

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФОН-а

Предмет: Подобност теме и кандидата Вељка Вујчића за израду докторске дисертације

Одлуком наставно-научног већа ФОН-а бр. 3/121-10 од 14.10.2015. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Вељка Вујчића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Откривање и сврставање променљивих астрономских објеката обрадом комплексних догађаја у реалном времену“ и на основу тога подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Вељко Вујчић је рођен 27.08.1981. године у Београду, где је завршио основну и средњу (XII београдска гимназија, 2000.) школу. Студије на **Факултету организационих наука** уписао је 2000/2001 школске године, као редован буџетски студент. Дипломирао је 2007. године, на Одсеку за Информационе системе, са просечном оценом 8,14 и оценом 10 на дипломском раду “EJB 3.0 i Java Persistence API”. Школске 2010/2011 године уписује докторске студије на ФОН-у.

Посебне теме интересовања, на којима кандидат активно ради, односе се на: обраду комплексних догађаја, web апликације и сервисе, стандарде за интероперабилност, методе машинског учења итд.

Досадашњи истраживачки рад кандидата односи се на развој апликација у домену виртуалне опсерваторије и астроинформатике.

У периоду 01.02.2011 до данас запослен је на Астрономској опсерваторији у Београду као истраживач на пројекту Министарства МПН **III44002/2011** “Астроинформатика: примена ИТ у астрономији и сродним областима”.

У оквиру рада на пројекту учествовао у пројектовању и имплементацији разних алата и сервиса везаних за Српску виртуелну опсерваторију који се могу наћи на сајту <http://servo.aob.rs>

У сарадњи са европским **VAMDC** (*Virtual Atomic and Molecular Data Center*) пројектом и Институтом за Физику у Београду пројектовао и израдио апликације и сервисе за две целине теоријских и експерименталних података.

У сарадњи са америчким **LSST** (*Large Synoptic Survey Telescope*) пројектом ради на изради симулатора догађаја тј. алерата. Код је open-source и доступан је на http://github.com/lst-sims/sims_alertsim

Учествовао у организационим одборима интернационалних конференција, између осталих:

- 10th SCSLSA, Srebrno jezero, Serbia, June 15-19, 2015
- Big Data Era in Sky and Earth Observation, Belgrade, Serbia, March 30-31, 2015
- XVII NCAS, Belgrade, Serbia, September 23-27, 2015
- 9th SCSLSA, Banja Koviljaca, Serbia, May 13-17, 2013
- VAMDC workshop, Belgrade, Serbia, June 14-16, 2012

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Вељко Вујчић је академске 2010/11 године уписао докторске студије на Факултету организационих наука, студијски програм *Информациони системи и квантитативни менаџмент*, изборно подручје *Информациони системи*. Положио је све испите, са просечном оценом 9,78:

- Напредне структуре података и алгоритми
- Софтверске архитектуре
- Методологија научно-истраживачког рада
- Интероперабилност пословних система и апликација
- Системи за управљање пословним процесима
- Развој информационих система
- Управљање подацима
- Дискретна математика
- Откривање законитости у базама података

Кандидат је одбранио приступни рад под називом „Откривање и сврставање променљивих астрономских објеката обрадом комплексних догађаја у реалном времену“ и остварио 30 ЕСПБ бодова. Укупно је остварио 120 ЕСПБ бодова.

Научни рад огледа се кроз следећу библиографију радова:

Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M20)

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. Marinković, B.P., **Vujić, V.**, Sushko, G., Vudragović D., Marinković D., Đorđević S., Ivanović S., Nešić M., Jevremović D., Solov'yov A.V., Mason N.J (2015). Development of collisional data base for elementary processes of electron scattering by atoms and molecules. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research: Section B, Beam Interactions with Materials and Atoms* 01/2015; 354. DOI:10.1016/j.nimb.2014.12.039

Рад у међународном часопису (M23)

2. **Vujić, V.**, Jevremović D., Mihajlov A.A., Ignjatović Lj.M., Srećković V.A., Dimitrijević M.S., Malović M. (2015). Mol-D a collisional database and web service within the virtual atomic and molecular data center. *Journal of Astrophysics and Astronomy*. DOI: 10.1007/s12036-015-9344-y

Радови објављени у зборницима међународних научних скупова (M30)

Предавање по позиву са међународних скупова штампана у изводу (M32)

1. **Vujčić V.**, Jevremović D., Mihajlov A.A., Srećković V.A., Dimitrijević M.S., Ignjatović Lj.M., Malović M. (2015). MOL-D A Collisional Database Repository and Web Service Within the Virtual Atomic and Molecular Data Centre. *10th SCSLSA* 06/2015; 39, ISBN: 978-86-80019-70-3

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

2. Jevremović D., Dimitrijević M.S., Popović L.Č., Kovačević A., **Vujčić V.**, Benišek VP., Benišek V., Sahal-Bréchet S., Tsvetkova K., Aleksić J., Nešković S., Simić Z., Malović M. (2012). Serbian Virtual Observatory. *13th International Conference CompSysTech'12*, Volume: ICPS (International Conference Proceedings Series), ACM Press, New York 630, 399-405. DOI: 10.1145/2383276.2383335
3. Jevremović D., **Vujčić V.**, Malović M., Aleksić J., Popović L.Č (2014). AlertSim – Serbian contribution to LSST. *Infoteh 2014*, book of papers, 414-418. ISBN: 978-99955-763-3-2
4. **Vujčić V.** (2014), Use of complex event processing engines in astronomy. *New challenges in astro and environmental informatics in the Big Data era*, 81-84. Gothard Astrophysical Observatory of Eötvös Loránd University in conjunction with Vas County Scientific Educational Association, ISBN 978-615-5288-07-4
5. Aleksić J., **Vujčić V.**, Jevremović D. (2014). Alert Simulator – system for simulating detection of transient events on LSST. *New challenges in astro- and environmental informatics in the Big Data era*, 85-90. Gothard Astrophysical Observatory of Eötvös Loránd University in conjunction with Vas County Scientific Educational Association, ISBN 978-615-5288-07-4,

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)

6. **Vujčić V.**, Jevremović D., Aleksić J., Nešković S (2014). Use of complex event processing engines in time-domain astronomy. *XVII NCAS*, book of abstracts, 89.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Вељко Вујчић је завршио основне студије на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду. На докторским студијама Факултета организационих наука положио је свих девет испита предвиђених планом и програмом студија и одбранио приступни рад, чиме је остварио 120 ЕСПБ.

Запослен је на Астрономској опсерваторији у Београду као истраживач на пројекту Министарства МПН III44002/2011 "Астроинформатика: примена ИТ у астрономији и сродним областима". Такође, укључен је у истраживачки рад на међународним пројектима из области астрономије. У току свог научно-истраживачког рада кандидат је објавио значајан број радова повезан са темом приступног рада и доктората.

Досадашњи истраживачки рад кандидата односи се на развој апликација у домену виртуалне опсерваторије и астроинформатике. У оквиру рада на пројекту учествовао у пројектовању и имплементацији разних алата и сервиса везаних за Српску виртуелну опсерваторију.

Посебне теме интересовања, на којима кандидат активно ради, односе се на: обраду комплексних догађаја, web апликације и сервисе, стандарде за интероперабилност, методе машинског учења итд.

На основу свега наведеног, сматрамо да кандидат Вељко Вујчић поседује потребно знање и искуство за израду докторске дисертације на тему „Откривање и сврставање променљивих астрономских објеката обрадом комплексних догађаја у реалном времену“.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет и проблем истраживања

Предмет истраживања је анализа доменске проблематике и потреба астрономске и астрофизичке научне заједнице, затим преглед досадашњих напора у пољу као и предлог софтверске архитектуре која би била довољно робусна и скалабилна за решење проблема детекције променљивих астрономских објеката у реалном времену.

Астрономски објекти мењају физичке карактеристике на временским скалама од милисекунди до милијарди година. Поред тога, због сталног кретања, објекти мењају своју позицију на небу (ближи објекти се привидно брже крећу). Променљивим објектима обично називамо објекте чије се карактеристике (сјај, спектралне линије итд.) мењају у релативно кратком временском периоду. Промене које детектујемо могу да буду узроковане физичким променама на самом објекту али и заклањањем (када један астрономски објекат привидно прође испред другог објекта). Научни значај проучавања променљивих објеката може се применити на космологију (супернове типа Ia), мерење удаљености између објеката (цефеиде и RR Lyrae) и опште разумевање физичких процеса који управљају како појединачним објектима тако и скуповима објеката, галаксијама и коначно целим свемиром.

Астрономија пролази кроз период када се мења начин на који се испитује свемир и дају одговори на фундаментална питања. Технологије које ово омогућују су детектори нове генерације који уз отварање нових прозора у универзум креирају огромне количине високо квалитетних података што захтева софтверске алате који су по карактеристикама и концепцији способни да следе ову експлозију података. То у пракси значи да су савремена астрономија и астрофизика оријентисане према великим прегледима неба у широком дијапазону таласних дужина који могу бити статистички анализирани и инверзни проблеми се могу решавати статистичком инверзијом.

LSST[2] пројекат, који треба да крене са операцијама 2022. је тренутно један од

најзначајнијих астрономских пројеката у свету и обим података које ће испоручивати је за ред величине већи него код претходних пројеката. На примеру потреба обраде података добијених од LSST-а могу се скицирати потребе великог дела астрономске заједнице у следећој деценији. LSST уводи астрономију у BigData еру и додатно подстиче развој е-астрономије или астроинформатике. Постоје и бројни други пројекти који попут LSST-а имају капацитете да бележе променљиве феномене у временском домену, углавном на мањој скали података. То су Lick Observatory Supernova Search, Catalina Real-Time Transient Survey, Palomar Transient Factory (PTF и iPTF), Panoramic Survey Telescope & Rapid Response System (Pan-STARRS) итд.

У оквиру софтверске архитектуре оријентисане ка догађајима (event-driven architecture), овакви пројекти уводе догађаје у систем и називају се произвођачима или емитерима података. Конзументима се називају ентитети на ивици система који примају обрађене догађаје. Конзументи могу бити апликације, складишта података, dashboard-ови итд. У напору да се превазиђе вавилонска конфузија хетерогености структура и модела података са различитих извора, Међународна заједница виртуалних опсерваторија (IVOA) је предложила низ стандарда за интероперабилност, између осталих и стандард за приказ и размену астрономских догађаја као и стандарде за опис података и метаподатака и модела података [4,5].

Постоје бројни напори на пољу примене статистичких метода и метода машинског учења на анализу астрономских временских серија [8 - 41] и класификацију астрономских објеката [45 - 58]. Идеја је да се овакве методе користе у симбиози са архитектуром која може да обезбеди инфраструктуру за пријем, обраду и размену догађаја.

Поред захтева ниске латенције и високог протока података (што постојећи алати за процесирање догађаја могу да обезбеде), оваква архитектура треба кориснику тј доменском експерту да пружи изражајну моћ да може да формулише правила закључивања која су зависна од времена. Помоћу формулације DSL (Domain-specific language) језика који би се пресликао на језик алата за процесирање догађаја, кориснику би се понудио језик још вишег нивоа апстракције, близак доменској проблематици.

Циљ истраживања је моделовање и развој софтверске архитектуре за детекцију догађаја која може да испуни потребе нове генерације астрономских посматрања. Изазови су количине и велика димензионалност података, затим статистичка анализа и препознавање патерна у (скоро) реалном времену, примање и прослеђивање обрађених догађаја и интероперабилност екосистема апликација.

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

- [1] Luckham, David C. (2012). [Event Processing for Business: Organizing the Real-Time Enterprise](#). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., p. 3. ISBN 978-0-470-53485-4.
- [2] Juric, M. et al. 2013. Large Synoptic Survey Telescope Data Products Definition Document (LSE-163).
- [3] Etzion, O., Niblett P. 2010. Event Processing in Action. Manning Publications Co.
- [4] Seaman, R. et al. 2011. Sky Event Reporting Metadata Version 2.0 <http://www.ivoa.net/documents/VOEvent/>
- [5] Allan, A., Denny, R. B. 2009. VOEvent Transport Protocol Version 1.1 <http://www.ivoa.net/documents/Notes/VOEventTransport/>
- [6] Kazarov, A., Lehmann Miotto G., Magnioni L. 2012. The AAL project: auto-mated monitoring and intelligent analysis for the ATLAS data taking infrastructure J. Phys.: Conf. Ser. 368
- [7] Abbott, B. P., R. Abbott, R. Adhikari, and others (2009). LIGO: the Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory. Reports on Progress in Physics 72(7), 076901.
- [8] Blomme, J., L. M. Sarro, F. T. O'Donovan, and others (2011). Improved methodology for the automated classification of periodic variable stars. MNRAS 418, 96–106.
- [9] Bretthorst, G. (1988). Bayesian Spectrum Analysis and Parameter Estimation. Lecture Notes in Statistics. Springer.
- [10] Brockwell, P. and R. Davis (2006). Time Series: Theory and Methods. Springer.
- [11] Butler, N. R. and J. S. Bloom (2011). Optimal time-series selection of quasars. AJ 141, 93.
- [12] Covey, K. R., Ž. Ivezić, D. Schlegel, and others (2007). Stellar SEDs from 0.3 to 2.5 μ m: Tracing the stellar locus and searching for color outliers in the SDSS and 2MASS. AJ 134, 2398–2417.
- [13] Cumming, A., G. W. Marcy, and R. P. Butler (1999). The Lick Planet Search: Detectability and mass thresholds. ApJ 526, 890–915.
- [14] de Jager, O. C., B. C. Raubenheimer, and J. Swanepoel (1989). A powerful test for weak periodic signals with unknown light curve shape in sparse data. A&A 221, 180–190.
- [15] de Vries, W. H., R. H. Becker, and R. L. White (2003). Long-term variability of Sloan Digital Sky Survey quasars. AJ 126, 1217–1226.
- [16] Deb, S. and H. P. Singh (2009). Light curve analysis of variable stars using Fourier decomposition and principal component analysis. A&A 507, 1729–1737.
- [17] Debosscher, J., L. M. Sarro, C. Aerts, and others (2007). Automated supervised classification of variable stars. I. Methodology. A&A 475, 1159–1183.
- [18] Deeming, T. J. (1975). Fourier analysis with unequally-spaced data. Ap&SS 36, 137–158.
- [19] Dickey, D. A. and W. A. Fuller (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association 74, 427–431.
- [20] Edelson, R. A. and J. H. Krolik (1988). The discrete correlation function – A new method for analyzing unevenly sampled variability data. ApJ 333, 646–659.
- [21] Eyer, L. and P. Bartholdi (1999). Variable stars: Which Nyquist frequency? A&AS 135, 1–3.
- [22] Eyer, L. and N. Mowlavi (2008). Variable stars across the observational HR diagram. Journal of Physics Conference Series 118(1), 012010.
- [23] Frescura, F., C. A. Engelbrecht, and B. S. Frank (2008). Significance of periodogram peaks and a pulsation mode analysis of the Beta Cephei star V403Car. MNRAS 388, 1693–1707.
- [24] Gillespie, D. T. (1996). The mathematics of Brownian motion and Johnson noise. American Journal of Physics 64, 225–240.
- [25] Gregory, P. C. and T. J. Loredo (1992). A new method for the detection of a periodic signal of unknown shape and period. ApJ 398, 146–168.
- [26] Hoffman, D. I., T. E. Harrison, and B. J. McNamara (2009). Automated variable star classification using the Northern Sky Variability Survey. AJ 138, 466–477.
- [27] Koch, D. G., W. J. Borucki, G. Basri, and others (2010). Kepler mission design, realized

- photometric performance, and early science. *ApJL* 713, L79–L86.
- [28] Kozłowski, S., C. S. Kochanek, A. Udalski, and others (2010). Quantifying quasar variability as part of a general approach to classifying continuously varying sources. *ApJ* 708, 927–945.
 - [29] Lomb, N. R. (1976). Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. *Ap&SS* 39, 447–462.
 - [30] MacLeod, C. L., Ž. Ivezić, C. S. Kochanek, and others (2010). Modeling the time variability of SDSS Stripe 82 quasars as a damped random walk. *ApJ* 721, 1014–1033.
 - [31] Mallat, S. G. and Z. Zhang (1992). Matching pursuits with time-frequency dictionaries. *IEEE Transactions on Signal Processing* 41(12), 3397–3415.
 - [32] Mushotzky, R. F., R. Edelson, W. Baumgartner, and P. Gandhi (2011). Kepler observations of rapid optical variability in Active Galactic Nuclei. *ApJL* 743, L12.
 - [33] Palmer, D. M. (2009). A fast chi-squared technique for period search of irregularly sampled data. *ApJ* 695, 496–502.
 - [34] Pojmanski, G. (2002). The All Sky Automated Survey. Catalog of variable stars. I. 0H - 6h Quarter of the southern hemisphere. *Acta Astronomica* 52, 397–427.
 - [35] Press, W. H. (1978). Flicker noises in astronomy and elsewhere. *Comments on Astrophysics* 7, 103–119.
 - [36] Richards, J. W., D. L. Starr, N. R. Butler, and others (2011). On machine-learned classification of variable stars with sparse and noisy time-series data. *ApJ* 733, 10.
 - [37] Sarro, L. M., J. Debosscher, M. López, and C. Aerts (2009). Automated supervised classification of variable stars. II. Application to the OGLE database. *A&A* 494, 739–768.
 - [38] Sesar, B., J. S. Stuart, Ž. Ivezić, and others (2011). Exploring the variable sky with LINEAR. I. Photometric recalibration with the Sloan Digital Sky Survey. *AJ* 142, 190.
 - [39] VanderPlas et al, 2012; Introduction to astroML: Machine Learning for Astrophysics; Proceedings of Conference on Intelligent Data Understanding (CIDU)
 - [40] Ivezić et al, 2014; Statistics, Data Mining and Machine Learning in Astronomy; Princeton University Press
 - [41] Longo et al. (2014): Data Driven Discovery in Astrophysics, arXiv:1410.5631v2
 - [42] Saha A., Matheson T., Snodgrass R., Kececioglu J., Narayan G., Seaman R., Jenness T., Axelrod T., (2014). ANTARES: A Prototype Transient Broker System. *Observatory Operations: Strategies, Processes and Systems V*, (Proc. SPIE 9149)
 - [43] Williams R. D. , Djorgovski S. G. , Drake A.J., Graham M.J., Mahabal A. (2008). Skyalert: Real-time Astronomy for You and Your Robots. *Proc. ADASS 2008*
 - [44] Seaman R., Williams R.D., Graham M. (2012). Using the VO to Study the Time Domain. *Proc. of IAU Symposium 285, "New Horizons in Time Domain Astronomy"*
 - [45] Fayyad, U. M., N. Weir, and S. G. Djorgovski (1993). SKICAT: A machine learning system for automated cataloging of large scale sky surveys. In *International Conference on Machine Learning (ICML)*, pp. 112–119.
 - [46] Ivezić, Ž., A. K. Vivas, R. H. Lupton, and R. Zinn (2005). The selection of RR Lyrae stars using single-epoch data. *AJ* 129, 1096–1108.
 - [47] Lintott, C. J., K. Schawinski, A. Slosar, and others (2008). Galaxy zoo: morphologies derived from visual inspection of galaxies from the Sloan Digital Sky Survey. *MNRAS* 389, 1179–1189.
 - [48] Riegel, R., A. G. Gray, and G. Richards (2008). Massive-scale kernel discriminant analysis: Mining for quasars. In *SDM*, pp. 208–218. SIAM.
 - [49] Scranton, R., B. Menard, G. Richards, and others (2005). Detection of cosmic magnification with the Sloan Digital Sky Survey. *ApJ* 633, 589–602.
 - [50] Sesar, B., Ž. Ivezić, S. H. Grammer, and others (2010). Light curve templates and galactic distribution of RR Lyrae stars from Sloan Digital Sky Survey Stripe 82. *ApJ* 708, 717–741.
 - [51] Tien Tuan Anh Dinh, Anwitaman Datta (2012). Streamforce: outsourcing access control enforcement for stream data to the clouds. *ArXiv:1305.6146*
 - [52] Ruthledge, R. (1998). The Astronomer's Telegram: A Web-based Short-Notice Publication System for the Professional Astronomical Community. *PASP*, v110 754

- [53] Swinbank, J (2014). Comet: A VOEvent Broker. *Astronomy & Computing*
- [54] RD. Williams, SD Barthelmy, RB Denny, MJ Graham, J Swinbank (2012). Responding to the Event Deluge. *Proc. of SPIE Observatory Operations*
- [55] J Banyer, T Murphy (2011). VAST - a real-time pipeline for detecting radio transients and variables on the Australian SKA Pathfinder (ASKAP) telescope. *Proc ADASS 2011*
- [56] MJ Graham, SG Djorgovski, AJ Drake, A Mahabal, R Williams, R Seaman (2011). The VAO Transient Facility. *Proc. IAU 285 "New Horizons in Transient Astronomy"*
- [57] AJ Drake, SG Djorgovski et al (2008). First Results from the Catalina Real-time Transient Survey. *Astrophys.J.*696:870-884,2009
- [58] Becker, A.C (2008). Transient Detection and Classification. *Astronomische Nachrichten*

3. Полазне хипотезе

На основу анализе доступне литературе и постављеног предмета и циља истраживања може се поставити општа хипотеза, као и посебне хипотезе докторске дисертације, које ће у раду бити потврђене или оповргнуте.

Општа хипотеза:

X(0) Узевши у обзир нове генерације астрономских пројеката и обиме података који су за ред величине већи него досадашњи, као и потребу да се подаци анализирају и закључци доносе у (скоро) реалном времену, досадашња решења се не могу применити са задовољавајућим успехом, те је потребно формулисати нову врсту софтверске архитектуре.

Посебне хипотезе:

- X(1) Детекцију астрономских догађаја могуће је спровести у *event-driven* архитектури.
- X(2) Алати за откривање догађаја развијени за потребе других индустрија (берзанско пословање, финансије, здравство) имају довољно ниску латенцију и дозвољавају довољно велики проток података па би се могли адаптирати на астрономску проблематику.
- X(3) Језик за изражавање упита у оваквим алатима је довољно експресиван да може да испуни потребе астрономске заједнице.
- X(4) Може се конструисати апстракција оваког језика која одговара специфичним потребама домена.

4. Научне методе истраживања

У циљу реализације описаног истраживања и потврђивања (или оповргавања) постављених хипотеза, користиће се следеће методе:

- прикупљање података,
- анализа постојећих научних приступа,
- компарација постојећих научних приступа,
- метода дескрипције,
- метода моделовања.

5. Очекивани научни допринос

Научни доприноси који се желе остварити су следећи:

- Анализа софтверске архитектуре за детекцију догађаја
- Критички осврт на досадашња истраживања у пољу класификације астрономских догађаја
- Преглед и анализа стандарда за интероперабилност астрономских апликација
- Софтверска архитектура система за откривање и сврставање променљивих астрономских објеката
- Конципирање језика високог нивоа апстракције за опис механизма закључивања на основу којих се врши препознавање астрономских догађаја
- Правила трансформације концепата доменски специфичног језика у концепте конкретног упитног језика система за обраду комплексних догађаја

Стручни допринос би био:

- Прототип новог алата за откривање и сврставање променљивих астрономских објеката

6. План истраживања и структура рада

У циљу израде предложене дисертације планиране су следеће активности:

- Преглед расположиве релевантне литературе,
- Анализа постојећих приступа,
- Предлог нових решења
- Имплементација и евалуација предложених решења

Оквирна структура предложене дисертације би била следећа:

У првом поглављу би се идентификовао проблем, предмет и циљ истраживања, као и хипотезе које ће се истраживањем потврдити или оборити. Представиће се и опис структуре самог рада.

У другом поглављу описује се софтверска теорија и архитектура система за обраду комплексних догађаја. Уводе се основни појмови једноставних и комплексних догађаја те градивни блокови архитектуре. Даје се преглед постојећих алата и њихова употреба у другим доменима и индустријама.

Треће поглавље се осврће на доменску (астрономску) проблематику, са фокусом на променљиве астрономске објекте и њихову номенклатуру.

У четвртом поглављу даје се приказ астрономских пројеката као извора података који служе за даља истраживања. Анализира се интероперабилност астрономских софтверских система и апликација као и стандарди за размену података.

У петом поглављу представљају се досадашњи приступи анализи и класификацији података добијених астрономским мерењима.

Шесто поглавље описује предлог решења коришћењем архитектуре за обраду догађаја, на начин који до сада није примењиван на овај проблем. Представиће се конструкција доменски специфичног језика помоћу којег би доменски експерт (астроном/астрофизичар) могао да опише механизме закључивања.

У седмом поглављу представиће се пројектовање и имплементација алата као и резултати.

У закључку ће се сумирати допринос рада и предложити правци даљег истраживања.

Последње поглавље доноси списак коришћене литературе.

1. Увод
 - 1.1 Предмет, проблем и циљ истраживања
 - 1.2 Полазне хипотезе
 - 1.3 Очекивани резултати и доприноси
 - 1.4 Структура дисертације
2. Обрада комплексних догађаја
 - 2.1 Основни појмови
 - 2.2 Архитектура система базираних на догађајима
 - 2.3 Постојећи алати за обраду комплексних догађаја
3. Астрономија временског домена
 - 3.1 Променљиви астрономски објекти
 - 3.2 Номенклатура и таксономија
4. Интероперабилност софтверских система у оквиру астрономске заједнице
 - 4.1 Концепт и архитектура виртуалне опсерваторије
 - 4.2 Пресек тренутног стања релевантних астрономских пројеката као извора података
 - 4.3 Стандарди за размену астрономских података
5. Преглед досадашњих истраживања о класификацији и анализи астрономских објеката
 - 5.1 Методе и софтверски алати
 - 5.2 Анализа релевантних приступа
6. Предлог решења
 - 6.1 Откривање променљивих астрономских догађаја у оквиру архитектуре виртуалне опсерваторије
 - 6.2 Сврставање променљивих астрономских догађаја помоћу алата за обраду комплексних догађаја
 - 6.3 Дефиниција доменски-специфичног језика за опис механизма закључивања
7. Софтверска имплементација
 - 7.1 Формални опис, дијаграми и модели
 - 7.2 Резултати
8. Закључак
9. Литература

7. Закључак и предлог

На основу претходно изложеног, Комисија констатује да кандидат **Вељко Вујчић**, дипломирани инжењер организационих наука, испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Факултета, као и да поседује све потребне квалификације за одобравање израде докторске дисертације. Према мишљењу Комисије, предложена тема докторске дисертације, под називом **„Откривање и сврставање променљивих астрономских објеката обрадом комплексних догађаја у реалном времену“**, по предмету истраживања, циљевима, садржају и очекиваним доприносима представља значајно подручје истраживања, како са теоријског, тако и са аспекта примене у пракси, које припада научном подручју које се развија на Факултету организационих наука.

На основу изнетог, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета организационих наука да кандидату **Вељку Вујчићу** одобри израду докторске дисертације под називом:

„Откривање и сврставање променљивих астрономских објеката обрадом комплексних догађаја у реалном времену“

и да се за ментора именује **др Слађан Бабарогић**, доцент Факултета организационих наука, Универзитета у Београду.

Београд, 05.02.2016.

Комисија

др Слађан Бабарогић, доцент,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

др Ненад Аничич, ванредни професор
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

др Лука Ч. Поповић, научни саветник
Астрономска опсерваторија у Београду