

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ**

Предмет: Извештај комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу број 612-456-8/2012, од 4.7.2012. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Милана М. Здравковића, под називом:

***Формални оквир за семантичку интероперабилност  
у мрежама ланаца снабдевања***

Након прегледа докторске дисертације, сагласно Закону о високом образовању и Статуту Машинског факултета Универзитета у Нишу, комисија подноси следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**Подаци о кандидату**

Милан Здравковић је рођен 2.11.1970 год. у Нишу. Дипломирао је 1997. године на Машинском факултету Универзитета у Нишу, на Катедри за производно машинство, са просечном оценом 8,21. Магистарску тезу, под насловом „Интегрисање процеса планирања и управљања пословних ресурса у малим и средњим предузећима производне делатности“ је одбранио децембра 2007 године, на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Нишу.

Кандидат има адекватно искуство у научно-истраживачком раду са богатом професионалном каријером.

Од 1997 до сада је запослен на Машинском факултету Универзитета у Нишу. 2004. године је изабран у звање истраживача приправника. Од 2009. године ради као асистент у настави, на Катедри за производно-информационе технологије и индустријски менаџмент. Учествовао је у извођењу наставе на предметима: Пројектовање производње применом рачунара, Технолошки системи, Информационо комуникационе технологије, Електронско пословање, Информациона интеграција организације, и другим.

Кандидат је аутор више од 30 научних радова, објављених у саопштењима са међународних и скупова националног значаја, врхунским међународним

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

Примљено: 06. 08. 2012			
Орг. јед.	Број	Примљ.	Вредност
73	612-456-8/12		

часописима, међународним часописима, водећим часописима националног значаја, и 2 техничка решења у категорији признатих програмских система (M81). Кандидат је, само у последње три године објавио велики број радова у непосредној вези са темом докторске дисертације. Они су наведени у овом извештају:

Рад у врхунском међународним часопису (M21):

[1] Zdravković, M., Panetto, H., Trajanović, M., Aubrey, A. (2011) An approach for formalising the supply chain operations. *Enterprise Information Systems* 5 (4) 401-421. IF2011: 3.684

Радови у међународном часопису (M23):

[2] Zdravković, M., Trajanović, M. (2009) Integrated Product Ontologies for Inter-Organizational Networks, *Computer Science and Information Systems*. 6 (2) 29-46. IF2011: 0.625

[3] Mišić, D., Domazet, D., Trajanović, M, Manić, M., Zdravković, M. (2010) Concept of the exception handling system for manufacturing business processes. *Computer Science and Information Systems*. 7 (3) 489-509. IF2011: 0.625

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

[4] Zdravković, M. Trajanović, M. (2012) On the data interoperability issues in SCOR-based supply chains. 7th International Workshop on Enterprise Integration, Interoperability and Networking (EI2N'2012), September 12-13, 2012, Rome, Italy. In Press.

[5] Zdravković, M., Stojković, M., Mišić, D., Trajanović, M. (2012) Towards Semantic Interoperability Framework for Custom Orthopaedic Implants Manufacturing. 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM 2012), Track SS K4: Industrial Applications for Enterprise Models and Integration. May 23-25, 2012, Bucharest, Romania

[6] Zdravković, M., Panetto, H., Trajanović, M. (2011) Local ontologies for semantic interoperability in supply chain networks. In: Zhang, R., Cordeiro, J., Li, X., Zhang, Z., Zhang, J. (Eds.), *Proceedings of the 13th International Conference on Enterprise Information Systems*. SciTePress. 22-31

[7] Zdravković, M., Trajanović, M. (2011) Towards Semantic Interoperability Service Utilities. In: R. Meersman, T. Dillon, and P. Herrero (Eds.): *OTM 2011 Workshops*, LNCS 7046, pp. 39–48, 2011. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

[8] Zdravković, M., Panetto, H., Trajanović, M. (2010) Towards an approach for formalizing the supply chain operations. In: Paschke, A., Henze, N., Pellegrini, T. (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Semantic Systems*. I-SEMANTICS '10. ACM, New York, NY, USA

[9] Zdravković. M., Trajanović, M., Panetto, H., Lezoche, M., Aubrey, A. (2011) Ontology-based supply chain process configuration. In: Trajanović, M. (Ed.), Proceedings of the 34th International Conference on Production Engineering. 399-402

[10] Zdravković. M., Trajanović, M. (2011) Ontological framework for performance measurement of supply chain operations. In: Proceedings of 6th International Working Conference - Total Quality Management Advanced & Intelligent Approaches, 7-11. June 2011, Belgrade, Serbia

[11] Zdravković, M., Trajanović, M. (2011) Towards a formal framework for semantic interoperability in supply networks. In: Proceedings of International Conference on Internet Society Technology and Management, March, 6-9.3.2011, Kopaonik, Serbia

Кандидат има изузетно богато искуство у међународној сарадњи у својој истраживачкој области. Члан је IFAC (International Federation for Automatic Control) TC5.3, Техничког Комитета за интеграцију и умрежавање предузећа, Међународне федерације за аутоматско управљање. Професионални је члан угледне ACM (Association for Computing Machinery) асоцијације. Члан је програмских комитета и рецензент угледних међународних научних скупова (Industry Case Studies Program on "Industry Applications and Standard initiatives for Cooperative Information Systems for Interoperable Infrastructures"; International Workshop on Enterprise Integration, Interoperability and Networking EI2N; 18th IFAC World Congress, Technical Area: Enterprise Integration and Networking; 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM'2012) и часописа (Annual Reviews in Control).

Кандидат је учествовао или учествује у раду 3 пројекта технолошког развоја (ТР) и једног пројекта интегралних и интердисциплинарних истраживања (ИИИ), финансираних од стране Министарства науке, једног билатералног пројекта сарадње са Универзитетом у Нансију, Француска, 7 FP6/FP7 пројеката у тематској области Capacities, финансираних од стране Европске Комисије и великог броја развојних пројеката за партнере из Србије, Холандије, САД, Швајцарске, Италије, Немачке, Хрватске и Црне Горе. Поред овога, има велико међународно искуство у активном раду у оквиру пан-Европске EURAXESS мреже.

### **Анализа рада**

Докторска дисертација кандидата мр Милана М. Здравковића, дипл.маш. инж. обухвата 169 страна формата А4. Садржај који обухвата дисертација подељен је у 6 поглавља, 3 стране садржаја, 1 страну предговора и 2 стране сажетка - на српском и енглеском језику. Дисертација садржи 11 страна цитиране литературе са 161 библиографском јединицом. У раду је приказано 57 нумерисаних графичких прилога као и 2 табеле.

Наслови поглавља су следећи:

1. Преглед докторске дисертације
2. Преглед постојећег истраживања и теоријске основе
3. Формализација операција ланаца снабдевања
4. Имплементација формалног оквира за семантичку интероперабилност у мрежама ланаца снабдевања
5. Студије случајева – Интероперабилност система у виртуелном предузећу за производњу кастомизованих ортопедских имплантата
6. Закључци

Рад је обухватио следеће:

- Критичку анализу постојећих метода и алата за успостављање интероперабилности система, уз осврт на тренутно стање истраживања у повезаним областима, као што су онтологије (концептуализација система) и формализми за моделирање традиционалних и колаборативних предузећа;
- Дефинисање теоријских основа за семантичку интероперабилност система, из којих произилази методолошки приступ;
- Формализацију операција ланаца снабдевања, односно дефинисање основног доменског модела за семантичку интероперабилност система у мрежама ланаца снабдевања;
- Дефинисање сервисно-оријентисане архитектуре за семантичку интероперабилност система и развој сервиса за трансформацију и сервиса за извршење семантичких упита;
- Анализу студије случаја конфигурације процеса ланца снабдевања за производњу кастомизованих ортопедских имплантата, применом развијеног формалног оквира;
- Анализу студије случаја усклађивања планова производње чланова виртуелног предузећа, екстракцијом знања из пословних информационих система, применом развијеног формалног оквира;
- Дефинисање будућих праваца истраживања.

У првом поглављу, кандидат сажето описује основне проблеме који су очигледно представљали главне мотивационе факторе за израду рада. Први проблем је везан за слабост, односно нефлексибилност алата и метода за интеграцију система. Други проблем је везан за недостатак релевантности постојећих доменских онтологија, једних од основних средстава за успостављање интероперабилности. У истом поглављу, јасно и конкретно су дефинисани циљеви истраживања, постављена истраживачка питања и представљени основни принципи за постизање циљева, укључујући методолошки приступ.

Друго поглавље представља својеврсну критичку анализу и синтезу истраживачких достигнућа, најрелевантнијих за област семантичке

интероперабилности. Семантичка интероперабилност још увек није успостављена као зрела научна дисциплина. Кандидат, у овом поглављу разматра постојећа истраживања у области интероперабилности, при чему њу назива “конвенционалном” и нарочито наглашава разлике тзв. “конвенционалне” и семантичке интероперабилности. Семантичкој интероперабилности се додаје атрибут “безусловности”, који заправо демонстрира критицизам кандидат према приступима које карактеришу различите структуре и нивои интероперабилности. У том смислу, изузетно је значајан рад на формализацији дефиниције семантичке интероперабилности, преузете из релевантне литературе, јер он омогућава њено јасно позиционирање у односу на тзв. “конвенционалну”, али и евалуацију интероперабилности система. Анализом постојећих истраживања у области имплементације интероперабилности система кроз концепт сервиса интероперабилности, кандидат долази до закључка да и у овој области има пуно слабости и аргументовано показује неадекватност и недоследност постојећих развијених алата и приступа, управо узимајући у обзир критеријуме потпуности, односно условне или безусловне интероперабилности. Из приказа постојећих истраживања у области развоја онтологија, кандидат показује доследност јер разматра само значај нивоа концептуализације за коришћење онтологија као средстава за успостављање интероперабилности, а занемарује техничке аспекте. У дефиницији семантичке интероперабилности, кандидат препознаје основна средства за њено успостављање, односно доменске и локалне онтологије. Тиме се већ “најављује” методолошки приступ; поглавље добија атрибут теоријског оквира, а не само прегледа стања постојећих истраживања (што је наведено и у наслову), а називу се и основне контуре група научног доприноса докторске дисертације. Прва група је везана за аутоматску трансформацију имплицитно дефинисаних факата о пословном информационом систему у експлицитну, локалну онтологију. Ту се поставља веома “ризична” претпоставка о ER шеми, односно бази података пословног информационог система као извора знања о предузећу која користи тај систем. Она се ипак може сматрати валидном, јер се касније наводи да се овако добијени експлицитни модел сматра прелазним, односно првим (додуше важним, јер би подразумевао велики појединачни напор, уколико би се радио ручно) кораком у концептуализацији једног пословног информационог система. Аутоматску концептуализацију ER шема је већ могуће извести уз помоћ неког од приказаних постојећих приступа, али је кандидат аргументовао показао њихове слабости, опет, пре свега у домену нивоа концептуализације. Коначно, у последњем делу другог поглавља су приказани радови релевантни за развој доменске онтологије, односно формални модели предузећа, укључујући и најпознатије архитектуре, референтне моделе и оквире.

У трећем поглављу, приказан је поступак формализације операција ланаца снабдевања. Ово поглавље сагледава и аргументује избор методолошког приступа. Методологија се огледа у раслојавању формалног оквира и то на моделе ниског и високог нивоа апстракције, са једне стране, односно, на проблемске (апликационе), доменске (репрезентационе) и локалне моделе, са друге стране. На

овај начин, добија се формални оквир који у различитим кључним контекстима (концептуалним, не доменским), сагледава ланац снабдевања. Релевантност резултујућег модела, чији је недостатак највећа слабост постојећих модела, се постиже коришћењем SCOR референтног модела, установљеног индустријског стандарда за моделирање и конфигурацију процеса ланца снабдевања. Крајњи резултат рада представљеног у овом поглављу је доменски модел ланца снабдевања, који чине логички повезани имплицитна репрезентација SCOR стандарда, односно SCOR-KOS OWL модел, експлицитни модел, односно SCOR-Full онтологија и онтологија са екстерним знањем о предузећу, у овом случају TOVE онтологија (ови резултати су објављени у раду [1], објављеном у врхунском међународном часопису). Овај семантички оквир се сматра једним од два кључна научна доприноса докторске дисертације. Кандидат аргументовано указује на значај приступа концептуализације у развоју онтологија, при чему развијени семантички оквир карактеришу јасне предности у односу на постојеће онтологије предузећа, и то у аспекту релевантности и изражајности, чиме се повећава простор за квалитетно семантичко упаривање са другим релевантним онтологијама.

У четвртном поглављу, кандидат показује на који начин се развијени формални оквир може користити за успостављање семантичке интероперабилности. Он дефинише архитектуру семантичког слоја који обухвата семантичке сервисе интероперабилности (ова архитектура је приказана у раду [7]). Овом идејом се реализује описани концепт сервиса интероперабилности. Сервиси су идентификовани на основу функционалне анализе, односно спецификације потреба имплементације семантичког оквира, при чему је кандидат развио мета-модел ове архитектуре и два кључна сервиса – сервис за трансформацију имплицитних извора значења, односно за аутоматско креирање локалних онтологија, и сервис за извршење семантичких упита над комплетним семантичким оквиром. Управо ова последња два сервиса представљају значајан допринос дисертације (њихови принципи су приказани у раду [6]). Сервис за трансформацију омогућава аутоматско генерисање веома квалитетне локалне онтологије, или барем прелазног локалног модела који представља одлично полазиште за даљи (мануелни) развој. У односу на постојеће сличне алате, приказане и критички анализирани у другом поглављу, сервис који је кандидат реализовао омогућава пуно искоришћење OWL изражајности и много важније, виши ниво концептуализације ER шеме. Сервис за извршење семантичких упита омогућава транслацију семантичког упита у низ упита базе података којима се из ње екстрахују релевантни подаци и претварају у индивидуе графа који је подскуп домена локалне онтологије и који се сматра резултатом извршења упита. Дискусија о овом сервису отвара и веома важна питања, везана за одређене недостатке OWL језика, чије уклањање може имати велики утицај на обраду знања из модуларних онтологија, повезаних релацијама увоза.

Пето поглавље анализира начин на који је развијени оквир могуће применити у индустријској пракси и разматра изузетно занимљив случај виртуелног предузећа за производњу кастомизованих ортопедских имплантата (случај је обрађен у раду

[5]). Приказ случаја обухвата резултате истраживања које је урађено ван теме ове докторске дисертације, односно, анализу и мотивацију случаја, инфраструктуру модела који се користе у оквиру случаја, опис производа, приказ животног века виртуелног предузећа и ИТ инфраструктуру. Потом, кандидат детаљно сагледава све проблеме интероперабилности оваквог виртуелног предузећа, и то на различитим нивоима, али и у контексту семантичке интероперабилности. Коначно, приказана су два случаја коришћења предложеног формалног оквира за семантичку интероперабилност у мрежама ланаца снабдевања. У првом случају, кандидат користи развијену семантичку апликацију (која користи одговарајућу проблемску онтологију, повезану са SCOR-KOS OWL и SCOR-Full моделима) за аутоматску конфигурацију процеса ланаца снабдевања у случају производње кастомизованих ортопедских имплантата (апликација је приказана у раду [9]). Ова апликација сагледава и захтеве за интероперабилношћу података између различитих категорија ланаца снабдевања (захтеви су анализирани у раду [4]). Управо један од ових захтева се односи на размену података о термин плану производње између фокалног партнера виртуелног предузећа и његовог добављача. У другом случају, кандидат показује на који начин се овај термин план размењује између два система, коришћењем сервиса за трансформацију и сервиса за извршење семантичких упита.

У оквиру закључака, кандидат уверљиво дискутује о сваком од сегмената свог истраживачког рада, приказаног у докторској дисертацији. Најпре, ово поглавље наглашава главне аргументе за различитости семантичке интероперабилности у односу на “конвенционалну” и то кроз конкретне осврте на три велика пројекта који су поставили теоријске основе интероперабилности: IDEAS, ATHENA и INTEROP NoE. Кандидат аргументовано показује предности безусловности и универзалности семантичке интероперабилности. Тиме се, практично, семантичка интероперабилност установљава као посебна научна дисциплина. Други део закључака кандидат посвећује приступу формализацији, односно концептуализацији. У овом делу, кандидат поставља веома интересантне аналогije семантичке интероперабилности са људском комуникацијом, којима се показује значај нивоа концептуализације у развоју онтологија за потребе семантичке интероперабилности. Принципе за евалуацију квалитета концептуализације, кандидат користи да евалуира развијени семантички оквир и доказује његову изражајност, експлицитност, неутралност и релевантност. У трећем делу, кандидат још једном наглашава слабости постојећих техничких инфраструктура за развој сервиса интероперабилности и показује како их предложена архитектура сервиса семантичке интероперабилности решава. У овом делу је приказана и детаљна упоредна анализа приступа за транслацију ER шема у онтологије, која је показала јасну предност развијеног приступа у односу на постојећа истраживања и алате. У последњем делу закључака, кандидат користи искуства из истраживања да идентификује све баријере и проблеме са којима се сусрео у свом раду. Овај последњи део представља драгоцене смернице за даље истраживање и даље установљавање семантичке интероперабилности као посебне научне дисциплине.

## Conclusions and proposal

Based on the review of the doctoral dissertation and analysis of the presented results, members of the Committee made the following conclusions:

- Contents of a doctoral dissertation fully corresponds to the theme, which is verified by the Committee for assessing the suitability and scientific basis of the doctoral dissertation and adopted by the Teaching and Scientific Council of Mechanical Engineering, University of Nis.
- Doctoral dissertation shows that the candidate possesses excellent knowledge of enterprise information systems, including principles of their design and interoperability, as well as the knowledge about the use of Semantic Web technologies to achieve semantic interoperability.
- The candidate exhibits a high level of creativity and originality in his work. Set analogies of semantic interoperability with human communication and critical review of the limitations of current efforts to achieve systems interoperability suggest possible directions for the development of this scientific discipline in the border areas. Although the principles and assumptions that arise from such an approach are proven in a relatively small number of cases, their analysis and conclusions provide sufficient evidence of the credibility of scientific approaches and methods.
- The key scientific contributions that can be seen in the candidate's doctoral dissertation reflected the methodological setup, implementation and validation of the architecture and infrastructure for semantic interoperability of systems. In particular, the following contributions stand out: 1) the domain model of supply chain operations that solves the semantic problems of implicit SCOR model and thereby create conditions for the interoperability of systems based on this standard, 2) a method for automatic conceptualization of the ER scheme, whose quality (level of conceptualization) clearly extends and overperforms the existing similar methods, 3) communication interface of the semantic applications with the formal framework, namely, a method for the execution of generic semantic query over the entire framework.
- The case studies are related to a very interesting problem of manufacturing of the customized orthopedic implants. In the analysis and elaboration of this case, the candidate convincingly demonstrates that the semantic framework, under clearly specified conditions, can be used to significantly improve the efficiency and effectiveness of virtual enterprises that cooperate in the production process of the implants.
- Dissertation is legible and clearly written. Its structure is adequate and allows for easy positioning of scientific contributions in the context of existing results in the relevant areas.



- The results that are presented in the doctoral thesis have been published in leading international journals and at very competitive scientific meetings, and are thus verified by the international scientific community.

Based on these conclusions, the Committee members agree that the submitted doctoral dissertation is an original and valuable contribution to the development of relevant scientific fields, with potentially very valuable practical impact on approaches to designing enterprise information systems of the future.

With this in mind, the Commission is pleased to propose to the Teaching and Scientific Council of Mechanical Engineering in Nis that the dissertation of mr. Milan M Zdravković, entitled:

*Formal framework for semantic interoperability  
in supply chain networks*

should be accepted as a doctoral dissertation and that the candidate should be invited to an oral defense.

## Закључак и предлог

На основу прегледа докторске дисертације и анализе постигнутних резултата, чланови Комисије доносе следеће закључке:

- Садржај докторске дисертације у потпуности одговара теми, која је верификована од стране комисије за оцену подобности и научне заснованости теме докторске дисертације и усвојена од стране Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Нишу.
- Из резултата и садржаја докторске дисертације се види да кандидат поседује изузетна знања о пословним информационим система, принципима њиховог дизајна и интероперабилности, као и могућностима технологија семантичког веба за постизање семантичке интероперабилности.
- Кандидат испољава високи ниво креативности и оригиналности у раду. Постављене аналогије семантичке интероперабилности система са људском комуникацијом и високо критички осврт на ограниченост постојећих напора у постизању интероперабилности система указују на могуће правце развоја ове научне дисциплине у граничним областима. Иако су постулати и претпоставке који произилазе из оваквог приступа доказани у релативно малом броју случајева, њихова анализа и изведени закључци пружају довољно доказа о уверљивости научног приступа и метода.
- Кључни научни доприноси који се могу уочити у докторској дисертацији се огледају у методолошкој поставци, реализацији и валидацији архитектуре и инфраструктуре за семантичку интероперабилност система. У оквиру развијене архитектуре, нарочито се истичу: 1) доменски модел операција ланца снабдевања који решава семантичке проблеме имплицитног SCOR модела и самим тим, ствара услове за интероперабилност система који се заснивају на овом стандарду; 2) метод за аутоматску концептуализацију ER шема, чији квалитет (ниво концептуализације) јасно превазилази постојеће сличне методе; 3) интерфејс комуникације семантичких апликација са формалним оквиром, односно, метод за извршење генеричких семантичких упита, над целим оквиром.
- Приказане студије случајева се односе на веома интересантан проблем производње кастомизованих ортопедских имплантата. У анализи и разради овог случаја, кандидат уверљиво показује да се приказани семантички оквир, под јасно наведеним условима, може искористити да значајно унапреди ефикасност виртуелних предузећа која сарађују у процесу производње имплантата.
- Рад је читко и јасно написан. Структура докторске дисертације је адекватна и омогућава лако позиционирање научних доприноса у контексту постојећих резултата у релевантним областима.

- Резултати који су приказани у докторској дисертацији су већ објављени у врхунским међународним часописима и на веома конкурентним научним скуповима, те су тако верификовани од стране међународне научне јавности.

На основу наведених закључака, чланови Комисије се слажу да поднета докторска дисертација представља оригиналан и вредан допринос у развоју релевантних научних области, са потенцијално веома вредним практичним утицајем на приступе пројектовању пословних информационих система будућности.

Имајући ово у виду, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Нишу да рад мр Милана М. Здравковића, дипл.маш.инж, под називом:

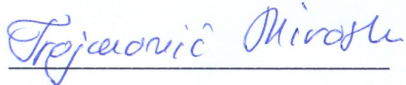
*Формални оквир за семантичку интероперабилност  
у мрежама ланаца снабдевања*

прихвати као докторску дисертацију и да кандидата позове на усмену одбрану.

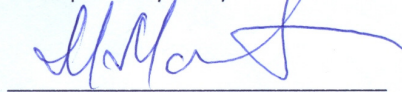
У Нишу, Новом Саду и Нансију

Јула и августа, 2012. године

1. Проф. др Мирослав Трајановић,  
редовни професор Машинског факултета  
Универзитета у Нишу

  
\_\_\_\_\_

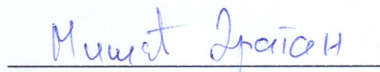
4. Проф. др Миодраг Манић, редовни  
професор Машинског факултета  
Универзитета у Нишу

  
\_\_\_\_\_

2. Prof. dr Hervé Panetto, редовни професор  
универзитета Université de Lorraine,  
Француска

  
\_\_\_\_\_

5. Доц. др Драган Мишић, доцент Машинског  
факултета Универзитета у Нишу

  
\_\_\_\_\_

3. Проф. др Зора Коњовић, редовни професор  
Факултета техничких наука Универзитета у  
Новом Саду

  
\_\_\_\_\_