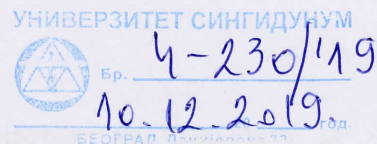


УНИВЕРЗИТЕТ СИНГИДУМУ
Департман за последипломске студије
Данијелова 32, Београд



ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ

Одлуком Већа Департмана за последипломске студије број 4 – 170-1/2019 од 12.07.2019. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Иване Штрумбергер, под називом “**Унапређење распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу применом метахеуристика интелигенције ројева**“ о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату и докторској дисертацији

Кандидат Ивана Штрумбергер рођена је 23.03.1989. године у Београду, где је завршила основну школу и гимназију. Основне академске студије завршила је на Факултету за пословне студије у Београду, смер компјутерски инжењеринг 2012. године, са просечном оценом 9.19, а мастер академске студије на Факултету организационих наука Универзитета у Београду, студијски програм Информациони системи и технологије, модул Информационе технологије, са просечном оценом 9.00 и одбрањеним мастер радом под називом: “*Конфигурација и примена VLAN мреже на Факултету Организационих наука*” оценом 10. Мастер студије завршила је 2014. године, када је стекла звање мастер инжењер организационих наука.

На докторским студијама на Факултету организационих наука у Београду, студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент, модул Информационе технологије, положила је све испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 9.88. Академске 2018/19 године, кандидат Ивана Штрумбергер пребацује се на трећу годину докторских академских студија Универзитета Сингидунум, студијски програм Напредни системи заштите.

Активно се бави научно-истраживачким радом и током мастер и докторских студија и до сада је објавила око 40 радова који су цитирани скоро 200 пута у светским часописима, зборницима водећих међународним IEEE/ACM конференција и као поглавља Springer LNCS (Lecture Notes in Computer Science) серијала. Већина објављених радова су индексирани у Scopus-у и WoS-у, Ивана Штрумбергер је такође објавила и два рада у међународним часописима који су индексирани на Clarivate Analytics SCIE листи.

Од септембра 2013. године, радила је као сарадник у настави на Факултету за компјутерске науке Мегатренд универзитета, да би од новембра 2014. године стекла звање асистента на истом Факултету. У току трогодишњег наставног искуства, изводила је практичну наставу на следећим предметима: Увод у рачунарске системе, Мрежно рачунарство, Базе података, Електронско пословање, Рачунарске апликације, Напредне рачунарске апликације, Увод у оперативне системе и рачунарске мреже и Интернет архитектура и протоколи.

Од децембра 2017 ради као асистент на Факултету за информатику и рачунарство и Техничком факултету на Универзитету Сингидунум, где изводи практичну наставу на предметима Пројектовање информационих система, Конкурентно и дистрибуирано програмирање, Рачунарски облаци, Дистрибуирани рачунарски системи, Cloud Computing и Database Systems.

Академске 2015/2016 године учествовала је у оквиру Erasmus+ Teaching Mobility program-а, где је разменила наставно-научно искуство са колегама са Lucian Blaga University of Sibiu, Румунија.

Предвиђена је као учесник PROMIS пројекта за младе истраживаче, као и учесник осталих пројеката у организацији Фонд за науку Републике.

Кандидат има следећи објављени рад категорије M22 (2019), чиме је испуњен предуслов за одбрану докторске дисертације:

I. Strumberger, N. Bacanin, M. Tuba, E. Tuba, *Resource Scheduling in Cloud Computing Based on a Hybridized Whale Optimization Algorithm*, Applied Sciences, Vol. 9, Issue 2, 2019, pp. 4893, doi: <https://doi.org/10.3390/app9224893> (URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/22/4893/htm>).

Преостали објављени радови:

Списак резултата M10

1. **I. Strumberger**, E. Tuba, M. Zivkovic, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Dynamic Search Tree Growth Algorithm for Global Optimization*. In: Camarinha-Matos L., Almeida R., Oliveira J. (eds) Technological Innovation for Industry and Service Systems. DoCEIS 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 553, Springer Cham, 2019, pp. 143-153.

2. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Modified and Hybridized Monarch Butterfly Algorithms for Multi-Objective Optimization*, Chapter in: Advances in Intelligent Systems and Computing: Hybrid Intelligent Systems, Vol. 923, pp. 449 - 458, Mar, 2019

3. E. Tuba, **I. Strumberger**, N. Bacanin, M. Tuba, *Bare Bones Fireworks Algorithm for Continuous p-Median Problem*, Chapter in: Lecture Notes in Computer Science, Advances in Swarm Intelligence, Vol. 10941, pp. 283 - 291, Jun, 2018.
4. **I. Strumberger**, M. Beko, M. Tuba, M. Minovic, N. Bacanin, *Elephant Herding Optimization Algorithm for Wireless Sensor Network Localization Problem*, Chapter in Technological Innovation for Resilient Systems, IFIP Advances in Information and Communication Technology, Vol. 521, Springer, 2018, pp. 175 – 184.
5. **I. Strumberger**, N. Bacanin, M. Tuba, *Hybridized Elephant Herding Optimization Algorithm for Constrained Optimization Problems*, Chapter in Hybrid Intelligent Systems, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 734, Springer, 2018, pp. 158 – 166.
6. N. Bacanin, E. Tuba, T. Bezdán., **I. Strumberger**, M. Tuba, *Artificial Flora Optimization Algorithm for Task Scheduling in Cloud Computing Environment*. In: Yin H., Camacho D., Tino P., Tallón-Ballesteros A., Menezes R., Allmendinger R. (eds) Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL 2019. IDEAL 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11871. Springer, Cham, 2019.

Списак резултата M20

1. **I. Strumberger**, Miroslav Minovic, Milan Tuba, Nebojsa Bacanin, *Performance of Elephant Herding Optimization and Tree Growth Algorithm Adapted for Node Localization in Wireless Sensor Networks*, SENSORS, Vol. 19, No. 11, pp. 2515 - 2515, Jun, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/s19112515> (URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/11/2515>), категорија M21.

2. **I. Strumberger**, N. Bacanin, M. Tuba, E. Tuba, *Resource Scheduling in Cloud Computing Based on a Hybridized Whale Optimization Algorithm*, Applied Sciences, Vol. 9, Issue 2, 2019, pp. 4893, doi: <https://doi.org/10.3390/app9224893> (URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/22/4893/htm>), категорија M22.

Списак резултата M50

1. **I. Strumberger**, M. Tuba, N. Bacanin, E. Tuba, *Cloudlet Scheduling by Hybridized Monarch Butterfly Optimization Algorithm*, Journal of Sensors and Actuator Networks, Vol. 8, Issue 3, 2019, pp. 44, doi: <https://doi.org/10.3390/jsan8030044> (URL: <https://www.mdpi.com/2224-2708/8/3/44>).

Списак резултата M30

1. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Tuba, *Dynamic Tree Growth Algorithm for Load Scheduling in Cloud Environments*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Jun 2019, pp. 1 – 8.
2. E. Tuba, **I. Strumberger**, N. Bacanin, D. Zivkovic, M. Tuba, *Brain Storm Optimization Algorithm for Thermal Image Fusion using DCT Coefficients*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Jun, 2019, pp. 1 – 8.

3. E. Tuba, **I. Strumberger**, N. Bacanin, R. Jovanovic, M. Tuba, *Bare Bones Fireworks Algorithm for Feature Selection and SVM Optimization*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Jun 2019, pp. 1 – 8.
4. N. Bacanin, **I. Strumberger**, E. Tuba, M. Tuba, *Hybridized Particle Swarm Optimization for Constrained Problems*, Proceedings of International Scientific Conference Sinteza, 2019, pp. 17-25, doi:10.15308/Sinteza-2019-17-25.
5. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Bare Bones Fireworks Algorithm for the RFID Network Planning Problem*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), part of IEEE World Congress on Computational Intelligence, Jul, 2018, pp. 1 – 8.
6. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Hybridized Artificial Bee Colony Algorithm for Constrained Portfolio Optimization Problem*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), part of IEEE World Congress on Computational Intelligence, Jul 2018, pp. 1 – 8.
7. E. Tuba, **I. Strumberger**, D. Zivkovic, N. Bacanin, M. Tuba, *Mobile Robot Path Planning by Improved Brain Storm Optimization Algorithm*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Part of World Congress on Computation Intelligence, Jul 2018, pp. 2203 – 2210.
8. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Wireless Sensor Network Localization Problem by Hybridized Moth Search Algorithm*, 14th IEEE International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC 2018), May 2018, pp. 316 - 321.
9. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Hybridized Moth Search Algorithm for Constrained Optimization Problems*, IEEE 2nd International Young Engineers Forum on Electrical and Computer Engineering (YEF-ECE), May 2018, pp. 1 – 5.
10. E. Tuba, **I. Strumberger**, D. Zivkovic, N. Bacanin, M. Tuba, *Rigid Image Registration by Bare Bones Fireworks Algorithm*, IEEE 6th International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS), May 2018, pp. 35 – 40.
11. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Modified Monarch Butterfly Optimization Algorithm for RFID Network Planning*, IEEE 6th International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS), May 2018, pp. 1 – 6.
12. E. Tuba, **I. Strumberger**, I. Tuba, N. Bacanin, M. Tuba, *Water Cycle Algorithm for Solving Continuous p-Median Problem*, 12th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, May 2018, pp. 351 – 354.
13. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Monarch Butterfly Optimization Algorithm for Localization in Wireless Sensor Networks*, IEEE 28th International Conference Radioelektronika 2018, April 2018, pp. 1 – 6.

14. E. Tuba, **I. Strumberger**, N. Bacanin, D. Zivkovic, M. Tuba, *Cooperative Clustering Algorithm Based on Brain Storm Optimization and K-Means*, IEEE 28th International Conference Radioelektronika, April 2018, pp. 1 – 5.
15. **I. Strumberger**, N. Bacanin, S. Tomic, M. Beko, M. Tuba, *Static Drone Placement by Elephant Herding Optimization Algorithm*, IEEE 25th Telecommunications Forum TELFOR 2017, November 2017, pp. 808 – 811.
16. **I. Strumberger**, N. Bacanin, M. Tuba, *Enhanced Firefly Algorithm for Constrained Numerical Optimization*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Jun 2017, pp. 2120 – 2127.
17. **I. Strumberger**, N. Bacanin, M. Tuba, *Hybridized Krill Herd Algorithm for Large-Scale Optimization Problems*, IEEE International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMi), Jan 2017, pp. 473 – 478.
18. **I. Strumberger**, N. Bacanin, M. Tuba, *Constrained Portfolio Optimization by Hybridized Bat Algorithm*, 7th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), pp. 83 - 88, Jan, 2016
19. N. Bacanin, M. Tuba, **I. Strumberger**, *RFID Network Planning by ABC Algorithm Hybridized with Heuristic for Initial Number and Locations of Readers*, UKSim-AMSS 17th International Conference on Computer Modelling and Simulation Cambridge, Mar. 2015, pp. 39 – 44.
20. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Beko, M. Tuba, *Convolutional Neural Network Architecture Design by the Tree Growth Algorithm Framework*, International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Jul 2019, pp. 1 – 8.

Радови објављени у осталим међународним часописима

1. **I. Strumberger**, M. Sarac, D. Markovic, N. Bacanin, *Hybridized Monarch Butterfly Algorithm for Global Optimization Problems*, International Journal of Computers, Vol. 3, April 2018, pp. 63 – 68.
2. **I. Strumberger**, M. Sarac, D. Markovic, N. Bacanin, *Moth Search Algorithm for Drone Placement Problem*, International Journal of Computers, Vol. 3, April 2018, pp. 75 – 80.
3. **I. Strumberger**, N. Bacanin, *Modified Moth Search Algorithm for Global Optimization Problems*, International Journal of Computers, Vol. 3, April 2018, pp. 44 – 48.

Докторска дисертација кандидата Иване Штрумбергер је урађена на укупно 171 страна (не рачунајући апстракт на српском и енглеском језику, садржај, списак слика, табела и алгоритама), од чега 19 страна чини списак литературе. Списак литературе обухвата 165 референци које чине научни радови, зборници радова, књиге и извори са Интернета. Уз

основни текст дисертација садржи и 33 слике, 27 табела, као и 7 псеудо-кодова алгоритама.

Докторска дисертација кандидата **Иване Штрумбергер** је била подвргнута провери софтвером за установљавање преклапања/плагијаризма (iThenticate Plagiarism Detection Software). *Укупан процентуални износ запажених преклапања износи 2% дисертације.*

2. Предмет и циљ истраживања

Последњих година, развојем концепта клауд рачунарства (енг. cloud computing), омогућено је повезивање рачунарских центара (енг. data centers), који се физички налазе на географски дистрибуираним локацијама, у јединствену логичку целину са циљем испоруке квалитетних и правовремених сервиса крајњим корисницима. Концепт клауд рачунарства се развио у парадигму коришћења рачунарских ресурса по моделу „плаћања на основу потрошње ресурса“ (енг. pay-as-you-go).

У прилог чињеници да је клауд рачунарство актуелна и жива мултидисциплинарна област иде велики број објављених радова у еминентним међународним часописима који се налазе на Thomson Reuters SCI листама, као и на угледним међународним конференцијама које организују IEEE и ACM.

Свакако један од најважнијих изазова у клауд окружењу јесте распоређивање захтева крајњих корисника (енг. end-users) за извршавање на ограниченом скупу расположивих виртуелних машина (енг. virtual machines - VM), што спада у домен NP тешких оптимизационих проблема. На основу публикованих резултата у релевантним литературним изворима, види се да су метахеуристике интелигенције ројева, које спадају у групу природом-инспирисаних алгоритама, успешно примењиване, како на бенчмарк, тако и на практичне NP тешке оптимизационе проблеме (глобалне и комбинаторне) и да могу да постигну боље резултате, у смислу брзине конвергенције и квалитета решења, од других метода, техника и алгоритама. Такође, претрагом расположиве литературе закључује се да проблеми распоређивања послова и балансирања оптерећења на клауду нису довољно решавани применом метахеуристика интелигенције ројева.

У складу с наведеним, *предмет истраживања* докторске дисертације може да се формулише као:

- свеобухватни преглед модела распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу;
- преглед постојећих метахеуристичких метода за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу;
- унапређење решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу применом метахеуристика интелигенције ројева;
- детаљна компаративна анализа наведених метода, са истицањем предности и недостатака једних метода у односу на друге;

Примарни *циљ истраживања* у докторској дисертацији је утврђивање:

- колико су проблеми распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу оптимизовани са примењеним методама и техникама оптимизације;
- предности и недостаци примењених метода и метахеуристика за решавање ових проблема и
- унапређење решавања проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу, до кога се долази применом алгоритама интелигенције ројева.

С обзиром да је током спроведеног истраживања за потребе ове докторске дисертације имплементирано и адаптирано више основних и унапређених алгоритама интелигенције ројева, секундарни циљ истраживања приказаног у овој докторској тези јесте унапређење постојећих имплементација метахеуристика интелигенције ројева минорним (промена једначине претраге, контролних параметара, итд.) и/или крупним модификацијама (хибридизацијом са другим метахеуристикама и хеуристикама).

3. Хипотетички оквир истраживања

На основу циљева и предмета истраживања произилази следећи хипотетички оквир који се састоји од опште, посебне и појединачних хипотеза.

Општа хипотеза, од које се кренуло у истраживање за потребе израде докторске дисертације може да се формулише као:

Хипотеза Х: Применом до сада недовољно коришћених метахеуристика интелигенције ројева за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу, могуће је генерисати боља решења у смислу брзине конвергенције и квалитета (субоптимална, прави оптимум), чиме ће се унапредити резултати које су друге методе оптимизације постигле за исту инстанцу проблема.

Посебна хипотеза која произилази из опште и која се односи на обрађивање делова предмета истраживања гласи:

Х0.1. Могуће је адаптирати и унапредити постојеће имплементације алгоритама ројева за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу.

Даљим посебне хипотезе, формулишу се појединачне које се односе на елементарне чиниоце предмета истраживања:

Х.0.1.1 Могуће је адаптирати постојеће имплементације метахеуристика ројева, које до сада нису примењиване у овом домену, за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу;

X.0.1.2. *Можуће је унапредити постојеће имплементације метахеуристика ројева, које су раније већ биле примењене у овом домену, за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу, подешавањем контролних параметара, модификацијама у једначинама претраге и/или хибридизацијом са другим алгоритмима и метахеуристикама.*

4. Методологија истраживања

Приликом израде докторске дисертације, примењене су различите научне методе које омогућују валидно остварење научног циља истраживања. За анализу прикупљених резултата примене метода, техника и метахеуристика за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења на клауду, коришћена је метода квантитативне анализе. У овој дисертацији користиле су се методе квалитативне анализе и анализе садржаја за анализирање квалитета прикупљених резултата. Прикупљени подаци су груписани методом синтезе.

За извршавање практичних експеримената коришћена је симулација у стандардном окружењу са добро познатим бенчмарк подацима из светских база. Поређење добијених резултата оптимизације је урађено помоћу познатих статистичких метода као што су анализа најбољег решења, просечних решења, броја позива функције и стандардне девијације.

5. Кратак приказ садржаја докторске дисертације

Дисертација се састоји из увода, закључка, списка литературе и седам глава.

Након увода, у првој глави приказани су појам и основни концепта клауд рачунарства. На почетку ове главе наведени су разлози због којих се парадигма клауд рачунарства све чешће користи, како од стране индивидуалних, тако и од стране корпоративних корисника. Затим су описане технологија виртуелизације и хипер-конвергиране инфраструктуре, као основне технологије које омогућавају сам концепт клауд рачунарства. У оквиру посебног поглавља у овој глави дате су најважније дефиниције клауд рачунарства, које су прихваћене у светској литератури, заједно са три основна модела услуга и четири модела испоруке. Коначно, на крају прве главе укратко је приказана архитектура савремених система клауд рачунарства.

Обзиром да главни проблем који је разматран у овој дисертацији припада групи оптимизационих проблема, у другој глави дефинисан је појам и дата је основна таксономија оптимизационих проблема. Оптимизациони проблеми су разврстани на основу три критеријума: типу варијабли, на основу ограничења и према броју функција циља. На крају ове главе укратко су описани оптимизациони алгоритми и уведене су класе комплексности.

Трећа глава је посвећена моделима распоређивања послова и балансирање оптерећења у клауд рачунарству. На почетку главе је дата основна терминологија и укратко су приказани алгоритми који се најчешће користе за распоређивање послова на клауду. Након тога описан је први модел који је коришћен у практичним симулацијама и који спада у групу оптимизационих проблема са једном функцијом циља, где је узета у обзир минимизација укупног времена извршавања свих послова на расположивим клауд рачунарским ресурсима. У овој глави такође је приказан и други модел, чије је решавање приказано у експерименталним поглављима дисертације, а који припада категорији вишекритеријумске оптимизације са ограничењима, где су узете у обзир две функције циља: укупно време извршавања свих послова и минимизација трошкова у оквиру расположивог буџета.

У четвртој глави је дат преглед и једна од најшире коришћених класификација оптимизационих алгоритама. Такође су приказане хеуристичке методе оптимизације. Због релевантности са истраживањем спроведеног за потребе ове дисертације, посебна пажња је посвећена метахеуристикама и класификацији на метахеуристике које су инспириране природом и на метахеуристике које нису инспириране природом.

Цела пета глава посвећена је метахеуристикама интелигенције ројева. Приказани су основни принципи и дата је дефиниција алгоритама ројева, као и две најважније компоненте процеса претраге: експлоатација (интензификација) и експлорација (диверсификација). Након тога, детаљно су приказане основне верзије алгоритама који су унапређени хибридизацијом и адаптирани за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења на клауду - алгоритам оптимизације монарх лептирова и оптимизација јатом китова. На крају ове главе дат је преглед литературе, где су приказане објављене имплементације метахеуристике ројева за НП тешке проблеме, укључујући и проблем који је разматран у овој дисертацији.

Шеста и седма глава су експерименталне главе, у којима су детаљно приказане практичне симулације и резултати до којих се дошло у спроведеном истраживању. У шестој глави детаљно је приказан унапређени хибридизовани алгоритам оптимизације монарх лептирова, док је у седмој глави описан побољшани хибридни приступ оптимизације јатом китова. У оба случаја, прво су приказани недостаци основних метахеуристике и подешавања контролних параметара. Затим су детаљно приказани и анализирани резултати које су обе метахеуристике оствариле у симулацијама са глобалним функцијама без ограничења, где је приказана и компаративна анализа са другим врхунским алгоритмима чији су резултати објављени у модерној литератури. На крају су дати сви детаљи експерименталног решавања проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења на клауду. За сваки алгоритам су рађена два типа експерименталних - један са вештачким подацима, генерисаним у симулатору и други са подацима из реалног, продукционог клауд окружења, који су преузети из јавних доступних бенчмарк база. У случају оба алгоритма детаљно је приказано окружење које је коришћено у симулацијама и дата је компаративна анализа са другим врхунским хеуристичким и метахеуристичким методама, које су адаптиране и валидиране на истим инстанцама проблема и под истим експерименталним условима.

У закључку су дата завршна разматрања и истакнут је научни допринос ове докторске дисертације.

6. Постигнути резултати и научни допринос докторске дисертације

Главни научни допринос истраживања које је приказано у докторској дисертацији је:

- унапређење решавања проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу применом и адаптацијом алгоритама интелигенције ројева, како основних, тако и унапређених верзија;
- унапређење постојећих верзија и имплементација метахеуристика ројева;
- критички осврт на резултате до којих долазе друге методе и технике за решавање проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења на клауду;
- компаративна анализа резултата разних алгоритама интелигенције ројева за ову класу проблема, као и између алгоритама интелигенције ројева и других метода и алгоритама и
- детаљан приказ математичких модела и формулисања проблема распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу.

Резултати истраживања који су приказани у овој докторској дисертацији валидирани су од стране светске научне заједнице објављивањем у једном врхунском и једном међународном часопису од националног значаја реферисаног у Scopus бази, поглављу Springer књиге из серијала LNCS и у зборнику једног од светских водећих конгреса из домена еволутивног рачунарства:

1. **I. Strumberger**, N. Bacanin, M. Tuba, E. Tuba, *Resource Scheduling in Cloud Computing Based on a Hybridized Whale Optimization Algorithm*, Applied Sciences, Vol. 9, Issue 2, 2019, pp. 4893, doi: <https://doi.org/10.3390/app9224893> (URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/22/4893/htm>), категорија M22.

2. **I. Strumberger**, M. Tuba, N. Bacanin, E. Tuba, *Cloudlet Scheduling by Hybridized Monarch Butterfly Optimization Algorithm*, Journal of Sensors and Actuator Networks, Vol. 8, Issue 3, 2019, pp. 44, doi: <https://doi.org/10.3390/jsan8030044> (URL: <https://www.mdpi.com/2224-2708/8/3/44>), категорија M51.

3. N. Bacanin, E. Tuba, T. Bezdan., **I. Strumberger**, M. Tuba, *Artificial Flora Optimization Algorithm for Task Scheduling in Cloud Computing Environment*. In: Yin H., Camacho D., Tino P., Tallón-Ballesteros A., Menezes R., Allmendinger R. (eds) Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL 2019. IDEAL 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11871. Springer, Cham, 2019, категорија M13.

4. **I. Strumberger**, E. Tuba, N. Bacanin, M. Tuba, *Dynamic Tree Growth Algorithm for Load Scheduling in Cloud Environments*, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), Jun 2019, pp. 1 – 8, категорија M33.

7. Мишљење и предлог Комисије о докторској дисертацији

На основу свега изложеног Комисија је мишљења да докторска дисертација кандидата кандидата Иване Штрумбергер по својој теми, приступу, структури и садржају рада, квалитету и начину излагања, методологији истраживања, начину коришћења литературе, релевантности и квалитету спроведеног истраживања и донетим закључцима задовољава критеријуме захтеване за докторску дисертацију, те се може прихватити као подобна за јавну одбрану.

Сагледавајући укупну оцену докторске дисертације кандидата Иване Штрумбергер, под називом “ **Унапређење распоређивања послова и балансирања оптерећења у клауд окружењу применом метахеуристика интелигенције ројева**“ предлагемо Већу департмана за последипломске студије и Сенату Универзитета Сингидунум да прихвати напред наведену докторску дисертацију и одобри њену јавну одбрану.

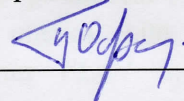
Београд, 02/12/2019

Чланови комисије:

проф. др Милан Туба
Универзитет Сингидунум



проф. др Ђорђе Обрадовић
Универзитет Сингидунум



проф. др Милан Рапаић
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

