranio predlog istraživanja u okviru doktorske disertacije dana 28.5.2024. godine i time stekao još 20 ESPB bodova. Time je kandidat ostvario ukupno **120 ESPB** bodova

Bibliografija radova kandidata

Rad objavljen u međunarodnom časopisu sa IF (bez kategorije):

1. **Grozdanović P.**, Gligorijević A., Andrejić M., Nikolić M., & Kilibarda M. (2023). A New Model for Determining the Price of Product Distribution Based on Fuzzy Logic. *Logistics*, 7(3), pp.62–62. <https://doi.org/10.3390/logistics7030062>. (IF₂₀₂₃=3,8)

Radovi sa međunarodnih konferencija štampani u celini (M33)

2. **Grozdanović P.**, Nikolić M., & Vukadinović K. (2021). Solving the Vehicle Routing Problem With Time Windows and Optimization of Fuel Consumption By Heuristic Algorithms. In *Proceedings of the XLVIII International Symposium on Operational Research SYM-OP-IS*. Banja Koviljača, Serbia, 20-23. september, pp.573-578, ISBN: 978-86-7589-151-2. <http://www.symopis2021.matf.bg.ac.rs/download/Zbornik-SYM-OP-IS2021.pdf>
3. **Grozdanović P.**, Kukić K., Uzelac A., & Janković S. (2022). Prediction of Consequences of Traffic Accidents Model Based on Logistic Regression Alorithm. In *Proceedings of the XLIX International Symposium on Operational Research SYM-OP-IS*. Vrnjačka Banja, Serbia, 19-22 september, pp.587-592, ISBN: 978-86-403-1750-4. <https://symopis2022.ekof.bg.ac.rs/download/Zbornik%20-%20Sym-Op-Is%202022.pdf>
4. Nikolić M., Šelmic M., & **Grozdanović P.** (2022). Solving the vehicle routing problem with heterogeneous vehicles by the Bee Colony Optimization metaheuristic. In *Proceedings of the 5th Logistics International Conference LOGIC 2022*. Belgrade, Serbia, 26-27. may, pp.118-126, ISBN: 978-86-7395-453-0. <https://logic.sf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/LOGIC-2022-Proceedings-website.pdf>
5. Dimitrijević B., **Grozdanović P.**, Ratković B., & Nikolic M. (2023). An interdiction location model with implementation ih health system. in *Proceedings of the L International Symposium on Operational Research SYM-OP-IS*. Tara, Serbia, 18-21 september. pp.393-398, ISBN: 978-86-335-0836-0. <http://www.symopis2023.mod.gov.rs/download/SIM-OP-IS-2023-Zbornik.pdf>.
6. Rovinac M., , **Grozdanović P.**, Šelmić M., & Netjasov F. (2023). Fuzzy Logic Model for Evaluating the Possibility of Aircraft Landing Depending on Meteorological Conditions. in *Proceedings of the L International Symposium on Operational Research SYM-OP-IS*. Tara, Serbia, 18-21 september, pp.857-862, ISBN: 978-86-335-0836-0. <http://www.symopis2023.mod.gov.rs/download/SIM-OP-IS-2023-Zbornik.pdf>.
7. **Grozdanović P.**, & Popović D. (2023). Mathematical Model for Solving the Problem of Emergency Blood Distribution. in *Proceedings of the L International Symposium on Operational Research SYM-OP-IS*. Tara, Serbia. 18-21. september. pp.423-428. ISBN: 978-86-335-0836-0. <http://www.symopis2023.mod.gov.rs/download/SIM-OP-IS-2023-Zbornik.pdf>.

Saopštenje sa međunarodne konferencije štampano u izvodu (M34)

8. **Grozdanović P.**, Nikolić M., Šelmić M., & Macura D. (2023). Prediction of the Freight Train Energy Consumption with the Time Series Models. in *Abstract Proceedings of 10th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis*. Belgrade, Serbia, 25-28 march, pp.58, ISBN: 978-86-7395-467-7.

Rad objavljen u vrhunskom časopisu nacionalnog značaja (M51)

9. **Grozdanović P.**, Nikolić M., Šelmić M., & Macura D. (2024). Prediction of the Freight Train Energy Consumption with the Time Series Models. *Economic Themes*, 62(1), pp. 1-17, ISSN: 0353-8648. DOI 10.2478/ethemes-2024-0001

Saopštenje sa konferencije nacionalnog značaja štampano u celini (M63)

10. **Grozdanović P.**, Janković S., Uzelac A., & Mladenović S. (2022). Primena MongoDB baze podataka u analizi saobraćajnih nezgoda. u *Zborniku radova sa YU INFO*. Kopaonik, Srbija, 13-16. mart, str.195-200, ISBN: 978-86-85525-27-8.
<https://www.yuinfo.org/zbornici/2022/YUINFO2022.pdf>

1.3 Izveštaj sa javne usmene odbrane predložene teme doktorske disertacije

Javna usmena odbrana predložene teme doktorske disertacije održana je 28.5.2024. godine na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu, pred Komisijom u sastavu:

1. Prof. dr Milica Šelmić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet;
2. Prof. dr Nenad Bjelić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet;
3. Prof. dr Dragan Urošević, naučni savetnik, Matematički institut Srpske akademije nauka i umetnosti;

Usmena odbrana predložene teme doktorske disertacije počela je u 10:00 časova.

Na početku odbrane predsednik Komisije prof. dr Milica Šelmić upoznala je prisutne sa hronologijom prijave teme i odlukama Nastavno-naučnog veća. Zatim je izneta i kratka biografija kandidata sa osnovnim podacima o prijavljenoj temi doktorske disertacije.

Odbrana je nastavljena prezentacijom osnovnih postavki predložene teme, koju je izložio Kandidat u trajanju od 25 minuta.

Po završenoj prezentaciji, članovi Komisije su Kandidatu postavili po nekoliko pitanja i dali sugestije za dalji rad na predloženoj temi.

Komisija se potom povukla na većanje i jednoglasno donela sledeći zaključak:

Komisija je konstatovala da je izlaganje Kandidata bilo jasno, koncizno i kvalitetno, i da je Kandidat uspešno odgovorio na sva postavljena pitanja. Komisija je donela zaključak da je Kandidat uspešno odbranio predloženu temu i time stekao pravo da nastavi rad na doktorskoj disertaciji.

Usmena odbrana predložene teme doktorske disertacije završena je u 11:10 časova. Sa usmene odbrane načinjen je Izveštaj koji su potpisali svi članovi Komisije od dana 28.5.2024. godine. Izveštaj je zaveden pod brojem 624/5 od dana 28.5.2024. godine.

1.4 Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu uvida u navedene podatke o kandidatu, spiska položenih ispita na doktorskim studijama, objavljenih naučno istraživačkih radova Komisija smatra da kandidat Predrag Grozdanović, master inženjer saobraćaja, ispunjava sve uslove za izradu doktorske disertacije na temu: **„Rešavanje problema rutiranja i lokacijskih problema u uslovima poremećaja na mreži primenom metoda operacionih istraživanja“**.

Kandidat je ispunio sve obaveze predviđene nastavnim planom i programom doktorskih akademskih studija Univerziteta u Beogradu – Saobraćajnog fakulteta (Pravilnik doktorskih akademskih studija Univerziteta u Beogradu – Saobraćajnog fakulteta – Studijski program Saobraćaj) i stekao formalne uslove za izradu doktorske disertacije. U dosadašnjem celokupnom radu kandidat je pokazao istraživačku radoznalost, sistematičnost i smisao za naučno-istraživački rad. Uvidom u dosadašnji naučni i stručni rad, kao i u reference kandidata koje ga kvalifikuju za uspešan i efikasan rad na predloženoj temi, Komisija smatra da je Predrag Grozdanović, master inženjer saobraćaja, podoban da odbrani predloženu temu.

Na osnovu uvida u prijavu teme doktorske disertacije, kao i na osnovu uspešno odbranjenog predloga istraživanja u okviru doktorske disertacije, Komisija zaključuje da je tema koju predlaže kandidat u naučnom i stručnom smislu značajna i aktuelna i da pruža mogućnost za postizanje naučnog doprinosa koji je kandidat naveo i obrazložio u prijavi.

2. PREDMET I NAUČNI CILJ ISTRAŽIVANJA

Istaživanje planirano u okviru disertacije ima dva cilja. Prvi cilj istraživanja je da se razvije pristup koji će obezbediti sigurne lance snabdevanja bolnica krvlju u slučaju poremećaja. Drugi cilj je razvoj pristupa koji će pored identifikovanja najosetljivijih objekata u zdravstvenom sistemu omogućiti da se izvrši i zaštita najvažnijih i to uz balansiranu preraspodelu pogođenih korisnika na objekte koji su u funkciji. Za postizanje prvog cilja ovog rada potrebno je izvršiti kreiranje modela koji će omogućiti da se zahtevana količina krvi isporuči bolnici najbližoj mestu poremećaja u što kraćem vremenskom roku, a da se pri tome vodi računa da se ne naruši normalan rad preostalih bolnica u sistemu kroz balansirano narušavanje zaliha krvi. Ideja kreiranja opisanog modela, što bi ujedno bila i prednost tog modela u odnosu na neke modele u literaturi, je to što bi se on bavio distribucijom raspoloživih zaliha krvi u sistemu. Distribucija krvi se vrši iz dva tipa objekata: instituta za transfuziju i bolnica. Institut za transfuziju je objekat u zdravstvenom sistemu čija je osnovna namena prikupljanje krvi sa ciljem snabdevanja bolnica. Iz tog razloga distribucija krvi se prvo realizuje iz instituta, a tek ukoliko u institutu nema dovoljno krvi da zadovolji zahteve, u plan distribucije uključuju se i ostale bolnice koje nisu zahvaćene poremećajem. Prilikom preuzimanja jedinica krvi iz bolnica vodi se računa o nivou zaliha krvi. Svaka bolnica ima minimalni nivo zaliha krvi koji ne treba prekoračiti ako je to moguće. Cilj je da se krv iz bolnica preuzme na način da se njihove zalihe što manje naruše, odnosno da se ostvari balansirano kršenje zaliha u objektima.

Pored potrebe za kreiranjem lanca za snabdevanje krvlju, u slučaju raznih prirodnih katastrofa, terorističkih napada ili drugih uzroka poremećaja, jedan ili više objekata u zdravstvenom sistemu može biti ugrožen ili zatvoren. U tom smislu, jedan od pravaca delovanja može biti identifikacija najugroženijih objekata, ali i kreiranje strategije kako bi, kada dođe do poremećaja, u što kraćem vremenskom roku, korisnici pogođeni poremećajem bili preraspodeljeni na najbolji mogući način na preostale funkcionalne objekte u sistemu, odnosno pružiti im zdravstvene usluge u prihvatljivom roku. Ovako postavljeni problem u literaturi se rešava modelom poznatim pod nazivom model *r*-interdikcije. Pored identifikovanja najugroženijih objekata i kreiranja strategije preraspodele korisnika pogođenih poremećajem može se razmatrati i zaštita najvažnijih objekata u sistemu. Ovako postavljen problem može se posmatrati iz ugla napadača i odbrane. Napadač ima za cilj da isključi iz sistema one objekte čije će isključenje izazvati najveći poremećaj u sistemu. S druge strane, cilj odbrane je da zaštiti najosetljivije objekte u sistemu tako da ih napadač ne može

kompromitovati. Na ovaj način odbrana minimizira dimenzije ometanja koje napadač može da proizvede. Takođe, treba napomenuti da broj objekata koje napadač napada, kao i broj objekata zaštićenih odbranom, zavisi od raspoloživih resursa. Za rešavanje ovog problema u literaturi se koriste modeli na dva nivoa koji definišu cilj napadača kao problem nižeg nivoa (problem sledbenika), a cilj odbrane kao problem višeg nivoa (problem lidera). Poznat naziv za model na dva nivoa koji se bavi rešavanjem opisanog problema je model *r*-interdikcije i *p*-fortifikacije.

U skladu sa prethodno navedenim, ***predmet istraživanja*** može se razložiti na:

- Analiza načina rada i funkcionisanja zdravstvenog sistema u normalnim uslovima i u uslovima poremećaja kada je u pitanju distribucija krvi do objekata, zaštita najvažnijih objekata u sistemu i preraspodela korisnika;
- Analiza načina za modeliranje problema rutiranja i lokacijskih problema u slučaju poremećaja na mreži;
- Razvoj matematičkih formulacija za probleme određivanja ruta za distribuciju krvi na lokacije poremećaja uz balansirano kršenje potrebnog nivoa zaliha krvi u sistemu, i za identifikovanje najvažnijih objekata u sistemu uz preraspodelu pogođenih korisnika na objekte koji su u funkciji, kako bi svi korisnici dobili zahtevanu uslugu;
- Razvoj metaheurističkih algoritama za rešavanje razmatranih problema;
- Testiranje modela na realnim primerima zdravstvenog sistema Srbije;
- Analiza dobijenih rezultata i izvlačenje zaključaka o mogućim rešenjima distribucije krvi i preraspodele korisnika medicinskog sistema u slučaju poremećaja na mreži.

Osnovni cilj istraživanja je da se razviju efikasni modeli za rešavanje problema rutiranja i lokacijskih problema u slučaju poremećaja na mreži. Modeli za rešavanje problema rutiranja treba da obezbede održiv lanac snabdevanja krvlju u uslovima poremećaja na mreži u pogledu što brže isporuke zahtevane krvi, a uz što manje, odnosno balansirano kršenje zaliha krvi u sistemu. Sa druge strane, lokacijski modeli treba da služe kao pomoć pri donošenju odluka o zaštiti najvažnijih objekata u medicinskom sistemu i preraspodeli pogođenih korisnika na objekte u njihovoj blizini koji su u funkciji, a sve sa ciljem pružanja zahtevane usluge svim korisnicima.

Cilj je da se analizom rezultata primene ovih modela na odabranim delovima zdravstvenog sistema Republike Srbije dobije potvrda mogućnosti njihove primene u praksi. Na taj način bi primena kreiranih modela omogućila podršku za donošenje strateških i operativnih odluka u uslovima poremećaja na mreži koje bi obezbedile jak i održiv lanac snabdevanja krvlju, kao i jak i dobro organizovan zdravstveni sistem, čak i u uslovima poremećaja. Dakle, osnovni cilj moguće je razložiti na više naučnih potciljeva:

- Razvoj modela za određivanje ruta prilikom distribucije krvi na lokacije poremećaja uz balansirano narušavanje zaliha krvi u sistemu;
- Razvoj modela za identifikovanje i zaštitu najugroženijih objekata u sistemu u slučaju poremećaja na mreži, uz preraspodelu korisnika pogođenih poremećajem na objekte koji su u funkciji, sa ciljem pružanja zahtevane usluge svim korisnicima u sistemu;
- Testiranje razvijenih modela na odabranim delovima zdravstvenog sistema Republike Srbije;

- Analiza rezultata i donošenje zaključaka koji treba da olakšaju donošenje odluka na strateškom i operativnom nivou u uslovima poremećaja na mreži, a u cilju što bolje organizacije i funkcionisanja sistema.

Kao osnovna literatura koristiće se obiman skup naučno-stručnih radova, od kojih se izdvajaju:

Aksen, D., Aras, N., Piyade, N., 2013. A Bilevel p-median model for the planning and protection of critical facilities. *J. Heuristics* 19, 373–398. <https://doi.org/10.1007/s10732-011-9163-5>

Aliakbarian, N., Dehghanian, F., Salari, M., 2015. A bi-level programming model for protection of hierarchical facilities under imminent attacks. *Comput. Oper. Res.* 64, 210–224. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2015.05.016>

Andersson, H., Hoff, A., Christiansen, M., Hasle, G., Løkketangen, A., 2010. Industrial aspects and literature survey: Combined inventory management and routing. *Comput. Oper. Res.* 37, 1515–1536. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.11.009>

Asadpour M, Olsen TL, Boyer O (2022) An updated review on blood supply chain quantitative models: A disaster perspective. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 158:102583. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102583>

Bell, W.J., Dalberto, L.M., Fisher, M.L., Greenfield, A.J., Jaikumar, R., Kedia, P., Mack, R.G., Prutzman, P.J., 1983. Improving the Distribution of Industrial Gases with an On-Line Computerized Routing and Scheduling Optimizer. *Interfaces* 13, 4–23. <https://doi.org/10.1287/inte.13.6.4>

Bodin, L., Golden, B., Assad, A., Ball, M., 1983. Routing and scheduling of vehicles and crews - : The state of the art. *Computers & Operations Research*.

Campbell, A.M., Savelsbergh, M.W.P., 2004. A Decomposition Approach for the Inventory-Routing Problem. *Transp. Sci.* 38, 488–502. <https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0054>

Cavaliere, G., Alfalasi, R., Jasani, G., Ciottone, G., Lawner, B., 2021. Terrorist attacks against healthcare facilities: a review. *Health security* 19 (5), 546–550.

Church, R.L., Scaparra, M.P., 2007. Protecting Critical Assets: The r -Interdiction Median Problem with Fortification. *Geogr. Anal.* 39, 129–146. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2007.00698.x>

Church, R.L., Scaparra, M.P., Middleton, R.S., 2004. Identifying Critical Infrastructure: The Median and Covering Facility Interdiction Problems. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 94, 491–502. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.00410.x>

Clarke, G., Wright, J.W., 1964. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. *Oper. Res.* 12, 568–581. <https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>

- Coelho, L.C., Cordeau, J.-F., Laporte, G., 2014. Thirty Years of Inventory Routing. *Transp. Sci.* 48, 1–19. <https://doi.org/10.1287/trsc.2013.0472>
- Collado, R. A., Papp, D., 2012. Network interdiction—models, applications, unexplored directions. *Rutcor Res Rep, RRR4*, Rutgers University, New Brunswick, NJ.
- Dantzig, G.B., Ramser, J.H., 1959. The truck dispatching problem. *Management Science* 6, 80–91.
- Farahani, R.Z., Hekmatfar, M., Fahimnia, B., Kazemzadeh, N., 2014. Hierarchical facility location problem: Models, classifications, techniques, and applications. *Comput. Ind. Eng.* 68, 104–117. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.12.005>
- Hansen, P., Mladenović, N., Moreno Pérez, J.A., 2010. Variable neighbourhood search: methods and applications. *Ann. Oper. Res.* 175, 367–407. <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0657-6>
- Hansen, P., Mladenović, N., Urošević, D. 2006. Variable neighborhood search and local branching. *Computers & Operations Research*, 33(10), 3034-3045. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.02.033>
- Kalashnikov, V.V., Dempe, S., Pérez-Valdés, G.A., Kalashnykova, N.I., Camacho-Vallejo, J.-F., 2015. Bilevel Programming and Applications. *Math. Probl. Eng.* 2015, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2015/310301>
- Khanduzi, R., Rastegar, A., 2021. Designing a cooperative hierarchical model of interdiction median problem with protection and its solution approach: A case study of health-care network. In *Intelligent IoT Systems in Personalized Health Care* (pp. 53-88). Academic Press.
- Khanduzi, R., Sangaiah, A. K., 2019. A fast genetic algorithm for a critical protection problem in biomedical supply chain networks. *Applied Soft Computing*, 75, 162-179.
- Letchford, A.N., Lysgaard, J., Eglese, R.W., 2007. A branch-and-cut algorithm for the capacitated open vehicle routing problem. *J. Oper. Res. Soc.* 58, 1642–1651. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602345>
- Li, L.Y.O., Fu, Z., 2002. The school bus routing problem: a case study. *J. Oper. Res. Soc.* 53, 552–558. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601341>
- Li, Q., Li, M., Zhang, R., Gan, J., 2021. A stochastic bilevel model for facility location-protection problem with the most likely interdiction strategy. *Reliab. Eng. Syst. Saf.* 216, 108005. <https://doi.org/10.1016/j.res.2021.108005>
- López-Sánchez, A.D., Sánchez-Oro, J., Hernández-Díaz, A.G., 2019. GRASP and VNS for solving the p-next center problem. *Comput. Oper. Res.* 104, 295–303. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.12.017>

- Lu, S., Ma, C., Kong, M., Zhou, Z., Liu, X., 2022. Solving a stochastic hierarchical scheduling problem by VNS-based metaheuristic with locally assisted algorithms. *Appl. Soft Comput.* 130, 109719. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109719>
- Maleki, H.R., Khanduzi, R., 2015. Modeling r-interdiction median problem with fortification in a fuzzy environment, in: 2015 4th Iranian Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems (CFIS). Presented at the 2015 4th Iranian Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems (CFIS), IEEE, Zahedan, Iran, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/CFIS.2015.7391685>
- Mirzaei, E., Bashiri, M., Shemirani, H.S., 2019. Exact algorithms for solving a bi-level location–allocation problem considering customer preferences. *J. Ind. Eng. Int.* 15, 423–433. <https://doi.org/10.1007/s40092-018-0302-6>
- Mladenovic, N., 1995. A Variable neighborhood algorithm - a new metaheuristic for combinatorial optimization, in: *Book of Abstracts, Optimization Days. Montreal*, p. 112.
- Mladenović, N., Hansen, P., 1997. Variable Neighborhood Search. *Computers and Operations Research* 24, 1097–1100.
- Pichpibul, T., Kawtummachai, R., 2013. A Heuristic Approach Based on Clarke-Wright Algorithm for Open Vehicle Routing Problem. *Sci. World J.* 2013, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2013/874349>
- Popović, D., 2015. Problem rutiranja sa zaliham: modeliranje i analiza performansi. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- Rasprostranjenost krvnih grupa u svetu i Srbiji – Medlab [WWW Document], n.d. URL <https://www.medlab.rs/rasprostranjenost-krvnih-grupa-u-svetu-i-srbiji/>.
- Roboredo, M., Pessoa, A., Aizemberg, L., 2019. An exact approach for the r-interdiction median problem with fortification. *RAIRO - Oper. Res.* 53, 505–516. <https://doi.org/10.1051/ro/2017060>
- Ruiz, E., Soto-Mendoza, V., Ruiz Barbosa, A.E., Reyes, R., 2019. Solving the open vehicle routing problem with capacity and distance constraints with a biased random key genetic algorithm. *Comput. Ind. Eng.* 133, 207–219. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.05.002>
- Salami, A., Afshar-Nadjafi, B., Amiri, M., 2023. A Two-Stage Optimization Approach for Healthcare Facility Location- Allocation Problems With Service Delivering Based on Genetic Algorithm. *Int. J. Public Health* 68, 1605015. <https://doi.org/10.3389/ijph.2023.1605015>
- Scaparra, M., Church, R.L., 2015. Location Problems Under Disaster Events. *Location Science* 623–642.
- Schrage, L., 1981. Formulation and structure of more complex/realistic routing and scheduling problems. *Networks* 11, 229–232. <https://doi.org/10.1002/net.3230110212>

- Šelmić, M., Teodorović, D., Vukadinović, K. 2010. Locating inspection facilities in traffic networks: an artificial intelligence approach. *Transportation planning and technology*, 33(6), 481-493. <https://doi.org/10.1080/03081060.2010.505047>
- Smith, J. C., Song, Y., 2020. A survey of network interdiction models and algorithms. *European Journal of Operational Research*, 283(3), 797-811.
- Tarantilis, C.D., Kiranoudis, C.T., 2002. Distribution of fresh meat. *J. Food Eng.* 51, 85–91. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00040-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00040-1)
- Vidović, M., Ratković, B., Bjelić, N., Popović, D. 2016. A two-echelon location-routing model for designing recycling logistics networks with profit: MILP and heuristic approach. *Expert Systems with Applications*, 51, 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.12.029>
- Yilmaz, Y., Kalayci, C.B., 2022. Variable Neighborhood Search Algorithms to Solve the Electric Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery. *Mathematics* 10, 3108. <https://doi.org/10.3390/math10173108>
- Zhang, Y., Berman, O., Marcotte, P., Verter, V., 2010. A bilevel model for preventive healthcare facility network design with congestion. *IIE Trans.* 42, 865–880. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2010.491500>
- Republički zavod za statistiku Srbije [WWW Document], n.d.
URL <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/Pdf/G202213049.pdf>.

3. POLAZNE HIPOTEZE

Na osnovu iznetih predmeta i ciljeva istraživanja proističe osnovna **polazna hipoteza** da se mogu razviti modeli za obezbeđivanje što bolje organizacije i funkcionisanja zdravstvenog sistema u uslovima poremećaja na mreži. Ovim modelima se sa jedne strane određuju rute distribucije krvi do mesta poremećaja uz plan prikupljanja krvi koji obezbeđuje balansirano narušavanje zaliha u sistemu, a sa druge strane identifikuju i štite najvažniji objekti u sistemu uz definisanje plana preraspodele korisnika pogođenih poremećajem na objekte koji su u funkciji. Iz ove osnovne hipoteze proizilaze sledeće **pomoćne hipoteze**:

Hipoteza 1. Modelima za distribuciju i balansiranje narušavanja zaliha krvi u sistemu može se postići kraće vreme isporuke na lokacije poremećaja i povećanje sigurnosti rada objekata u uslovima poremećaja, dok se modelima za identifikovanje i zaštitu najugroženijih objekata u sistemu uz ograničeno i balansirano prekoračenje kapaciteta može obezbediti siguran i održiv rad sistema i u uslovima poremećaja, uz minimalno povećanje pređenog rastojanja korisnika u cilju dobijanja zahtevane usluge.

Hipoteza 2. Modeli za egzaktno rešavanje problema distribucije krvi i interdikcije i fortifikacije objekata zdravstvenog sistema u uslovima poremećaja mogu biti uspešno primenjeni za rešavanje primera problema malih dimenzija.

Hipoteza 3. Metaheuristički algoritmi mogu za relativno kratko vreme rada računara da pronađu veoma dobra rešenja problema distribucije krvi i interdikcije i fortifikacije objekata zdravstvenog sistema u uslovima poremećaja čak i za veoma velike dimenzije problema.

4. NAUČNE METODE KOJE ĆE BITI KORIŠĆENE

Prilikom izrade disertacije korišće se opšte naučno-istraživačke metode, poput indukcije, dedukcije, analize i sinteze. Svi prikupljeni ulazni podaci potrebni za rešavanje biće obrađeni u programu Microsoft Excel i korišćenjem programskog jezika Python. Modeli za razmatrani problem distribucije krvi do bolnica zahvaćenih poremećajem, kao i modeli za razmatrani lokacijski problem identifikovanja i zaštite najosetljivijih objekata u zdravstvenom sistemu i preraspodele pogođenih korisnika na objekte koji su u funkciji, biće razvijeni u obliku mešovitog celobrojnog linearnog programiranja i rešavani pomoću IBM ILOG CPLEX u kombinaciji sa programskim jezikom Python. Za instance velikih dimenzija, kada nije moguće pronaći rešenje u zadatom vremenu biće primenjen i metaheuristički algoritam Metoda promenljivog pretraživanja okolina (eng. Variable Neighborhood Search - VNS), čiji će koraci primene biti implementirani u programskom jeziku Python.

5. OČEKIVANI REZULTATI I NAUČNI DOPRINOS

Očekivani rezultati disertacije vezuju se, pre svega, za ispunjenje postavljenih ciljeva istraživanja i potvrdu postavljenih hipoteza. Kao najvažniji rezultati i **naučni doprinosi** predloženih istraživanja u okviru doktorske disertacije mogu se izdvojiti:

1. Sistematizacija znanja i pregled literature u pogledu problema rutiranja i lokacijskih problema u slučaju poremećaja na mreži, organizovanosti rada zdravstvenih sistema, načina distribucije krvi na mesta poremećaja, upravljanja zalihama krvi, identifikovanja najvažnijih objekata u sistemu i preraspodele korisnika pogođenih poremećajem;
2. Razvoj adekvatnog modela za određivanje ruta prilikom distribucije krvi na lokacije poremećaja uz balansirano narušavanje zaliha krvi u sistemu;
3. Primena metaheurističkog algoritma na opisani model za rešavanje problema rutiranja;
4. Razvoj adekvatnog modela za identifikovanje i zaštitu najvažnijih objekata u sistemu uz balansiranu preraspodelu korisnika pogođenih poremećajem na objekte koji su u funkciji;
5. Primena metaheurističkog algoritma na opisani lokacijski problem;
6. Testiranje modela na podacima iz odabranih delova zdravstvenog sistema Republike Srbije.

Očekuje se da će predloženi modeli za rešavanje problema rutiranja i lokacijskih problema u uslovima poremećaja na mreži obezbediti odgovarajuću podršku odlučivanju na strateškom i operativnom nivou na polju održivog i što bolje organizovanog rada zdravstvenog sistema u uslovima poremećaja na mreži i imati svoju dalju naučno-istraživačku i praktičnu primenu.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

U skladu sa definisanim predmetom i ciljevima istraživanja i očekivanim rezultatima, predlažu se sledeće faze istraživanja:

Faza 1. Pregled literature i rešenja iz prakse. Prikupljanje i analiza literature povezane sa problemima rutiranja i lokacijskim problemima u uslovima poremećaja na mreži, a potom i prikupljanje i analiza literature vezane za opisane probleme u zdravstvenim sistemima.

Faza 2. Prikupljanje svih neophodnih informacija o funkcionisanju zdravstvenog sistema u Republici Srbiji. Razvoj modela za određivanje ruta prilikom distribucije krvi na lokacije poremećaja uz balansirano narušavanje zaliha krvi u sistemu, u formi mešovitog celobrojnog linearnog programiranja. Prikupljanje podataka o zdravstvenom sistemu u Republici Srbiji potrebnih za testiranje razvijenog modela. Primena razvijenih modela na primeru odabranog dela zdravstvenog sistema Republike Srbije.

Faza 3. Razvoj metaheurističkog pristupa za rešavanje problema određivanja ruta prilikom distribucije krvi na lokacije poremećaja uz balansirano narušavanje zaliha krvi u sistemu. Verifikacija, validacija i primena razvijenog pristupa na primeru odabranog dela zdravstvenog sistema Republike Srbije.

Faza 4. Razvoj lokacijskih modela, u formi mešovitog celobrojnog linearnog programiranja za identifikovanje i zaštitu najvažnijih objekata u sistemu uz balansiranu preraspodelu korisnika pogođenih poremećajem. Prikupljanje podataka o zdravstvenom sistemu u Republici Srbiji potrebnih za testiranje razvijenog modela. Primena razvijenih modela na primeru odabranog dela zdravstvenog sistema Republike Srbije.

Faza 5. Razvoj metaheurističkog pristupa za rešavanje problema identifikovanja i zaštite najvažnijih objekata u sistemu uz balansiranu preraspodelu korisnika pogođenih poremećajem na objekte u funkciji. Verifikacija, validacija i primena razvijenog pristupa na primeru odabranog dela zdravstvenog sistema Republike Srbije.

Faza 6. Zaključna razmatranja. Sumiranje rezultata sprovedenog istraživanja. Isticanje naučnih i praktičnih doprinosa istraživanja. Definisane pravaca budućih istraživanja.

7. OKVIRNI SADRŽAJ DOKTORSKE DISERTACIJE

U skladu sa iznesenom motivacijom, predmetom i naučnim ciljevima istraživanja, predlaže se sledeći okvirni sadržaj disertacije:

1. Uvodna razmatranja – Motivacija, predmet i ciljevi disertacije, obuhvatnost i granice istraživanja, značaj i struktura disertacije.
2. Problemi rutiranja – Klasifikovanje problema rutiranja, pregled relevantne literature za probleme rutiranja i za probleme istovremenog rutiranja i zaliha.
3. Egzaktni i metaheuristički pristupi za određivanja ruta prilikom distribucije krvi i definisanje plana prikupljanja krvi – Razvoj i opis pristupa za rešavanje problema određivanja ruta

prilikom distribucije krvi na mesta poremećaja uz što manje narušavanje zaliha krvi u sistemu i što kraću isporuku krvi na lokacije poremećaja.

4. Primena razvijenih pristupa za rešavanje problema rutiranja na odabranom delu zdravstvenog sistema Republike Srbije – Dobijanje rezultata primenom razvijenih modela, analiza osetljivosti rešenja, uporedna analiza i diskusija dobijenih rezultata.
5. Lokacijski problemi – Klasifikovanje lokacijskih problema, pregled relevantne literature za lokacijske probleme identifikovanja, identifikovanja i zaštite najvažnijih objekata u sistemu, kao i za probleme preraspodele korisnika.
6. Egzaktni i metaheuristički pristupi za identifikovanje i zaštitu najvažnijih objekata u sistemu uz preraspodelu korisnika pogođenih poremećajem na objekte koji su u funkciji – Razvoj i opis pristupa za rešavanje problema identifikovanja i zaštite najvažnijih objekata u sistemu uz preraspodelu korisnika pogođenih poremećajem na objekte koji su u funkciji i uz što manje ukupno pređeno rastojanje korisnika pogođenih poremećajem zbog dobijanja zahtevane usluge.
7. Primena razvijenih pristupa za rešavanje lokacijskih problema na odabranom delu zdravstvenog sistema Republike Srbije – Dobijanje rezultata primenom razvijenih modela, analiza osetljivosti rešenja, uporedna analiza i diskusija dobijenih rezultata.
8. Zaključna razmatranja – Sumiranje dobijenih rezultata, praktičnih i naučnih doprinosa i definisanje pravaca budućeg istraživanja.

8. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu uvida u prijavu teme doktorske disertacije, kao i na osnovu uspešno odbranjenog predloga istraživanja u okviru doktorske disertacije, Komisija zaključuje da je tema koju predlaže kandidat Predrag Grozdanović, u naučnom i stručnom smislu vrlo značajna i aktuelna i da pruža mogućnosti za ostvarivanje naučnih doprinosa koji su navedeni i obrazloženi u prijavi.

Tema doktorske disertacije je naučno zasnovana i pripada oblasti Tehničko-tehnoloških nauka, područje "Saobraćajno inženjerstvo", užoj naučnoj oblasti "Operaciona istraživanja u saobraćaju" za koju je matičan Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet.

Uvidom u dosadašnji uspešan naučni i stručni rad i reference kandidata, Komisija smatra da kandidat Predrag Grozdanović, master inženjer saobraćaja, ispunjava formalne i suštinske uslove za prijavu doktorske disertacije. Kandidat je potpuno osposobljen i kompetentan da pristupi obradi predložene teme doktorske disertacije.

Na osnovu svega napred izloženog imenovana Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Univerziteta u Beogradu – Saobraćajnog fakulteta, da prihvati predloženu temu i kandidatu Predragu Grozdanoviću, master inženjeru saobraćaja, odobri izradu doktorske disertacije sa temom **„Rešavanje problema rutiranja i lokacijskih problema u uslovima poremećaja na mreži primenom metoda operacionih istraživanja“**.

U Beogradu, 29.5.2024. godine

ČLANOVI KOMISIJE

Prof. dr Milica Šelmić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni
fakultet

Prof. dr Nenad Bjelić, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni
fakultet

Prof. dr Dragan Urošević, naučni savetnik,
Matematički institut Srpske akademije
nauka i umetnosti