

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Стефана Марковића** за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа ФОН-а 05-01 бр. 3/89-12 од 15. 10. 2014. именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Стефана Марковића** „Оптимизационо-симулациони приступ решавању проблема стохастичког програмирања“.

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

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

Биографски подаци

Стефан Марковић је рођен 18.08.1987. године у Краљеву, где је завршио основну школу као носилац Вукове дипломе. Гимназију је завршио 2006. године са одличним успехом. Школске 2006/07 године уписао је Факултет Организационих Наука на буџету, смер менаџмент. Основне студије завршио је у року са просечном оценом 9.05, а дипломирао 7. октобра 2010. године са оценом 10.

Школске 2010/11 уписао мастер студије на буџету Факултета организационих наука, студијски програм Менаџмент и организација, модул Организација пословних система. Мастер студије завршио са просечном оценом 9.71, а одбранио мастер рад 21. децембра 2011. године са оценом 10.

Године 2012. уписао је академске докторске студије на Факултету организационих наука, на смеру информациони системи и менаџмент. Стипендиста је Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Научно-истраживачки интерес Стефана Марковића односи се на методе оптимизације, пре свега на методе стохастичког програмирања.

Стечено научноистраживачко искуство

Школске 2012/2013 године, Стефан Марковић је уписао докторске студије на Факултету организационих наука, студијски програм *Информациони системи и менаџмент*, изборно подручје *Менаџмент*. Током досадашњих студија, положио је све планом и програмом предвиђене испите са просечном оценом 9,78:

• Меко рачунање- одабрана поглавља	10 ЕСПБ
• Нови трендови у операционим истраживањима	10 ЕСПБ
• Мултиваријациона анализа	10 ЕСПБ
• Менаџмент људских ресурса - одабрана поглавља	10 ЕСПБ
• Стратешко управљање пројектима	10 ЕСПБ
• Стратешке и информационе алијансе	10 ЕСПБ
• Одлучивање - изабрана поглавља	10 ЕСПБ
• Статистика у менаџменту	10 ЕСПБ
• Наука о менаџменту	10 ЕСПБ

Кандидат је одбранио приступни рад под називом „**Оптимизационо-симулациони приступ решавању проблема стохастичког програмирања**“ и остварио 30 ЕСПБ бодова. Укупно је остварио 120 ЕСПБ бодова са просечном оценом 9,78.

Списак објављених радова

Стефан Марковић је, у сарадњи са другим ауторима у зборницима радова са домаћих и међународних конференција.

Рад објављен на међународном научном скупу (М30)

- **Marković Stefan**, (2012). Crisis prevention and crisis management model, Proceedings of the XIII International Symposium SymOrg 2012: Innovative management and business performance, (pp. 1462-1468). Zlatibor, Serbia.

Рад објављен на националном научном скупу (М60)

- Вујошевић Мирко, **Марковић Стефан** (2013). Оптимизационо-симулациони приступ стохастичком линеарном програмирању, *XL Симпозијум о операционим истраживањима – SYM-OP-IS 2013*, Златибор, 2013., ИСБН 978-86-7680-286-9
- Радовановић Владимир, Савић Љиљана, **Марковић Стефан** (2012). Перманентно образовање нужност савременог доба, *Конференција Техника и информатика у образовању*, Чачак, 2012., ИСБН 978-86-7776-139-4

Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Стефан Марковић је током студирања и научно-истраживачког рада стекао различита знања и искуства из области операционих истраживања, статистике, мултиваријационе анализе и симулације.

На основу претходног приказа и увида у резултате и искуства које је кандидат стекао кроз научно-истраживачке, стручне и остале пројекте и на основу списка положених испита на докторским студијама, Комисија оцењује да је кандидат **Стефан Марковић** способан за рад на предложеној теми докторске дисертације и да поседује неопходна

знања и вештине, искуство и стручност како би успешно одговорио изазовима и адекватно обрадио предложену тему „Оптимизационо-симулациони приступ решавању проблема стохастичког програмирања“.

2. Предмет и циљ истраживања

Приказ предмета, циља и хипотетичких ставова о проблему који се истражује

Предмет истраживања у дисертацији ће бити стохастичко програмирање, односно развој и испитивање различитих приступа решавању стохастичких модела оптимизације. Основни проблем у примени стохастичких модела произилази из неизвесности параметара и чињенице да се оптимално решење дефинише и добија само за детерминистичку верзију оптимизационог задатка, односно за детерминистички двојник (представник) оригинала. Проблем је оценили квалитет решења одређене детерминистичке замене са становишта могуће случајне вредности критеријумске функције, као и са становишта вероватноће задовољења стохастичких ограничења. Предмет истраживања односи се на примену комбинације метода класичне детерминистичке оптимизације и симулационог приступа у циљу оцењивања вредности решења за одређени сценарио, тј. одређени детерминистички двојник.

Класичне методе оптимизације користе детерминистички модел реалног проблема за који треба наћи решења, а основна претпоставка је да су сви параметри модела унапред познати и непроменљиви. Међутим, већ на самом почетку развоја области математичког програмирања уочени су недостаци детерминистичког приступа и мањкавости примене детерминистичких модела на ситуације из стварног живота. Дакле, оно што пресудно утиче на квалитет једног математичког модела програмирања јесте неизвесност која је садржана у сваком реалном проблему. То значи да се одлуке готово никада не доносе у условима потпуне извесности, а скоро увек постоји нешто у будућности што није познато и што ће утицати на последице донете одлуке.

Први покушаји да се на одговарајући начин обухвати и разуме неизвесност у параметрима при коришћењу линеарних детерминистичких модела су били коришћење различитих постоптималних анализа (Zionts, 1974; Williams, 1978). Ипак, постоје озбиљна ограничења у односу на степен до ког се на овај начин може испитати утицај неизвесности неке променљиве. Такође, постоптималне анализе се ослањају и заправо представљају само проширену примену детерминистичких модела, а да при томе уопште не узимају у обзир стохастичку природу проблема за који треба донети одговарајућу одлуку (La Valle, 1978).

Детерминистички модели решавају проблеме математичких модела, али не дају никакав увид у то шта се дешава уколико се испостави да параметри које смо задали у моделу не буду онакви какви смо очекивали. Са друге стране, стохастичко програмирање као полазну претпоставку у изградњи модела узима неизвесност променљивих и све могуће ситуације које из таквог стања могу произаћи.

Тинтнер (1955) је први дефинисао методу стохастичког линеарног програмирања у ком је покушао да пронађе вероватноћу расподеле за функцију циља у случају могућности претходног решења неизвесности за параметар A . Исте године, (Dantzig, 1955) и (Beale, 1955) су, независно један од другог, развили методу која се заснива на очекиваним рекурсивним трошковима и која је касније названа линеарно програмирање у условима неизвесности. Неколико година касније, (Charnes & Cooper, 1959) су дефинисали нови приступ под називом вероватноћа задовољења ограничења, који се знатно разликовао од претходна два приступа. Данцигов оригинални проблем линеарног програмирања у условима неизвесности се често назива још и двофазни рекурсивни модел, а Тинтнеров се назива проблем расподеле параметара стохастичког линеарног програмирања. Све у свему, ова три основа приступа су били камен темељац свих даљих истраживања у области стохастичког програмирања.

Кључна разлика између стохастичког и робусног програмирања је да се при изградњи модела у стохастичком приступу неизвесни параметри посматрају као случајне променљиве. Стохастички приступ је много мање конзервативан у односу на робусни приступ који је углавном оријентисан на најгори могући случај. Ипак, како се тврди у књизи (Ben-Tal et.al, 2009), стохастичко и робусно програмирање су комплементарни приступи за оптимизацију у условима неизвесности, сваки са својим предностима и манама.

Вероватносно задовољење ограничења је приступ који посебно третира неизвесност која се јавља у параметрима ограничења и посебно се бави решавањем таквих проблема. Основна претпоставка доносиоца одлуке у овом приступу је да је потребно задовољити неко ограничење, које је неизвесно, са најмање унапред одређеном вероватноћом.

У дисертацији ћемо користити приступ робусне оптимизације и приступ вероватносног задовољења ограничења. Приступ вероватносног задовољења ограничења подразумева креирање неколико сценарија који су одређени фиксним вредностима коефицијената система. За сваки од сценарија добија се оптимално решење за које се проверава вероватноћа задовољења ограничења методом симулације. У складу са тим треба одговорити на две групе питања: 1) Како формирати погодне сценарије, и 2) Како ефикасно обавити симулационе провере. У току израде приступног рада експериментално су постигнути извесни охрабрујући прелиминарни резултати. Основни циљ дисертације је наставити са експериментима на другим, реалним проблемима.

Коришћена литература у приказу предмета рада:

Beale, E. (1955). On minimising a convex function subject to linear inequalities. *J. Am. Stat. Assoc.*, 17, 173-184.

- Ben-Tal, A., Ghaoui, L., & Nemirovski, A. (2009). *Robust optimization*. Princeton: Princeton University Press.
- Charnes, A., & Cooper, W. (1959). Chance-constrained programming. *Management Science*, 6, 73-79.
- Dantzig, G. B. (1955). Linear Programming Under Uncertainty. *Management Science*, 1, 197-206.
- LaValle, I. H. (1978). *Fundamentals of decision analysis*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Tintner, G. (1955). Stochastic Linear Programming with Applications to Agricultural Economics. *Proceedings of the 2nd Symposium on Linear Programming*, 1, 197-228.
- Williams, H. P. (1978). *Model building in mathematical programming*. Chichester, West Sussex: Wiley.
- Zionts, S. (1974). *Linear and integer programming*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Циљ истраживања у докторској дисертацији

Научни циљ истраживања је повећање научног фонда путем указивања на могућност примене симулационог приступа у бржем решавању и имплементацији линеарних стохастичких модела у реалним системима.

Општи циљ истраживања је да се кроз имплементацију оваквог приступа решавања линеарних стохастичких модела, добијена оптимална решења претворе у добре управљачке одлуке које ће омогућити предузећу да оствари постављене циљеве.

Оквирна **листа релевантних библиографских извора** која ће се користити приликом израде докторске дисертације

1. Beale, E. (1955). On minimising a convex function subject to linear inequalities. *J. Am. Stat. Assoc.*, 17, 173-184.
2. Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (1998). Robust Convex Optimization. *Mathematics of Operations Research*, 23(4), 769-805.
3. Ben-Tal, A., & Ghaoui, L. (2009). *Robust optimization*. Princeton: Princeton University Press.
4. Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (1997). Stable Truss Topology Design via Semidefinite Programming. *SIAM J. on Optimization*, 7(4), 991-1016.
5. Ben-Tal, A., Golany, B., Nemirovski, A., & Vial, J. (2005). Retailer-Supplier Flexible Commitments Contracts: A Robust Optimization Approach. *Manufacturing Service Operations Management*, 7(3), 248-271.
6. Ben-Tal, A., Ghaoui, L., & Nemirovski, A. (2009). *Robust optimization*. Princeton: Princeton University Press.
7. Bertsimas, D., & Thiele, A. (2006). A robust optimization approach to supply chain management. *Operations Research*, 54(1), 150-168.
8. Bunn, D. W., & Paschentis, S. N. (1982). Linear programming with uncertain parameters: An applications review. *Computers in Industry*, 3(4), 283-296.
9. Charnes, A., & Cooper, W. (1959). Chance-constrained programming. *Management Science*, 6, 73-79.
10. Dantzig, G. B. (1955). Linear Programming Under Uncertainty. *Management Science*,

- 1, 197-206.
11. Dullerud, G. E., & Paganini, F. G. (2000). *A course in robust control theory: a convex approach*. New York: Springer.
 12. Ghaoui, L. E., & Lebret, H. (1997). Robust solution to least-squares problems with uncertain data. *SIAM J. of Matrix Anal. Appl.*, 18(4), 1035-1064.
 13. Falk, J. E. (1976). Technical Note-Exact Solutions of Inexact Linear Programs. *Operations Research*, 24(4), 783-787.
 14. Ghaoui, L. E., Oustry, F., & Lebret, H. (1998). Robust Solutions to Uncertain Semidefinite Programs. *SIAM Journal on Optimization*, 9(1), 33.
 15. Hsiung, K. L., Kim, S., & Boyd, S. (2005). Power control in lognormal fading wireless channels with uptime probability specifications via robust geometric programming. *Proceedings American Control Conference*, 6, 3955-3959.
 16. Huber, P. J. (1981). *Robust statistics*. New York: Wiley.
 17. King, A. J., & Wallace, S. W. (2012). *Modeling with stochastic programming*. New York, NY: Springer.
 18. Kouvelis, P., & Yu, G. (1997). *Robust discrete optimization and its applications*. London: Kluwer Academic Publishers.
 19. LaValle, I. H. (1978). *Fundamentals of decision analysis*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
 20. Levi, D., Kaminsky, P., & Levi, E. (2004). *Managing the supply chain the definitive guide for the business professional*. New York: McGraw-Hill.
 21. Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
 22. Markowitz, H. (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investments*. New York: Wiley.
 23. Nahmias, S. (1989). *Production and operations analysis*. Homewood, Ill.: Irwin.
 24. Nemirovski, A., Juditsky, A., Lan, G., & Shapiro, A. (2009). Robust Stochastic Approximation Approach to Stochastic Programming. *SIAM Journal on Optimization*, 19(4), 1574.
 25. Nemirovski, A., & Shapiro, A. (2006). Convex Approximations of Chance Constrained Programs. *SIAM Journal on Optimization*, 17(4), 969-996.
 26. Pagnoncelli, B. K., Ahmed, S., & Shapiro, A. (2009). Sample Average Approximation Method for Chance Constrained Programming: Theory and Applications. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 142(2), 399-416.
 27. Petrović Radivoj, Aleksandar Šenborn, and Mirko Vujošević. "Spares Allocation in the Presence of Uncertainty." *European Journal of Operational Research* 11 (1982): 77-81.
 28. Shapiro, A., & Homem-De-Mello, T. (1998). A simulation-based approach to two-stage stochastic programming with recourse. *Mathematical Programming*, 81(3), 301-325.
 29. Sheffi, Y. (2005). *The resilient enterprise: overcoming vulnerability for competitive advantage*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
 30. Singh, C. (1982). Convex programming with set-inclusive constraints and its applications to generalized linear and fractional programming. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 38(1), 33-42.
 31. Soyster, A. L. (1973). Technical Note-Convex Programming with Set-Inclusive Constraints and Applications to Inexact Linear Programming. *Operations Research*, 21(5), 1154-1157.

32. Tintner, G. (1955). Stochastic Linear Programming with Applications to Agricultural Economics. *Proceedings of the 2nd Symposium on Linear Programming, 1*, 197-228.
33. Vandenberghe, L., Boyd, S., & Comanor, K. (2007). Generalized Chebyshev Bounds via Semidefinite Programming. *SIAM Review, 49*(1), 52.
34. Vujošević, M. (2012). *Metode optimizacije u inženjerskom menadžmentu*. Beograd: Laboratorija za operaciona istraživanja „Jovan Petrić” – Fakulteta Organizacionih Nauka Univerziteta u Beogradu.
35. Williams, H. P. (1978). *Model building in mathematical programming*. Chichester, West Sussex: Wiley.
36. Zhou, K., Doyle, J. C., & Glover, K. (1996). *Robust and optimal control*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
37. Zions, S. (1974). *Linear and integer programming*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
38. Zymler, S., Kuhn, D., & Rustem, B. (2013). Distributionally robust joint chance constraints with second-order moment information. *Mathematical Programming, 137*(1-2), 167-198.

3. Полазне хипотезе истраживања

Општа полазна хипотеза истраживања гласи:

Реални проблеми стохастичког програмирања могу се ефикасно решавати комбинацијом метода класичне детерминистичке оптимизације и симулације.

Посебне хипотезе истраживања су следеће:

1. За решавање детерминистичких двојника постоје ефикасне методе и егзактни алгоритми који гарантују добијање оптималних решења када су у питању линеарни модели, као и хеуристички алгоритми који дају „довољно добра“ решења у случајевима нелинеарног и целобројног програмирања.
2. Снага савремених рачунарских система омогућава примену симулационог приступа за евалуацију решења одређеног детерминистичког двојника за оригинални проблем стохастичког програмирања.
3. Ради третирања неизвесности у проблемима стохастичког програмирања могуће је развити ефикасне поступке генерисања погодних сценарија и одговарајућих детерминистичких двојника.
4. Предложени оптимизационо-симулациони приступ решавању проблема стохастичког програмирања се може ефикасно примењивати за случај стохастичког линеарног програмирања.
5. У циљу повећања ефикасности предложеног приступа могуће је користити концепте тврдих и меких ограничења, односно комбинацију концепта робусног програмирања и концепта вероватносног задовољења ограничења.

4. Научне методе истраживања

У процесу рада на докторској тези користиће се одговарајуће опште методе научног истраживања. Ради систематског прегледа и критичке анализе стања у области истраживања најпре ће се користити савремене методе и технике прикупљања

информација из постојећих база публикованих радова као и методе критичке анализе научних резултата. Од општих метода истраживања посебан значај има метода моделирања у складу са специфичностима које је ова метода добила у области операционих истраживања и науке о менаџменту. Другим речима, за разматрање дефинисаних проблема одлучивања и оптимизације развиће се погодни математички модели. У циљу решавања математичких проблема оптимизације користиће се познате методе и алгоритми операционих истраживања. За решавање одређених специфичних проблема развиће се и проверавати специјалне хеуристике. Ради евалуације решења добијених у различитим сценаријима биће неопходно користити методе дискретне стохастичке симулације док ће се ради верификације и валидације добијених резултата користити одговарајуће статистичке методе. Експериментисање ће се обављати уз подршку савремених оптимизационих софтвера.

5. Очекивани научни допринос

Поред систематизованог критичког прегледа стања у области стохастичког програмирања, очекивани научни доприноси су у развоју:

- оригиналног приступа третирању и решавању проблема стохастичке оптимизације;
- правила за дефинисање релевантних сценарија и детерминистичких проблема;
- метода за решавање и евалуацију оптималних решења детерминистичких проблема;
- интерактивног приступа који треба да омогући конвергенцију ка решењу које највише одговара систему преференција коначног доносиоца одлуке;
- аутоматизованог априорног приступа решавању проблема у којем доносилац одлуке унапред исказује своје преференције.

Наведени резултати ће допринети повећању сазнајног фонда у области стохастичког програмирања и његове практичне применљивости. Процес вредновања научних доприноса укључиће и рецензирање у процесима објављивања резултата у међународним часописима.

6. План истраживања и структура рада

Оквирни план истраживања обухватиће пет фаза у којима ће бити коришћене различите методе и технике истраживања, што је приказано у табели у наставку:

Редни број	Фаза	Методе и технике
1	Прикупљање информација, систематизација и анализа постојећих научних резултата у области стохастичке оптимизације	- Претраживање стручне литературе - Претраживање WEB-а
2	Идентификација, формулација и анализа проблема истраживања	- Метода моделовања
3	Дефинисање предлога решења	- Генерисање сценарија - Методе стохастичке оптимизације - Метода моделовања
4	Тестирање хипотеза и предложених решења	- Симулациони експеримент
5	Закључак	- Анализа и синтеза

Предвиђено, оквирно, време трајања истраживања је 12 месеци, а временски план одвијања истраживања је дат у наставку:

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

Оквирни предлог садржаја докторске дисертације

1. Увод

2. Стохастичко програмирање

2.1 Општи модел проблема стохастичког програмирања

2.2 Стохастичко линеарно програмирање

2.2 Аналитички приступи решавању проблема стохастичке оптимизације

3. Генерисање и решавање детерминистичких замена

3.1 Робусна оптимизација

3.2 Програмирање засновано на вероватносном задовољењу ограничења

4. Оптимизациони-симулациони приступ стохастичком програмирању

4.1 Основни елементи приступа

4.2 Генерисање и решавање детерминистичких замена

4.3 Симулациони приступ одређивању вероватноћа задовољења ограничења

4.4 Развој хеуристичких метода за генерисање сценарија

4.4 Експериментални резултати и њихова анализа

5. Закључна разматрања

6. Литература

7. Закључак и предлог

На основу увида у материјал из предлога за израду докторске дисертације које је поднео кандидат **Стефан Марковић**, дипломирани инжењер и мастер организационих наука, Комисија је у претходном тексту навела релевантне чињенице и дошла до закључка да кандидат испуњава све услове за израду докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању и статутом Факултета организационих наука. Према мишљењу Комисије, тема **„Оптимизационо-симулациони приступ решавању проблема стохастичког програмирања“** спада у научно подручје које се развија на Факултету организационих наука. Она је по предмету истраживања, садржају и очекиваним доприносима значајна и са теоријског и са аспекта примене у пракси, у пољу је техничких наука и уже научне области Операциона истраживања. Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета

организационих наука да кандидату **Стефану Марковићу** одобри израду докторске дисертације под насловом „**Оптимизационо-симулациони приступ решавању проблема стохастичког програмирања**“ и за ментора именује **проф. др Мирка Вујошевића**, редовног професора Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

8. Потписници извештаја

Чланови комисије:

др Мирко Вујошевић, редовни професор
Факултет организационих наука Универзитета у Београду

др Раде Лазовић, ванредни професор
Факултет организационих наука Универзитета у Београду

др Драгана Макајић Николић, доцент
Факултет организационих наука Универзитета у Београду

др Александар Ђоковић, доцент
Факултет организационих наука Универзитета у Београду

др Игор Миљановић, ванредни професор
Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

У Београду, 18.11.2014. године