

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Ане Вукићевић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука Универзитета у Београду 05-01 бр. 3/79-8 од 11.09.2024. године именовани смо за чланове Комисије за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Ане Вукићевић** по насловом:

„Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара”

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Ана Вукићевић рођена је 15.02.1990. године у Новом Пазару. Основну школу и гимназију (природно математички смер) завршила је у Новом Пазару са одличним успехом. Факултет организационих наука, Универзитета у Београду, студијски програм Менаџмент и организација, уписала је школске 2009/10 године. Дипломирала је 2013. године са просечном оценом 8,67 (осам, 87/100). Дипломске (Мастер) студије на одсеку за Менаџмент и организација, модул Пословна интелигенција, Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, уписала је 2013. године. Мастер студије завршила је са просечном оценом 9,71 (девет, 71/100) и одбранила мастер рад „Технике предпроцесирања медицинских података у циљу побољшања предвиђања поновног доласка пацијета у болницу“.

Од септембра 2014. до маја 2015. је била Гостујући истраживач на Темпл Универзитету, Филаделфија, САД, где учествује на пројекту „Prospective Analysis of Large and Complex

Partially Observed Temporal Social Networks“, финансираном од стране DARPA Број пројекта: FA9550-12-1-0406.

Након тога у децембру 2015 се запошљава у Сага доо као Програмер пословне интелигенције где остаје до јула 2024. Након тога постаје Сениор програмер пословне интелигенције у Киншифт доо, Београд.

Током 2019. године учествовала је на пројекту „Агрегација рачунарских алгоритама и људских преференција у доношењу одлука у окружењима са више учесника“ финансиран од Канцеларије за поморска истраживања, Број пројекта: ONR N62909-19-1-2008.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У наставку ће бити приказане научноистраживачке активности кандидата. Оне обухватају радове објављене на конференцијама и у часописима (од мастер студија), радно искуство и преглед положених испита.

Током досадашњег рада Ана Вукићевић је објавила више радова у земљи и иностранству и учествовала на више међународних и домаћих скупова и конференција.

Радови објављени у научним часописима међународног значаја - M20

1. **Vukićević, A.**, Vukićević, M., Radovanović, S., Delibašić, B. (2022) BargCrEx – A System for Bargaining Based Aggregation of Crowd and Expert Opinions in Crowdsourcing, *Group Decision and Negotiation*, <https://doi.org/10.1007/s10726-022-09783-0> **M22, IF 3.6**
2. Krmar, J., Vukićević, M., **Kovačević, A.**, Protić, A., Zečević, M., & Otašević, B. (2020). Performance comparison of nonlinear and linear regression algorithms coupled with different attribute selection methods for Quantitative Structure-Retention Relationships modeling in micellar liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 461146. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461146> **M21, IF 3.8**

Зборници међународних научних скупова - M30

1. Vukicevic, M., Radovanovic, S., **Kovacevic, A.**, Stiglic, G., & Obradovic, Z. (2015). Improving Hospital Readmission Prediction Using Domain Knowledge Based Virtual Examples. In *Knowledge Management in Organizations* (pp. 695-706). Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-21009-4_51 **M33**
2. Vukicevic, M., Radovanovic, S., **Kovacevic, A.**, Delibasic, B., Suknovic, M., Obradović, Z., Štiglic, G., Kalousis, A. (2015) Privacy Preserving DSS for reducing Hospital Re-admission rates based on predictive models and knowledge and data sharing, *Proceedings of the 1st EWG-DSS International Conference on Decision Support System Technology on Big Data Analytics for Decision Making, Belgrade, Serbia May 27th- 29th*. Editors Boris Delibašić et al. **M34**
3. Radovanovic, S., Vukicevic, M., **Kovacevic, A.**, Stiglic, G., Obradovic, Z. (2015). Domain knowledge Based Hierarchical Feature Selection for 30-Day Hospital Readmission Prediction. In *Proceedings of the 15th Conference on Artificial Intelligence in Medicine, AIME 2015* (pp. 96-100). Pavia, Italy: Springer International Publishing. **M33**
4. Vukicevic, M., Radovanovic, S., **Kovacevic, A.**, Delibasic, B., Suknovic, M. (2015). RM-EHR: RapidMiner Environment for Predictive Analytics on Electronic Health Records. In *Proceedings of the 5th Rapid-Miner Community Meeting and Conference – RapidMiner Wisdom 2015* (pp.49-60). Ljubljana, Slovenia. Springer International Publishing. **M33**
5. Radovanovic, S., Vukicevic, M., **Kovacevic, A.**, Delibasic, B., Suknovic, M. (2015). Decision Support System for Hospital Readmission Prediction Based on Meta-Heuristic Feature Selection and Stacking. In *Proceedings of the 6th Rapid-Miner Community Meeting and*

Conference – *RapidMiner Wisdom 2015* (pp. 19-32). Ljubljana, Slovenia. Springer International Publishing. **M33**

6. Dodevska, Z.A., **Kovacevic, A.**, Vukicevic, M., Delibašić, B. (2020) Two Sides of Collective Decision Making - Votes from Crowd and Knowledge from Experts. In: Moreno-Jiménez J., Linden I., Dargam F., Jayawickrama U. (eds) *Decision Support Systems X: Cognitive Decision Support Systems and Technologies. ICDSSST 2020*. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 384. Springer, Cham, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-46224-6_1 **M33**
7. **Kovačević, A.**, Vukićević, M., Jovanović, M. (2020) Fusion of Crowd and Expert Knowledge based on Feature Embeddings and Clustering in Crowd Voting setting, In Proceedings of the *XIX International Symposium SymOrg, Zlatibor, Serbia, June 12-15, Serbia* **M33**
8. **Kovačević, A.**, Vukićević, M., Radovanović, S., Delibašić, B. (2020). CrEx-Wisdom Framework for Fusion of Crowd and Experts in Crowd Voting Environment – Machine Learning Approach. In Proceedings of the *2nd Workshop on Modern Approaches in Data Engineering and Information System Design - MADEISD 2020* (pp. 131-144). August 25–27, 2020. Lyon, France. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-55814-7_11 **M33**
9. **Kovačević, A.**, Vukićević, M., Radovanović, S., Suknović, M., Delibašić, B. (2021), Fair and Accurate Logistic Regression with Multiobjective Metaheuristic Optimization, *XLVIII International Symposium on Operational Research, Banja Koviljača, 20-23. September 2021* **M33**
10. Mladenovic, N., **Vukicevic, A.**, Stanojević, B. (2024). Hyper Parameters Tuning to Improve the Quality of the Pareto Front Generated by a Solution Approach to a MOO Problem, *51. International Symposium on Operational Research, Tara, 16-19. September 2024* **M33**

Следи списак положених предмета на докторским студијама са оценама и ЕСПБ бодовима:

Називи предмета	Оцена	ЕСПБ
Нелинеарно програмирање	10 (десет)	10
Комбинаторна оптимизација	10 (десет)	10
Вишекритеријумска оптимизација и одлучивање	10 (десет)	10
Машинско учење – одабрана поглавља	10 (десет)	10
Откривање законитости у базама података	10 (десет)	10
Пословна интелигенција – одабрана поглавља	10 (десет)	10
Статистика у менаџменту	10 (десет)	10
Мултивариациона анализа	10 (десет)	10
Метахеуристике	10 (десет)	10

Кандидат је дана 20.09.2024. године успешно одбранио приступни рад за израду докторске дисертације под називом „Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара”.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Узимајући у обзир:

- резултате остварене током досадашњег образовања;
- резултате истраживања на тему интегрисања гласова експерата и великих група;
- радно искуство на научно истраживачким пројектима и у области машинског учења, откривања законитости у подацима и пословне интелигенције;

закључује се да је Ана Вукићевић у потпуности квалификована и припремљена да тему докторске дисертације самостално истражује и пружи научно-стручне доприносе у тој области.

2. Предмет и циљ истраживања

Прикупљање мишљења (гласова, оцена) великих група (енг. Crowdsourcing, Crowdvoting) и њихова агрегација у циљу доношења одлука, процена или рангирања постали су веома популарни у последњих неколико година. Овај процес, који је математички подржан и познат деценијама, омогућава ефикасно проналажење тачних одговора или доношење одлука. Коришћење платформи за прикупљање мишљења и гласова показује се као веома ефикасно, јер омогућава брзо и економично ангажовање великог броја људи. Често, овакво ослањање на „мудрост великих група“ доноси прецизнија и правовремена решења у поређењу са стручним мишљењима, посебно у случајевима где не постоји јасна „апсолутна истина“. Ова метода може значајно допринети бољем друштвеном благостању и општем задовољству. Ипак, када је број гласова по алтернативи мали, а квалитет мишљења несигуран, „мудрост великих група“ не може у потпуности да оствари свој потенцијал. У таквим околностима могу се појавити грешке и пристрасности које воде до нетачних закључака. Поред тога, у реалним применама са ограниченим буџетом, додавање гласова или оптимизација процеса кроз технике попут рутирања задатака уводе додатне трошкове и сложености. Иако су ове технике осмишљене да побољшају тачност, често захтевају додатне ресурсе, што их може учинити непрактичним у многим случајевима.

Предмет истраживања су начини интеграције експертског мишљења и мишљења великих група (одлука, оцена, гласова) уз помоћ машинског учења и теорије игара у процес доношења одлука у великим групама.

Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група подразумева:

- 1) Процену недостајућих мишљења.
- 2) Отежавање мишљења односно гласача.
- 3) Агрегацију мишљења чланова различитих група (експерата и велике групе) у циљу доношења коначне одлуке или рангирања.

Оцена перформанси модела за процену недостајућих мишљења ће се вршити на основу традиционалних мера перформанси модела машинског учења као што су корен средње квадратне грешке у случају модела процене или тачност класификације у случају модела класификације. Са друге стране, за проблеме отежавања и агрегације гласова најчешће не постоји „златни стандард“ (тј. не постоји тачна вредност излазног атрибута) па ће се евалуација вршити мерењем одстајања коначне одлуке од експертске групе, велике групе као и одстојање од свих гласача, чиме ће се процењивати и задовољство група.

Додатно за решавање проблема агрегације гласова ће се користити концепти теорије игара, тако што ће се експерти и велике групе гласача посматрати као супротстављени агенти. Ово се може постићи додељивањем преговарачке моћи (тежина) на основу хомогености гласања унутар група. Ова преговарачка моћ ће се затим користити у процесу оптимизације како би се постигло што веће задовољство свих учесника. За добијање тежина, које се користе за оптимизацију задовољства гласача, користиће се модели које су развили Калаи-Смородински (*Kalai-Smorodinsky*) и Неш (*John Nash*), који су уобичајени у теорији игара за решавање конфликта између различитих страна. Калаи-Смородински метод фаворизује групу са вишим нивом слагања, док Нешово решење покушава да пронађе компромис између две групе, максимизујући укупно задовољство.

Интегрисање гласова експерата и великих група се може применити на разне домене проблема селекције и рангирања. У овом раду ће бити изучавана примена на проблеме гласања и рангирања кроз давање оцена. Проблем интегрисања експертског и знања великих група је интересантан проблем у области рангирања и селекције код одлучивања великих група.

У складу са предметом истраживања, дефинисани су:

Генерални циљ истраживања: развој модела за интегрисање експертских гласова и гласова великих група у процесу рангирања и селекције алтернатива.

Посебан циљ истраживања: подразумева дефинисање праваца истраживања докторске дисертације, односно:

- Развој метода за процену недостајућих гласова експерата и гласова великих група;
- Развој метода за отежавање гласова великих група;
- Развој метода за агрегацију гласова и рангирање алтернатива.

Радови попут (Jung & Lease, 2012) и (Garcia & Klein, 2017) су показали да је могуће користити факторизацију матрица за процену недостајућих вредности у мишљењима великих група. Међутим, потребно је омогућити процену недостајућих вредности у присуству различитих (експертских и великих група) група гласача. Традиционалне методе агрегације гласова (нпр. аритметичка средина, медијана итд.), најчешће нису у могућности да идентификују пристрасност у подацима (гласовима, оценама) чиме се често долази до пристрасних одлука (Lees & Welty, 2019). Ова дисертација ће се фокусирати на развој метода агрегације оцена које ће идентификовати и/или занемарити гласове пристрасних гласача. Додатно, предложене методе треба да буду ненадгледане, како би се избегли додатни трошкови прикупљања и/или рутирања гласова.

Почетна листа библиографских извора који ће се користити приликом израде докторске дисертације:

1. Agnihotri, A., & Bhattacharya, S. (2024). *Betabrand: Growth Through Crowdsourcing*. SAGE Publications: SAGE Business Cases Originals.
2. Aitamurto T, Landemore H, Saldivar Galli J (2017) Unmasking the crowd: participants' motivation factors, expectations, and profile in a crowdsourced law reform. *Inf Commun Soc* 20(8):1239–1260
3. Akbari, M. (2024). The Impact of Crowdsourcing on Innovation and Decision-Making. In *The Road to Outsourcing 4.0: Next-Generation Supply Chain* (pp. 75-94). Singapore: Springer Nature Singapore.
4. Alonso, O., Rose, D. E., & Stewart, B. (2008, November). Crowdsourcing for relevance evaluation. In *ACM SigIR Forum* (Vol. 42, No. 2, pp. 9-15). New York, NY, USA: ACM.
5. Chen L, Xu P, Liu D (2020) Effect of crowd voting on participation in crowdsourcing contests. *J Manag Inf Syst* 37(2):510–535
6. Cheng, J., Teevan, J., & Bernstein, M. S. (2015). Measuring crowdsourcing effort with error-time curves. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1365-1374). ACM. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702145>
7. Chodera, J., Lee, A. A., London, N., & von Delft, F. (2020). Crowdsourcing drug discovery for pandemics. *Nature Chemistry*, 12(7), 581-581.
8. Chunara, R., Smolinski, M. S., & Brownstein, J. S. (2013). Why we need crowdsourced data in infectious disease surveillance. *Current infectious disease reports*, 15(4), 316-319.

9. Desai A, Warner J, Kuderer N, Thompson M, Painter C, Lyman G, Lopes G (2020) Crowdsourcing a crisis response for covid-19 in oncology. *Nat Cancer* 1(5):473–476
10. Devari, A., Nikolaev, A. G., & He, Q. (2017). Crowdsourcing the last mile delivery of online orders by exploiting the social networks of retail store customers. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 105, 105-122.
11. Difallah, D. E., Catasta, M., Demartini, G., Ipeirotis, P. G., & Cudré-Mauroux, P. (2015). The dynamics of micro-task crowdsourcing: The case of amazon mechanical turk. In *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web* (pp. 238-247). ACM. <https://doi.org/10.1145/2736277.2741685>
12. Dodevska Z.A., Kovacevic A., Vukicevic M., Delibašić B. (2020) Two Sides of Collective Decision Making - Votes from Crowd and Knowledge from Experts. In: Moreno-Jiménez J., Linden I., Dargam F., Jayawickrama U. (eds) *Decision Support Systems X: Cognitive Decision Support Systems and Technologies. ICDSST 2020. Lecture Notes in Business Information Processing*, vol 384. Springer, Cham, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-46224-6_1
13. Friedman, J. H. (2002). Stochastic gradient boosting. *Computational statistics & data analysis*, 38(4), 367-378.
14. Garcia, A. C., & Klein, M. (2017). pBOL: an idea filtering method based on negative multi-voting and Pareto aggregation. *Available at SSRN* 3175329.
15. Ghezzi A, Gabelloni D, Martini A, Natalicchio A (2018) Crowdsourcing: a review and suggestions for future research. *Int J Manag Rev* 20(2):343–363
16. Goel A, Krishnaswamy AK, Sakshuwong S, Aitamurto T (2019) Knapsack voting for participatory budg-eting. *ACM Trans Econ Comput: TEAC* 7(2):1–27
17. Grofman B, Owen G, Feld SL (1983) Thirteen theorems in search of the truth. *Theor Decis* 15(3):261–278
18. Haltofová B (2018) Fostering community engagement through crowdsourcing: case study on participa-tory budgeting. *Theor Empir Res Urban Manag* 13(1):5–12
19. Ho, C. J., & Vaughan, J. W. (2012). Online task assignment in crowdsourcing markets. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 26, No.1). <https://doi.org/10.5555/2900728.2900736>
20. Hogarth RM (1978) A note on aggregating opinions. *Organ Behav Hum Perform* 21(1):40–46
21. Hong H, Du Q, Wang G, Fan W, Xu D (2016) Crowd wisdom: the impact of opinion diversity and par-ticipant independence on crowd performance. *AMCIS 2016 Proceedings*. 11
22. Hong L, Page SE (2004) Groups of diverse problem solvers can outperform groups of high-ability prob-lem solvers. *Proc Natl Acad Sci* 101(46):16385–16389
23. Isinkaye FO, Folajimi YO, Ojokoh BA (2015) Recommendation systems: principles, methods and evalua-tion. *Egypt Inform J* 16(3):261–273
24. Ismail, S. (2023, May). The development of university program recommendation system using crowd-vote method. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2808, No. 1). *AIP Publishing*.
25. Jiang, J., An, B., Jiang, Y., Zhang, C., Bu, Z., & Cao, J. (2019). Group-oriented task allocation for crowdsourcing in social networks. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*.
26. Jiang N, Xu D, Zhou J, Yan H, Wan T, Zheng J (2020) Toward optimal participant decisions with voting-based incentive model for crowd sensing. *Inf Sci* 512:1–17
27. Kalai, E., & Smorodinsky, M. (1975). Other solutions to Nash's bargaining problem. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 513-518.

28. Keuschnigg, M., & Ganser, C. (2017). Crowd quality in peer production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(12), 3089-3094. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618472114>
29. Kleemann, F., Voß, G. G., & Rieder, K. (2008). Un (der) paid innovators: The commercial utilization of consumer work through crowdsourcing. *Science, technology & innovation studies*, 4(1), 5-26.
30. Kovačević, A., Vukićević, M., Jovanović, M. (2020b) Fusion of Crowd and Expert Knowledge based on Feature Embeddings and Clustering in Crowd Voting setting, In Proceedings of the XIX International Symposium SymOrg, Zlatibor, Serbia, June 12-15, Serbia
31. Kovačević, A., Vukićević, M., Radovanović, S., Delibašić, B. (2020a). CrEx-Wisdom Framework for Fusion of Crowd and Experts in Crowd Voting Environment – Machine Learning Approach. In Proceedings of the 2nd Workshop on Modern Approaches in Data Engineering and Information System Design - MADEISD 2020 (pp. 131-144). August 25–27, 2020. Lyon, France. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-55814-7_11
32. Larrick RP, Soll JB (2006) Intuitions about combining opinions: misappreciation of the averaging principle. *Manag Sci* 52(1):111–127
- Lees A, Welty C (2019) Discovering user bias in ordinal voting systems. In: Companion proceedings of the 2019 World Wide Web Conference, pp 1106–1110
33. Lees, A., & Welty, C. (2019, May). Discovering User Bias in Ordinal Voting Systems. In *Companion Proceedings of The 2019 World Wide Web Conference* (pp. 1106-1110).
34. Liu A, Moitra A (2020) Better algorithms for estimating non-parametric models in crowdsourcing and rank aggregation. In: Conference on learning theory. PMLR, pp 2780–2829
35. Liu FT, Ting KM, Zhou ZH.: Isolation forest. In: 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining 2008 Dec 15 (pp. 413-422). IEEE.
36. Lloyd, Stuart P.: Least squares quantization in PCM. In: Information Theory, IEEE Transactions on 28.2 (1982): 129-137
37. Lorenz J, Rauhut H, Schweitzer F, Helbing D (2011) How social influence can undermine the wisdom of crowd effect. *Proc Natl Acad Sci* 108(22):9020–9025
38. Luther K, Tolentino JL, Wu W, Pavel A, Bailey BP, Agrawala M, Dow SP (2015) Structuring, aggregating, and evaluating crowdsourced design critique. In: Proceedings of the 18th ACM conference on computer supported cooperative work and social computing, pp 473–485
39. Mendelson, E., & Zwillinger, D. (2024). *Introducing game theory and its applications*. CRC Press.
40. Meyer, A. N., Longhurst, C. A., & Singh, H. (2016). Crowdsourcing diagnosis for patients with undiagnosed illnesses: an evaluation of CrowdMed. *Journal of medical Internet research*, 18(1), e12.
41. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint arXiv:1301.3781*.
42. Nadel, H. M., Al-Sultan, N., Berger, A., McCree, P., Banister, G., & Jung, O. (2024). Mission possible: open innovation in nursing and patient care services at Massachusetts General Hospital. *BMJ leader*, 8(2).
43. Ong JJ, Bilardi JE, Tucker JD (2017) Wisdom of the crowds: crowd-based development of a logo for a conference using a crowdsourcing contest. *Sex Transm Dis* 44(10):630
44. Procaccia, A., & Shah, N. (2016, February). Optimal aggregation of uncertain preferences. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 30, No. 1).

45. Ross, J., Irani, L., Silberman, M. S., Zaldivar, A., & Tomlinson, B. (2010). Who are the crowdworkers? Shifting demographics in Mechanical Turk. In *CHI'10 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 2863-2872).
46. Samuelson, L. (2016). Game theory in economics and beyond. *Journal of Economic Perspectives*, 30(4), 107-30.
47. Singh R, H  lou  t L, Miklos Z (2020) Reducing the cost of aggregation in crowdsourcing. In: International conference on Web Services, Springer, Cham, pp 77–95
48. Srinivasan R, Chander A (2019) Crowdsourcing in the absence of ground truth—a case study. arXiv:1906.07254
49. Suran, S., Pattanaik, V., & Draheim, D. (2020). Frameworks for collective intelligence: a systematic literature review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53(1), 1-36.
50. Sutton, C., Ghiringhelli, L. M., Yamamoto, T., Lysogorskiy, Y., Blumenthal, L., Hammerschmidt, T., ... & Scheffler, M. (2019). Crowd-sourcing materials-science challenges with the NOMAD 2018 Kaggle competition. *npj Computational Materials*, 5(1), 1-11.
51. Swan, M. (2012). Crowdsourced health research studies: an important emerging complement to clinical trials in the public health research ecosystem. *Journal of medical Internet research*, 14(2), e46.
52. Tak  cs, G., & Tikk, D. (2012, September). Alternating least squares for personalized ranking. In *Proceedings of the sixth ACM conference on Recommender systems* (pp. 83-90).
53. Thomson, W. (1994). Cooperative models of bargaining. *Handbook of game theory with economic applications*, 2, 1237-1284.
54. Van Damme, E. (1986). The Nash bargaining solution is optimal. *Journal of Economic Theory*, 38(1), 78-100.
55. Vukicevic, A., Vukicevic, M., Radovanovic, S., & Delibasic, B. (2022). Bargcrex: A system for bargaining based aggregation of crowd and expert opinions in crowdsourcing. *Group Decision and Negotiation*, 31(4), 789-818.
56. Zhao, Y., & Zhu, Q. (2014). Evaluation on crowdsourcing research: Current status and future direction. *Information Systems Frontiers*, 16(3), 417-434. <https://doi.org/10.1007/s10796-012-9350-4>

3. Полазне хипотезе

Главна хипотеза која ће бити тестирана у докторској дисертацији је следећа:

Интеграција малог броја експертских мишљења (гласова) са великим бројем мишљења групе без експертског знања може смањити пристрасност при агрегацији решења.

Посебне хипотезе у истраживању које проистичу из главне истраживачке хипотезе су:

X(1) – Применом алгоритама машинског учења могуће је са великом прецизношћу проценити велики број недостајућих гласова (како експерата тако и великих група).

У ситуацијама где је буџет за прикупљање мишљења ограничен, а број алтернатива велики, могуће је распоредити само мали број мишљења по свакој алтернативи (упркос томе што је прикупљен релативно велики број мишљења). Имајући у виду несигуран квалитет мишљења (гласова) који долазе из великих група, агрегација оваквих мишљења често доводи до погрешних или пристрасних одлука обзиром да је агрегација малог броја мишљења у супротности са идејом коришћења „мудрости великих група“. Обзиром да су традиционална решења за овај проблем (прикупљање додатних мишљења и рутирање мишљења) у општем

случају комплексна и скупа, у овом истраживању ће бити испитана могућност процене мишљења постојећих гласача о алтернативама за које нису дали мишљење уз помоћ модела машинског учења (без додатних трошкова за прикупљање гласова).

X(2) – Задовољство гласача (експерата и велике групе) коначном одлуком (решењем оценом), могуће је квантификовати.

У многим случајевима чак се ни експерти међусобно не слажу у вези са тачним решењем, па се ни било која агрегација мишљења не може сматрати апсолутном истином. Додатно, ако се за доношење коначне одлуке узимају у обзир само гласови стручњака, мишљење великих група гласача може бити потпуно занемарено, што може довести до ниског задовољства већине гласача (што је веома важно у друштвеним применама прикупљања мишљења великих група). Игнорисање гласова великих група гласача може довести до занемаривања „мудрости великих група“ и доношења погрешних одлука. Исто важи и ако се користе само гласови великих група гласача. Мишљења великих група најчешће имају, велику варијансу као и груписање великих под-група око различитих мишљења, па агрегација мерама централне тенденције може довести до незадовољства већине гласача коначном одлуком. Такође, ако се гласови стручњака изоставе, задовољство стручњака може бити ниско, а коначна (агрегирана) одлука погрешна. У овој дисертацији ће бити испитана могућност квантификације „задовољства“ гласача коначном одлуком. Оваква квантификација треба да омогући примену оптимизационих техника при агрегацији гласова, како би се омогућило егзактно решавање проблема за које не постоји „апсолутна истина“.

X(3) – Идентификација и анализа хомогених подгрупа гласача (експерата и великих група) коришћењем метода машинског учења могу довести до повећања задовољства свих гласача коначном одлуком (рангирањем).

Код проблема прикупљања и агрегације мишљења великих група, често постоји груписање мишљења у различитим деловима простора могућих одлука (оцена или рангирања). Често су оваква мишљења контрадикторна (нпр. половина гласача сматра да одређена алтернатива треба да буде на последњем рангу док друга половина сматра да иста алтернатива треба да буде на првом рангу). У тим ситуацијама мере централне тенденције ће пронаћи решење које је негде „између“, а тиме нико од гласача неће бити задовољан. Овај проблем може да буде доста комплексан јер је могуће да постоји већи број подгрупа које имају различито мишљење (или чак имају интерес да промене коначну одлуку у агрегираном решењу). У овој дисертацији ће бити коришћени алгоритми кластеровања и детекције екстремних вредности (изузетака енг. *outliers*) како би се идентификовале хомогене подгрупе, проценио њихов „квалитет“ за доношење коначне одлуке и одредиле тежине таквих група, како би се смањила пристрасност у процедури агрегације.

X(4) – Агрегација гласова базирана на методама теорије игара може довести до повећања задовољства како експерата тако и великих група гласача коначном одлуком (рангирањем).

Под претпоставком да су мишљења свих експерата и мишљења свих чланова велике групе доступна за сваку алтернативу и да је постигнута довољна разноврсност мишљења, поставља се питање да ли је могуће смањити или избећи пристрасности и утицај екстремних вредности при агрегацији мишљења? На пример, експерти су пристрасни према неким решењима, док велике групе гласача немају довољно стручности или показују намерно злонамерно понашање. У овој дисертацији ће се разматрати проблем агрегације у контексту теорије игара где се гласачи (експерти и велике групе) посматрају као супротстављени агенти. Ово се може постићи додељивањем преговарачке моћи (тежине) пропорционално њиховој хомогености гласања (нивоу сагласности). Преговарачка моћ (тежине) се даље може користити у процесу оптимизације, где се максимизује укупно задовољство (стручњака и великих група), чиме би се могли избећи неки од проблема традиционалних шема агрегирања заснованих на

тежинском одређивању гласова (или агрегирању искључиво на основу мера централне тенденције).

4. Научне методе истраживања

Основне методе истраживања које ће се користити при решавању постављеног проблема су следеће:

- **Метода дескрипције** ће се користити за описивања појава и процеса од интереса, уз објашњења важних обележја описаних појава и процеса, уочавање законитости и узрочних веза и односа;
- **Метода анализе** ће се употребљавати кроз поступак научног истраживања рашчлањивањем сложених појмова, судова и закључака на њихове једноставније саставне делове и елементе, односно кроз поступак мишљења од посебног ка општем;
- **Метода синтезе** ће се примењивати спајањем једноставних судова у сложеније и кроз процес уопштавања, чиме ће се доћи до систематизованог знања, односно до изградње теоријског знања у правцу од посебног ка општем;
- **Метода компилације** која подразумева критичко разматрање туђих опажања, ставова и закључака, односно њиховог научно-истраживачког рада, а како би дисертација у највећој мери носила лични печат аутора, који ће коректно и на уобичајен начин цитирати сваки материјал који је преузео;
- **Компаративна метода** ће се користити кроз поступак упоређивања резултата модела, а ради утврђивања њихове сличности у понашању и разлика међу њима;
- **Математичка метода** ће се употребити кроз системски поступак који се састоји у примени математичке логике, релација, симбола и операција у научно-истраживачком раду;
- **Метода моделирања** која ће се применити кроз развој модела који треба да представља стварну појаву, а који се експериментално истражује са циљем да се добијени резултати и модели могу пренети и на реалну појаву;
- **Метода мерења** која ће се користити са циљем да се добију резултати предложених решења (модела), који ће служити за поређење квалитета различитих решења;
- **Статистичка метода** ће се примењивати ради утврђивања статистичке значајности перформанси различитих модела.

Експерименти ће се спроводити према јасно дефинисаној хардверској и софтверској инфраструктури чиме ће се омогућити транспарентност и поновљивост свих експеримената, а сва поређења ће бити уредно документована, јавно објављена, фер и коректна. Сви експерименти ће се проверавати на што већем броју примера, како закључци не би били појединачни, већ општи.

5. Очекивани научни допринос

Предложена тема је истраживачки врло релевантна, интересантна и базира се на актуелним истраживањима у области и може изродити ни доприноса научној заједници, међу којима вреди истаћи следеће:

- Преглед савремених модела за процену недостајућих мишљења и агрегацију мишљења у контексту великих група.
- Развој методологије базиране на машинском учењу за процену недостајућих мишљења која укључује експертске и не-експертске гласаче.
- Развој методологије за агрегацију мишљења која је базирана на моделима машинског учења.

- Развој методологије за агрегацију мишљења која је базирана на теорији игара.
- Примена и детаљна анализа предложених методологија за на реалним подацима, као и поређење са другим приступима из литературе.

Очекује се да ће истраживање на овој теми произвести и низ стручних доприноса, попут:

- Развој софтверског алата за интеграцију гласова експерата и великих група.
- Повећање ефикасности и ефективности интегрисања мишљења експерата и великих група.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања докторске дисертације приказан је у следећој табели:

ФАЗА	ЗАДАЦИ	МЕТОДЕ, ТЕХНИКЕ, СТАНДАРДИ
1. Анализа постојећих метода и решења из области	Прикупљање информација и анализа метода	Претраживање стручне литературе Претраживање електронских база научних радова Студије случаја
2. Обезбеђивање скупова података за анализу	Проналажење скупова података из области истраживања	Претраживање Интернет ресурса Претраживање доступних база података Студије случаја
3. Пројектовање метода за процену недостајућих гласова	Дефиниција алгоритма за процену недостајућих гласова. Имплементација у изабраном програмском језику.	Стручна литература Програмски језик: Python
4. Пројектовање метода за агрегацију гласова експерата и великих група	Дефиниција алгоритма за агрегацију гласова експерата и великих група Имплементација у изабраном програмском језику.	Стручна литература Програмски језик: Python
5. Тестирање и евалуација резултата	Тестирање и оцена резултата Статистичка анализа резултата Поређење са резултатима из литературе	Стручна литература Програмски језик: Python

ФАЗА	МЕСЕЦ											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1												
2												
3												
4												
5												

Оквирно, структуру докторске дисертације сачињаваће следећа поглавља:

1. УВОД

- 1.1. Дефинисање предмета истраживања
- 1.2. Циљеви истраживања
- 1.3. Полазне хипотезе
- 1.4. Методологија истраживања
- 1.5. Структура и организација рада

2. ПРИКУПЉАЊЕ МИШЉЕЊА ВЕЛИКИХ ГРУПА

- 2.1. Прикупљање мишљења великих група
- 2.2. Платформе за прикупљање гласова великих група
- 2.3. Коришћење експертских мишљења у контексту прикупљања мишљења великих група

3. ПРИМЕНА МАШИНСКОГ УЧЕЊА У КОНТЕКСТУ ДОНОШЕЊА ОДЛУКА ВЕЛИКИХ ГРУПА

- 3.1. Појам и значај машинског учења
 - 3.1.1. Класификација
 - 3.1.2. Регресија
 - 3.1.3. Кластеровање
 - 3.1.4. Факторизација матрица
 - 3.1.5. Идентификација аномалија у подацима
- 3.2. Алгоритми машинског учења у контексту доношења одлука у великим групама

4. ТЕОРИЈА ИГАРА У КОНТЕКСТУ ОДЛУЧИВАЊА ВЕЛИКИХ ГРУПА

- 4.1. Појам и значај теорије игара
- 4.2. Преговарачке стратегије у контексту доношења одлука и рангирања

5. ОКВИР ЗА ИНТЕГРАЦИЈУ ГЛАСОВА ЕКСПЕРАТА И ВЕЛИКИХ ГРУПА

- 5.1. Опис оквира за интеграцију гласова експерата и великих група
- 5.2. Одређивање преференција гласача на основу доступних гласова
- 5.3. Процена недостајућих мишљења
- 5.4. Агрегација мишљења

6. МЕТОДЕ ЗА ОТЕЖАВАЊЕ И ИНТЕГРАЦИЈУ ГЛАСОВА УЗ ПОМОЋ МАШИНСКОГ УЧЕЊА

6.1. Отежавање мишљења великих група базирано на експертским мишљењима

6.1.1. Методе заснована на факторизацији матрица

6.1.2. Методе евалуације и подаци

6.1.3. Експериментална поставка

6.1.4. Резултати и дискусија

6.2. Методе базиране на квалитету кластера и предикцији оцена

6.2.1. Отежавање гласова базирано на квалитету кластера

6.2.2. Рангирање алтернатива базирано на предвиђеним оценама

6.2.3. Експериментална поставка

6.2.4. Резултати и дискусија

7. МЕТОДЕ ЗА ОТЕЖАВАЊЕ И ИНТЕГРАЦИЈУ ГЛАСОВА УЗ ПОМОЋ ТЕОРИЈЕ ИГАРА

7.1. Агрегација гласова базирана на преговарачкој моћи

7.2. Мере за евалуацију и селекцију модела

7.3. Експериментална поставка и подаци

7.4. Резултати и дискусија

8. НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОСИ

9. БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА

10. ЗАКЉУЧАК

11. ЛИТЕРАТУРА



7. Закључак и предлог

Из изложеног се може закључити да кандидат Ана Вукићевић испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Развој модела за интегрисање гласова експерата и великих група применом машинског учења и теорије игара”.

Кандидат Ана Вукићевић, на основу претходног образовања, истраживачког рада, радног искуства, учешћа у пројектима и другим активностима из области предложене теме доктората, поседује знања, искуства и квалификације да самостално истражује тему.

Тема припада ужој научној области моделирање пословних система и пословно одлучивање, мултидисциплинарна је и актуелна. Добијени резултати могу допринети унапређењу пословања кроз брже доношење одлука, укључивање великог броја људи у процес одлучивања, што може довести до већег задовољства заједнице.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу да прихвати предложену тему и одобри израду пријављене докторске дисертације. За менторе докторске дисертације предлажу се проф. др Борис Делибашић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, и Љубиша Бојић, виши научни сарадник Института за филозофију и друштвену теорију, Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Борис Делибашић, редовни професор
Факултет организационих наука
Универзитет у Београду

др Милија Сукновић, редовни професор
Факултет организационих наука
Универзитет у Београду

др Марија Кузмановић, редовни професор
Факултет организационих наука
Универзитет у Београду

др Павле Милошевић, доцент
Факултет организационих наука
Универзитет у Београду

др Љубиша Бојић, виши научни сарадник
Институт за филозофију и друштвену теорију
Универзитет у Београду

Београд, 20.09.2024.