

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Уроша Крчадинца

Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука од 12. октобра 2016. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану завршене докторске дисертације кандидата Уроша Крчадинца, под насловом:

*„Динамичко повезивање и визуелизација  
семантички аотираних садржаја“*

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

**1.1. Наслов и обим дисертације**

Наслов дисертације је „Динамичко повезивање и визуелизација семантички аотираних садржаја“. Обим дисертације је 154 страница А4 формата. Дисертација садржи 55 графичких приказа, 20 табела и 196 литературних навода.

**1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације**

Кандидат је поднео пријаву за одобравање израде докторске дисертације „Динамичко повезивање и визуелизација семантички аотираних садржаја“ у јесен 2012. године. Позитиван извештај комисије усвојен је на седници Наставно-научног већа одржаној 5. 12. 2012. године, одлука бр. 3/137. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 24. 12. 2012. године одобрило израду предложене докторске дисертације, одлука бр. 06-21061/33-12.

Након добијене сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници Наставно-научног већа ФОН-а одлуком бр. 3/6-12 од 23. јануара 2013. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата Уроша Крчадинца под насловом „Динамичко повезивање и визуелизација семантички аотираних садржаја“ и за ментора је именована др Јелена Јовановић, доцент ФОН-а.

Ментор Јелена Јовановић је констатовала да је докторска дисертација завршена и Наставно-научно веће ФОН-а је одлуком бр. 3/140-10 од 12. октобра 2016. године формирало комисију за преглед и оцену завршене докторске

дисертације у саставу: др Јелена Јовановић, ванредни професор ФОН-а, ментор; проф. др Владан Девеџић, редовни професор ФОН-а; проф. др Зита Бошњак, редовни професор Економског факултета у Суботици, Универзитет у Новом Саду.

### 1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата Уроша Крчадинца под насловом „Динамичко повезивање и визуелизација семантички анотираних садржаја“ по предмету истраживања и коришћеним методама припада области Рачунарства (подобласт Софтверско инжењерство). Дисертација има мултидисциплинарни карактер, јер обједињује резултате из области Афективног рачунарства, Анализе и разумевања природног језика, Интеракције човека и рачунара и Визуелизације података.

Као ментор, израдом дисертације је руководила др Јелена Јовановић, ванредни професор Факултета организационих наука. Др Јовановић је објавила велики број научних радова који је квалификују за улогу ментора током израде докторске дисертације. У значајне радове, којима је др Јовановић први аутор, спадају:

1. Jovanovic, J., Bagheri, E., "Electronic Commerce Meets the Semantic Web," IEEE IT Professional, 2015.
2. Jovanovic, J., Bagheri, E., Gasevic, D., "Comprehension and Learning of Social Goals through Visualization," IEEE Transactions on Human-Machine Systems, vol.45, no.4, pp.478-489, 2015.
3. Jovanovic, J., Devedzic, V., "Open Badges: Novel Means to Motivate, Scaffold and Recognize Learning," Technology, Knowledge and Learning, vol. 20, no. 1, 2015, pp. 115-122.
4. Jovanovic, J., Bagheri, E., Cuzzola, J., Gasevic, D., Jeremic, Z., Bashash, R., "Automated Semantic Annotation of Textual Content," IEEE IT Professional, vol. 16, no. 6, pp.38-46, Dec 2014.
5. Jovanovic, J., Gasevic, D., Torniai, C., Bateman, S., Hatala, M., "The Social Semantic Web in Intelligent Learning Environments - State of the Art and Future Challenges," Interactive Learning Environments, Vol. 17, No. 4, 2009, pp. 273-308.
6. Jovanovic, J., Gasevic, D., Devedzic, V., "TANGRAM for Personalized Learning Using Semantic Web Technologies," Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence, Vol. 1, No. 1, 2009, pp. 6-21.
7. Jovanovic, J., Gasevic, D., Brooks, C., Devedzic, V., Hatala, M., Eap, T., & Richards, G., "Using Semantic Web Technologies to Analyze Learning Content", IEEE Internet Computing, Vol.11, No.5, September/October 2007, pp. 45-53.
8. Jovanovic J., Knight C., Gasevic D., Richards G., "Ontologies for Effective Use of Context in e-Learning Settings," IEEE Educational Technology & Society, Vol. 10, No. 3, 2007, pp. 47-59.
9. Jovanovic, J., Gasevic, D., Devedzic, V., "Ontology-based Automatic Annotation of Learning Content," International Journal on Semantic Web and Information Systems, Vol. 2, No. 2, pp. 91-119, 2006.
10. Jovanović, J., Gasević, D., "XML/XSLT-Based Knowledge Sharing," Expert Systems with Applications , Vol. 29, No. 3, 2005.

## **1.4. Биографски подаци о кандидату**

Урош Крчадинац рођен је 1. 2. 1984. у Панчеву, где је основну школу и гимназију „Урош Предић“ завршио као ђак генерације. 2003. године уписао је Факултет организационих наука Универзитета у Београду. Факултет је завршио 2008. године, на одсеку за Информационе системе и технологије, са просечном оценом 9.86, као студент генерације међу свим одсецима. Дипломски рад под називом „Препознавање и креативна визуелизација емотивног садржаја текста“ одбранио је у лето 2008. године.

Докторске студије на Факултету организационих наука Кандидат је уписао у јесен 2008. године. У току докторских студија, Кандидат је положио свих девет предмета са просечном оценом 10 и освојио укупно 90 ЕСП бодова. Након тога, Кандидат је одбранио приступни рад, чије је освојио додатних 30 ЕСП бодова. Према томе, укупан број остварених ЕСП бодова у току похађања докторских студија износи 120.

У међувремену, Кандидат се усавршавао на Факултету за интерактивне уметности и технологију Универзитета Сајмон Фрејзер у Канади, као и у Лабораторији за интерактивне медије Универзитета Горње Аустрије у Аустрији.

Упоредо са академским радом, Кандидат је вишеструко награђиван за свој уметнички и дизајнерски рад у више области, од анимираног филма до нових медија. Такође је коаутор, коиздавач, дизајнер и илустратор „Бантустана“, путописа који комбинује елементе атласа и енциклопедије. У свом академском и професионалном раду, Кандидат се труди да повеже искуства како из области информационих технологија, тако и из визуелних уметности, визуелизације података, приповедања и издаваштва, анимације и дизајна нових медија.

Кандидат је добитник следећих награда и признања: Награда Фестивала Кратки метар за најбољи дебитантски филм и Награда за најбољу анимацију (2002 и 2003); Награда Града Панчева за достигнућа у области уметности (2004); Награда Привредне коморе Београда за најбољи дипломски рад (2009); Наградна стипендија Универзитета Сајмон Фрејзер за најбољег уписаног студента (2010); и Награда Америчке асоцијације за дигиталне медије (IDMAA) (2010).

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1. Структура и садржај дисертације**

Предмет ове дисертације представља истраживање и развој новог афективног софтверског система за препознавање, семантичку анотацију и евокативну визуелизацију емоција изражених у тексту. Операциони предмет истраживања подразумева примену техника анализе природног језика, семантичке анотације, динамичког мапирања различитих медија, као и алгоритамске генеративне графике, за потребе моделовања и развоја предложеног афективног софтверског система.

Општи циљ истраживања састоји се у томе да се укаже на један од могућих начина за унапређење, обогаћење и хуманизацију корисничког искуства на Вебу, служећи се технологијама које омогућују препознавање и семантичко описивање емоција исказаних у тексту, као и динамичко повезивање (мапирање) текста са евокативним визуалима.

Специфични циљеви ове дисертације обухватају:

- систематизацију достигнућа у домену афективног рачунарства и семантичких технологија, односно областима препознавања емоција изражених у тексту, семантичке анотације, и динамичке визуелизације емоција;
- формулацију новог приступа у области афективног рачунарства, тј. проблему препознавања емоција, динамичког повезивања семантички анотираних медија (текста и визуала), и комуникације и евокације (побуђивања) емоција посредством визуелизације;
- демонстрацију и евалуацију предложеног приступа путем израде софтверског система који га имплементира.

## **2.2. Кратак приказ појединачних поглавља**

Дисертација се састоји из седам поглавља. Након првог, уводног поглавља, које се односи на мотивацију и предмет истраживања, следи поглавље у коме је дат сажет преглед научних области релевантних за контекст разматраног проблема. Служећи се парадигмом афективног рачунарства, представљени су резултати у областима препознавања емоција изражених у тексту, семантичке анотације емоција и визуелизације емоција.

Треће поглавље дефинише истраживачки оквир, постављајући истраживачка питања, хипотезе и план евалуације. Четврто поглавље посвећено је методологији препознавања емоција у тексту, семантичке анотације, динамичког повезивања медијских садржаја, као и визуелизације емоција; поглавље је подељено на сегмент који се односи на препознавање и анотацију емоција, и на сегмент који се односи на визуелизацију емоција. Пето поглавље бави се софтвером који имплементира приступ представљен у четвртом поглављу; оно садржи опис реализованог софтверског система, његове архитектуре и компоненти. У шестом поглављу представљена је евалуација предложеног приступа, укључујући методологију реализованих експеримената, добијене резултате и одговарајућу анализу и дискусију резултата.

Седмо поглавље, последње поглавље у дисертацији, садржи закључна разматрања. У њему је дат осврт на остварене научне и стручне доприносе, наведени су примери примене у пракси, те је указано на правце даљег истраживања и развоја.

## **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **3.1. Савременост, оригиналност и значај**

Људска интеракција на Вебу садржи емоције често неприступачне рачунарима. Са циљем унапређења, обogaћења и хуманизације људске комуникације и изражавања на Вебу, у овој дисертацији предлага се нови приступ за препознавање и семантичку анотацију емоција изражених у тексту, динамичко повезивање семантички анотираних медијских садржаја и евокативну визуелизацију емоција. Методологија је смештена у контекст рачунарски посредоване комуникације и интеракције. Приступ се заснива на парадигми афективног рачунарства, која заговара тезу да афективни системи треба да буду у стању да препознају емоције, реагују на њих, те да их комуницирају и евоцирају.

У складу са претходно изложеним, оригиналност рада реализованог у оквиру ове дисертације огледа се у новом приступу за препознавање и анотацију емоција изражених у тексту, као и за динамичко повезивање и аутоматско креирање евокативних визуала на основу семантичких анотација. Предложен приступ препознавању и анотацији функционише на реченичном нивоу и користи стандардну Екманову класификацију емоција. Методологија укључује лексикон речи који је аутоматски генерисан на основу WordNet-а (лексичке базе података и семантичке мреже за енглески језик), лексикон емотикона и уобичајених колоквијализама на Вебу, као и скуп хеуристичких правила. Предложена методологија визуелизације емоција заснива се на генеративној анимацији и евокативним уметничким визуалима. Емоције препознате у тексту мапирају се у реалном времену на апстрактне генеративне визуале. Динамичко мапирање текст-емоција-слика технички је омогућено семантичком анотацијом текста и визуала.

Евалуација предложеног алгорита за препознавање и анотацију емоција показала је задовољавајућу тачност – како у односу на конкурентне системе, тако и у односу на нормативни стандард, добијен уз помоћ одговора учесника у студији. Осим тога, евалуација потврђује значај садејства лексикона речи и лексикона емотикона; без било ког од ова два лексикона, перформансе би биле статистички значајно слабије. Визуелизације емоција евалуиране су поређењем два предложена система визуелизације са друга два широко заступљена вида приказа емоција на Вебу: емотиконима и аватарима. Резултати студије показали су да приступ визуелизацији предложен у овом раду доприноси квалитету рачунарски посредоване комуникације. Најважније од свега, показало се да главна визуелизација предложена у раду, она заснована на боји, покрету и облику, статистички значајно боље побуђује емоције у корисницима од свих других разматраних облика приказа емоција. Наведени резултати сведоче о научном значају предложене дисертације.

Шири друштвени значај огледа се у имплементацији поменутог приступа. Наиме, приступ описан у дисертацији имплементиран је путем софтверског система *Synesketch* (верзија 2.0), који је објављен на Вебу као бесплатна софтверска библиотека отвореног кода. Многи инжењери, истраживачи и дизајнери на основу њега су направили функционалне апликације, методологије и визуелизације, што потврђује практичну вредност предложеног приступа.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у изради докторске дисертације „Динамичко повезивање и визуелизација семантички анотираних садржаја“ користио 196 литературних навода. Узевши у обзир мултидисциплинарни природу Дисертације, референтна литература односи се како на област Софтверског инжењерства, тако и на области Афективног рачунарства, Анализе и разумевања природног језика, Интеракције човека и рачунара и Визуелизације података – области у којима се прожимају рачунарске науке, психологија и визуелне уметности.

Наведени су литературни наводи по абecedном реду који су, по мишљењу Кандидата, имали у идејном смислу највећи утицај на ток израде и садржај ове докторске дисертације:

1. (Alm, 2009) C. O. Alm, *Affect in Text and Speech*. VDM Verlag, 2009.

2. (Ekman, 1977) P. Ekman, Biological and cultural contributions to body and facial movement. In: J. Blacking (ed.), *Anthropology of the Body*, pp. 34–84. London: Academic Press. 1977.
3. (Gamma, 1995) E. Gamma (1995). *Design patterns: Elements of reusable object-oriented software*. Reading, Mass: Addison-Wesley
4. (Huber et al., 2014) J. Huber, T. Sztyler, J. Noessner, J. Murdock, C. Allen, and M. Niepert. “LODE: Linking Digital Humanities Content to the Web of Data,” In *Proceedings of the 14th ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)*, London, UK, 2014.
5. (Kosara, 2007) R. Kosara, “Visualization criticism—The missing link between information visualization and art,” in *Proc. 11th Int. Conf. Inf. Vis.*, pp. 631–636, 2007.
6. (Lau & Moere, 2007) A. Lau and A. Moere, “Towards a model of information aesthetics in information visualization,” in *Proc. 11th Int. Conf. Inf. Vis.*, Jul. 2007, pp. 87–92.
7. (Liu et al., 2003) H. Liu, H. Lieberman, and T. Selker, “A Model of Textual Affect Sensing Using Real-World Knowledge,” *Proc. Int’l Conf. Intelligent User Interfaces*, pp. 125-132, 2003.
8. (Ma et al., 2005) C. Ma, H. Prendinger, and M. Ishizuka, “Emotion Estimation and Reasoning Based on Affective Textual Interaction,” *Proc. First Int’l Conf. Affective Computing and Intelligent Interaction*, pp. 622-628, 2005.
9. (Miller, 1990) G.A. Miller, “WordNet: An On-Line Lexical Database,” *Lexicography*, special issue, vol. 3, no. 4, pp. 235-312, 1990.
10. (Neviarouskaya et al., 2010) A. Neviarouskaya, H. Prendinger, and M. Ishizuka, “User study on AffectIM, an avatar-based instant messaging system employing rule-based affect sensing from text,” *Int. J. Human-Comput. Stud.*, vol. 68, no. 7, pp. 432–450, 2010.
11. (Neviarouskaya et al., 2011) A. Neviarouskaya, H. Prendinger, and M. Ishizuka, “Affect Analysis Model: Novel Rule-Mased Approach to Affect Sensing from Text,” *Int’l J. Natural Language Eng.*, vol. 17, no. 1, pp. 95-13, 2011.
12. (Picard, 1997) R. Picard, “*Affective Computing*”. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 1997.
13. (Picard, 2003) R.W. Picard, “Affective Computing: Challenges,” *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 59, Issues 1-2, July 2003, pp. 55-64.
14. (Pos & Green-Armytage, 2007) O. D. Pos and P. Green-Armytage, “Facial expressions, colours and basic emotions,” *Colour: Des. Creativity*, vol. 1, pp. 1–20, 2007.
15. (Sanchez-Rada & Iglesias, 2013) J. F. Sanchez-Rada and C. A. Iglesias, *Onyx: Describing Emotions on the Web of Data*. In *Proceedings of the First International Workshop on Emotion and Sentiment in Social and Expressive Media: approaches and perspectives from AI (ESSEM 2013)*, pages 71-82. Torino, Italy : CEUR-WS. 2013.

16. (Sanchez-Rada & Iglesias, 2016) J. F. Sanchez-Rada and Carlos A. Iglesias, "Onyx: A Linked Data Approach to Emotion Representation," *Information Processing & Management*, Volume 52, Issue 1, January 2016, pp 99–114.
17. (Voigt et al., 2013) M. Voigt, S. Pietschmann, K. Meißner, "A Semantics-Based, End-User-Centered Information Visualization Process for Semantic Web Data," *Semantic Models for Adaptive Interactive Systems*, Part of the series Human–Computer Interaction Series, pp. 83-107, 2013.
18. (Weal et al., 2007) M. Weal, H. Alani, S. Kim, P. Lewis, D. Millard, P. Sinclair, D. De Roure, and N. Shadbolt, "Ontologies as Facilitators for Repurposing Web Documents," *International Journal of Human-Computer Studies*, 65 (6), 537–562, 2007.

### 3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Општенаучни метод коришћен у истраживању је теоретско-аналитички метод. У раду су примењене посебне научне методе попут компаративне анализе, емпиријске методе и неколицине статистичких метода.

У поглављима докторске дисертације у којима се даје преглед стања у области, прецизира предмет истраживања и формулишу хипотезе, коришћене су методе прикупљања, дедукције и анализе. На основу критичке анализе постојећих резултата дедукцијом су уочени кључни проблеми за које постојећи приступи не нуде одговарајућа решења.

Приступ предложен у Дисертацији евалуиран је кроз две студије. Прва студија била је посвећена евалуацији приступа за динамичко препознавање и анотацију емоција изражених у тексту, док се друга студија односила на афективну визуелизацију препознатих емоција.

#### 3.3.1. Прва студија

У првој студији коришћен је корпус који садржи 149 реченица на енглеском језику. За сваку реченицу из корпуса, емоционални вектор (који се односи на типове и интензитет емоција) додељивали су учесници студије (у циљу формирања тзв. златног стандарда) и 4 рачунарска алгорита:

- *Synesketch* алгоритам за препознавање емоција изражених у тексту, заснован искључиво на лексикону речи;
- *Synesketch* алгоритам који је користио само лексикон емотикона;
- *Synesketch* алгоритам са оба лексикона;
- алгоритам за генерисање насумичних бројева у опсегу између 0 и 1.

Сваки учесник у студији добио је да оцени 20 реченица насумично изабраних из корпуса. Учесници су оцењивали реченице на 6 скала, по једној за сваки Екманов тип емоције. Свака скала садржала је вредности између 1 и 5 (1 се односи на изостанак емоција, односно, на емоцију нултог интензитета, а 5 на емоцију пуног интензитета). Услови за учешће у студији били су: (а) напредно познавање енглеског језика (сви испитаници течно говоре, читају, пишу и свакодневно се служе енглеским језиком); и (б) редовно коришћење софтвера за комуникацију на Вебу, попут чета.

На основу оцена учесника студије и резултата који су добијени алгоритамски, дефинисано је укупно 5 метрика које су коришћене у даљим анализама: једна људска метрика, коришћена као нормативни стандард и 4 рачунарски генерисане метрике (три метрике засноване на *Synesketch* алгоритму и једна насумична метрика). Коришћењем ових метрика извршене су три врсте поређења. Најпре је, за сваку реченицу из корпуса, вршено поређење између, с једне стране, људског нормативног стандарда и, с друге стране, сваке од 4 рачунарски генерисане метрике. Поређење је засновано на Пирсоновом коефицијенту корелације (*Pearson Product Moment Correlation Coefficient*) и мери косинусне сличности (*Cosine Similarity*). Друго, вршено је поређење тачности емоционалне валенце (ЕВ) и тачности доминантног типа емоције (ДЕТ). Користећи људски нормативни стандард као меру тачности, ЕВ-тачност дефинисана је као проценат реченица с тачно препознатом валенцом. Слично томе, дефинисана је и ДЕТ-тачност: као проценат реченица с тачно препознатим доминантним типом емоције. Треће, за поређење емоционалних тежина коришћене су апсолутне вредности разлике између људских оцена и рачунарски генерисаних оцена. Што је ова разлика мања, то су перформансе алгоритма у оквиру извршених тестова третиране као боље.

### 3.3.2. Друга студија

У другој студији, посвећеној евалуацији приступа за афективну визуелизацију, размотрено је 4 приступа визуелизацији и евокацији емоција: (1) апстрактна генеративна визуелизација *Hoolooovoo* (која је саставни део приступа предложеног у Дисертацији); (2) апстрактна генеративна визуелизација *Synemania* (такође саставни део приступа предложеног у Дисертацији); (3) аутоматски генерисани емоционални аватари фигуративног типа; и (4) стандардни анимирани емотикони (познати и под називом емоци). Приступ (3) и (4) нису дефинисани у оквиру Дисертације, већ су коришћени у сврху поређења. С обзиром на заступљеност аватара и емотикона на Вебу, приступ (3) и (4) имали су улогу референтне тачке или репера.

Услови за учешће у другој студији били су исти као и у случају прве студије. У првом делу студије, сваком учеснику је у насумичном редоследу приказано 7 анимација система *Synemania* (повезаних са својим одговарајућим сликама). Ове анимације укључивале су 6 Екманових емоционалних типова, уз један неутрални тип. Након гледања свих анимација, учесници су позвани да повежу сваки од емоционалних типова са анимацијом која би га најбоље представила. У другом делу студије, сваком учеснику приказано је 4 видео-клипа у трајању између 3 и 4 минута, по један за сваки тип визуелизације (емотикони, аватари, *Hoolooovoo* и *Synemania*). Видео-клипови приказани су у насумичном редоследу. По завршетку гледања сваког видео-клипа понаособ, учесницима је дат упитник. Учесницима је такође задато да рангирају 4 типа визуелизације од најгоре до најбоље (ранг 1 одговара најбољој; 4 најгорој), у складу с властитим корисничким задовољством.

Први део студије имао је за циљ да процени способност испитаника да повежу визуале система *Synemania* са одговарајућим типовима емоција (6 Екманових типова, уз неутрални тип). Сакупљени подаци анализирани су уз помоћ  $\chi^2$  теста.

Други део студије дизајниран је као експеримент са поновљеним мерењима унутар групе. Намена експеримента била је да се процени на који начин корисници перципирају квалитете 4 типа визуелизације. Поменути квалитети односе се на способност комуникације емоција, способност евокације емоција и

опште задовољство корисника. У циљу процене ефекта различитих типова визуелизације на корисничку перцепцију квалитета примењена је једнофакторска анализа варијансе са поновљеним мерењима.

### **3.3.3. Закључак**

На основу свега наведеног, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају, по својој структури и намени, дефинисаном предмету и циљу истраживања.

### **3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата**

Верификација предложеног приступа извршена је у складу са описаним истраживачким методама. Резултати које је обезбедила евалуација предложеног приступа дали су одговоре на истраживачка питања и потврдили су хипотезе постављене у Дисертацији.

Наиме, предложени алгоритам за препознавање и семантичку анотацију емоција показао је задовољавајућу тачност у поређењу са конкурентним системима и са нормативним стандардом који је добијен на основу одговора учесника у студији. На перформансе поменутог алгоритма значајно утиче како лексикон речи, тако и лексикон емотикона, колоквијализама и скраћеница. Предложени алгоритам за динамичко повезивање текста и визуала на основу емоционалног садржаја, односно алгоритам за динамичко генерисање евокативних визуелизација, евалуиран је поређењем два предложена система визуелизације са друга два широко заступљена вида приказа емоција на Вебу. Резултати студије показали су да приступ визуелизацији предложен у овом раду доприноси квалитету рачунарски посредоване комуникације и рачунарски генерисане евокативне визуелизације. Евалуација је детаљније описана у Одељку 4.1 овог Реферата.

Примењивост приступа предложеног у Дисертацији састоји се у употребној вредности софтверског система *Synesketch* (верзија 2.0). Од 2008. године, када је прва верзија софтвера објављена на Вебу, до данас, *Synesketch* се користио у истраживачке, апликативне и уметничке сврхе, широм света, у разноврсним доменима. Више детаља о практичној употреби предложеног приступа може се наћи у Одељку 4.3 овог Реферата (Очекивана примена резултата у пракси), као и у Одељку 7.2 саме Дисертације.

### **3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад**

Кандидат је самостално обавио сва истраживања и написао Дисертацију коју, као што је претходно наведено, карактеришу оригиналност, савременост и значај како у научном, тако и у практичном смислу. Евалуација предложеног приступа потврђује потпуну испуњеност постављених циљева истраживања.

Способност за самостални научни рад Кандидат је, такође, показао писањем и објављивањем радова на стручним конференцијама и у научним часописима. Свеобухватни и систематизовани преглед литературе из области релевантних за предмет истраживања показује способност Кандидата за критичку анализу постојећих сазнања и сагледавање отворених истраживачких проблема. Реализација емпиријских евалуационих студија показује способност Кандидата да свој истраживачки рад евалуира применом адекватних емпиријских метода, као и

да прикупљене податке анализира и интерпретира у контексту постављених циљева истраживања и истраживачких питања.

На основу свега наведеног, Комисија сматра да кандидат Урош Крчадинац поседује потребне способности, вештине и искуства за самосталан научно-истраживачки рад.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Главни стручни доприноси остварени истраживањем изложеним у Дисертацији су следећи:

1. Преглед и анализа досадашњих достигнућа у областима Афективног рачунарства, Препознавања емоција изражених у тексту, Семантичке анотације емоција, Динамичког повезивања садржаја на основу семантичких анотација, као и Афективне визуелизације и анимације.
2. Развој новог приступа за препознавање, анотацију и визуелизацију емоција изражених у тексту, који подразумева динамичко повезивање текстуалних и визуелних садржаја уз помоћ семантичких анотација. Приступ је развијен у контексту рачунарски посредоване интеракције и комуникације.
3. Имплементација датог приступа у облику софтвера *Synesketch* (верзија 2.0), који представља слободно лиценцирану софтверску библиотеку отвореног кода, доступну на Вебу.
4. Евалуација предложеног приступа (описана у наставку).

Општи допринос ове дисертације односи се на целовит приступ афективном рачунарству, који истовремено узима у обзир и препознавање, и моделовање, и комуникацију, и евокацију емоција, с намером да постигне синергетски ефекат у контексту интеракције човека и рачунара.

Научно-истраживачки допринос обухвата:

- a) допринос у области препознавања и семантичке анотације емоција изражених у тексту;
- b) допринос у домену динамичког повезивања текста и визуала посредством препознатих емоција, односно у домену динамичког генерисања евокативних визуелизација.

У контексту доприноса (a), представљен је хибридни приступ за препознавање и анотацију емоција изражених у тексту. Као улаз, представљени алгоритам прима једну реченицу (или један твит, или сегмент чета) и потом је класификује у односу на шест Екманових емоционалних типова: радост, тугу, страх, бес, гађење и изненађење. Алгоритам користи лексикон речи, утемељен на WordNet-у, затим лексикон емотикона, скраћеница и колоквијализама, као и скуп хеуристичких правила. Као излаз, алгоритам генерише емоционални вектор, који се користи за одређење доминантног емоционалног типа и емоционалне валенце реченице (валенца се односи на то да ли је емоција позитивна, негативна или неутрална). Вектор се затим користи као основ за семантичку анотацију текста, уз помоћ које се врши динамичко мапирање текста на покретну слику, тј. мапирање текст-емоција-слика. Поменути приступ имплементиран је путем софтверског система *Synesketch* (верзија 2.0).

Евалуациона студија предложеног хибридног приступа за препознавање и анотацију текстуалних емоција дала је резултате у складу са очекивањима. Перформансе предложеног алгоритма (*Synesketch* алгоритма који користи и лексикон речи и лексикон емотикона) показале су се значајно бољим, тј. ближим људским проценама, у односу на перформансе рачунарског алгоритма који је генерисао насумичну метрику. Овај резултат може се интерпретирати као позитивни индикатор блискости између резултата *Synesketch* алгоритма и резултата које су дали људи, а који је коришћен као нормативни стандард (златни стандард).

Сем тога, потврђен је значај и лексикона речи и лексикона емотикона (у који спадају и скраћенице и колоквијализми) за потребе препознавања емоција изражених у тексту. Док су речи од самог почетка играле важну улогу у истраживањима у области рачунарског препознавања емоција изражених у тексту, емотикони и неформални језик користио се спорадично и то углавном у контексту анализе сентимената. Овај резултат указује на закључак да будућа истраживања у области комуникације на Вебу не би требало да занемаре значај емотикона, неформалних скраћеница, колоквијализама, вулгаризама и уопште, нових, спонтано насталих типографских симбола.

Такође, може се тврдити да су перформансе *Synesketch* алгоритма донекле у рангу перформанси референтних система у области – конкретно, (1) система који је представила Алм<sup>1</sup>, и (2) система аутора Невиароускаја et al.<sup>2</sup> Прецизније, перформансе *Synesketch* алгоритма показале су се донекле лошијим од најбољих верзија конкурентских алгоритама, али због недостатка података о студијама које су послужиле као основ за експеримент, није било могуће утврдити јесу ли разлике између приступа статистички значајне. Осим тога, резултате овог експеримента треба узети са извесном резервом и због разлика у приступу, корпусу и методологијама. Уопште узев, приметан је проблем недостатка података и методологије за компаративне студије у области препознавања емоција изражених у тексту.

У контексту доприноса (б), представљен је приступ за евокативну визуелизацију емоција препознатих у тексту, који се темељи на апстрактној анимираној генеративној графици. Креиране су две конкретне визуелизације: *Hoolooovoo*, чији је примарни фокус на палети боја; и *Synemania*, која користи богатији репертоар визуелног језика у покрету (уз боју, важни су и облик, покрет, ритам, темпо, итд). Дизајн обе визуелизације био је вођен тежњом да визуали буду у стању да комуницирају емоције, евоцирају (побуђују) емоције и изазову задовољавајући општи доживљај корисника; ова три критеријума била су коришћена и у студији којом је евалуиран приступ визуелизацији. Динамичко повезивање емоција препознатих у тексту и описаних визуелизација омогућено је посредством семантичких технологија. И *Synemania* и *Hoolooovoo* део су софтверског система *Synesketch* (верзија 2.0).

За разлику од бројних приступа у области који нису емпиријски валидирани, оба предложена приступа (*Synemania* и *Hoolooovoo*) валидирана су путем емпиријске студије. Конкретно, вршено је поређење система *Synemania* и

---

<sup>1</sup> C. O. Alm, *Affect in Text and Speech*. VDM Verlag, 2009.

<sup>2</sup> A. Neviarouskaya, H. Prendinger, and M. Ishizuka, "User study on AffectIM, an avatar-based instant messaging system employing rule-based affect sensing from text," *Int. J. Human-Comput. Stud.*, vol. 68, no. 7, pp. 432–450, 2010.

*Hoolooovoo* са другим широко распрострањеним типовима визуелизација емоција на Вебу: анимираним емотиконима и аутоматским емоционалним аватарима.

Резултати студије указали су на релативно ниску способност система *Synemania* да комуницира оне типове емоција које је визуелизација дизајнирана да прикаже. С друге стране, у погледу перципиране способности визуелизационог система *Synemania* да комуницира емоције – дакле, када се гледа како корисници перципирају комуникационе способности овог типа визуелизације – резултати су показали да је систем *Synemania* једнако добар као емоционални аватари или мануелно одабрани анимирани емотикони. Систем *Hoolooovoo*, пак, показао се најлошијим од сва 4 типа визуелизације.

Систем *Synemania* надмашио је све остале типове визуелизација (*Hoolooovoo*, емотиконе и аватаре) по питању перципиране способности евокације (побуђивања, изазивања) емоција у корисницима (на статистички значајном нивоу,  $p < 0.001$ ). Овакав резултат потврђује полазну тезу да је, приликом креирања афективног рачунарског система који треба да буде у стању да изазове емоције, потребно размотрити и нефигуративне, уметничке и метафоричке облике визуелне комуникације.

У контексту општег корисничког искуства, систем *Synemania* показао се као или једнако добар или бољи од емотикона. Притом су и *Synemania* и емотикони надмашили аватаре и *Hoolooovoo*. Овај резултат потврђује аргумент о потенцијалу апстрактне графике насупрот распрострањеној аватарској култури у области афективног рачунарства.

На основу свега изложеног, може се закључити да добијени резултати Дисертације представљају квалитетну основу за даља истраживања.

## 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У представљеној Дисертацији изложен је приступ за препознавање, семантичку анотацију и евокативу визуелизацију емоција изражених у тексту, који подразумева динамичко повезивање текстуалних и визуелних података уз помоћ семантичких анотација. Реализован у контексту рачунарски посредоване комуникације и интеракције, приступ припада областима Софтверског инжењерства, Афективног рачунарства, Интеракције човека и рачунара и Визуелизације података. Приступ подразумева нови алгоритам за препознавање и семантичку анотацију емоција изражених у тексту, као и нови алгоритам за динамичко повезивање текста и визуала на основу података о емоцијама, односно алгоритам за динамичко генерисање евокативних визуелизација.

Предложени приступ технички је реализован у облику софтверског система *Synesketch* (верзија 2.0). Први део евалуације био је посвећен препознавању и семантичкој анотацији емоција изражених у тексту, док је други део евалуације био посвећен динамичком повезивању анотираних садржаја, односно евокативној визуелизацији препознатих емоција. Детаљи евалуације, описани су у Одељку 4.1, сведоче о квалитету методологије и недвосмислено верификују полазне хипотезе које је Кандидат поставио у Дисертацији.

Напори у будућности би требало да буду усмерени ка усавршавању предложених приступа за препознавање, семантичку анотацију и визуелизацију емоција, као и за динамичко повезивање медијских садржаја који су анотирани подацима о емоцијама. Приступ за препознавање емоција требало би усавршити и на нивоу алгоритма и на нивоу лексикона. У том контексту, требало би утврдити да ли би алгоритам који на дубљем нивоу анализира језичка својства улазног текста у

статистички значајној мери унапредио перформансе. Такође, требало би истражити да ли се унапређења могу постићи комбиновањем описаног приступа препознавању емоција и приступа заснованог на машинском учењу. Рад на новим алгоритмима би требало да прате студије у којима ће се вршити поређења перформанси различитих хибридних варијанти алгоритма у различитим контекстима.

У вези са динамичким повезивањем, требало би проширити библиотеку визуелизација које се могу користити за динамичко мапирање текста и визуала. Такође би требало креирати алгоритам који би, на основу кључних речи којима су визуелизације у библиотеци анотиране, бирао најподеснију визуелизацију. Технологија која у тренутној верзији омогућује динамичко мапирање текста и генеративних визуала помоћу препознатих емоција могла би да се искористи за динамичко повезивање текста и неких других медијских садржаја, попут музике, слика или филмова. Уз то, требало би истражити како на доживљај корисника утиче историја динамичког повезивања и прожимања текста и слике у оквиру једне сесије (нпр. једне чет-конверзације или једне серије твитова). Додатно истраживање могло би се посветити семантичкој кодификацији емоционалног значења најпопуларнијих емотикона. У контексту визуелизације, значајно би било истраживање које би испитало како различите одлике визуелизације и анимације (текстура, облик, покрет, брзина, ритам, темпо, итд.) утичу на емотивни доживљај корисника. Студију би требало реализовати у сарадњи са истраживачима из различитих области – од уметности и дизајна до науке и технологије. Резултати студије потенцијално би могли да укажу на општије елементе визуелног језика који би се могао користити за афективну апстрактну анимацију.

Уопште узев, када се сви резултати и доприноси Дисертације сагледају у целини, може се рећи да је предложени приступ осмишљен на основу обимног прегледа литературе, да су хипотезе доказане и да предложени приступ даје довољно ефикасно и ефективно решење дефинисаног проблема.

#### 4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Примењивост приступа предложеног у Дисертацији састоји се у употребној вредности софтверског система *Synesketch* (верзија 2.0). Судећи по доступној литератури, прва верзија *Synesketch*-а (верзија 1.0) била је први софтвер за препознавање и визуелизацију емоција изражених у тексту који је објављен на Вебу као слободно лиценциран, бесплатан софтвер отвореног кода. Осим тога, последња верзија *Synesketch*-а (верзија 2.0) једини је такав софтвер који користи семантичке технологије и парадигму Повезаних података.

Од 2008. године, када је прва верзија софтвера објављена на Вебу, до данас, *Synesketch* се користио у истраживачке, апликативне и уметничке сврхе, широм света, у разноврсним доменима попут рачунарски посредоване комуникације и подучавања, генеративне уметности, интерактивне инсталације, анализе финансијских трендова, препознавања емоција у музици и говору, дизајна покрета и гестова аватара и робота, визуелизације вести, коментара и микрочланака са Веб-сајтова, визуелизације поезије, анализе текста у контексту криминалистике и безбедности, анализе процеса аргументације, евалуације семантичких технологија у афективном рачунарству, као и у контексту дигиталне хуманистике и семиотике.

За потребе овог Реферата одабрано је 6 научних радова у којима су описани приступи који интегришу *Synesketch* у свој софтвер или истраживачку методологију (остали радови могу се наћи у Дисертацији):

1. (Restrepo-Arango et al., 2012) C. Restrepo-Arango, A. Henao-Chaparro, & C. Jiménez-Guarín, (2012, October). Using the web to monitor a customized unified financial portfolio. In International Conference on Conceptual Modeling (pp. 358-367). Springer Berlin Heidelberg.
2. (Landowska, 2013) A. Landowska (2013, June). Affect-awareness framework for intelligent tutoring systems. In 2013 6th International Conference on Human System Interactions (HSI) (pp. 540-547). IEEE.
3. (Tay & Veloso, 2012) Tay, J., & Veloso, M. (2012, September). Modeling and composing gestures for human-robot interaction. In 2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (pp. 107-112). IEEE.
4. (O'Halloran, 2015) O'Halloran, K. L. (2015). Multimodal Digital Humanities. In International Handbook of Semiotics (pp. 389-415). Springer Netherlands.
5. (Eigenfeldt et al., 2014) Eigenfeldt, A., Thorogood, M., Bizzocchi, J., & Pasquier, P. (2014). MediaScape: Towards a Video, Music, and Sound Metacreation. Journal of Science and Technology of the Arts, 6(1), 61-73.
6. (Roy et al., 2016) Roy, S., Mariappan, R., Dandapat, S., Srivastava, S., Galhotra, S., & Peddamuthu, B. (2016, March). QA RT: A System for Real-Time Holistic Quality Assurance for Contact Center Dialogues. In Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence.

#### 4.4. Верификовање научних доприноса путем радова на конференцијама и у часописима

Резултати дисертације верификовани су у два међународна часописа, који спадају у категорију M21 (врхунски међународни часописи).

Такође је важно истаћи да су у питању часописи који се тренутно сврставају у 10 најквалитетнијих часописа у области Интеракције човека и рачунара, судећи по рангирању часописа које врши за то најреlevanceтнији сервис, Веб-портал SCImago<sup>3</sup>.

Krcadinac, U., Pasquier, P., Jovanovic, J., & Devedzic, V. (2013). *Synesketch: An open source library for sentence-based emotion recognition. IEEE Transactions on Affective Computing*, 4(3), 312-325, DOI: 10.1109/T-AFFC.2013.18  
Impact Factor: 1.8; SCImago Journal Rank: 2.377

Krcadinac, U., Jovanovic, J., Devedzic, V., & Pasquier, P. (2016). Textual affect communication and evocation using abstract generative visuals. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(3), 370-379, DOI: THMS.2015.2504081  
Impact Factor: 1.873; SCImago Journal Rank: 1.872

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације „Динамичко повезивање и визуелизација семантички аотираних садржаја“ кандидата Уроша Крчадинца, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је она написана према свим стандардима научно-истраживачког рада. Такође, ова

<sup>3</sup> <http://www.scimagojr.com/journalrank.php?category=1709>

докторска дисертација испуњава све услове прописане Законом о високом образовању, стандардима, правилницима и Статутом Факултета организационих наука и Универзитета у Београду. На основу актуелности теме докторске дисертације, резултата и закључака приказаних у њој, Комисија констатује да је кандидат Урош Крчадинац успешно завршио докторску дисертацију, у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања.

Кандидат Урош Крчадинац је у Дисертацији предложио нови приступ за препознавање и анотацију емоција изражених у тексту, као и за динамичко повезивање и аутоматско креирање евокативних визуала на основу семантичких анотација. Осим теоријске основе, у раду је дата формализација целокупног приступа као и доказ коректности решења које се предлаже. Приступ је технолошки реализован у облику функционалне, јавно доступне, слободно лиценциране софтверске библиотеке отвореног кода, чија досадашња употреба у пракси показује практичну вредност приступа и утврђује друштвени значај ове Дисертације. С друге стране, научно-методолошки утемељена евалуација овог приступа потврђује његов научно-истраживачки значај.

Све кораке истраживања и развоја Кандидат је обавио самостално, а у саопштавању и објављивању научних резултата увек је имао примарну улогу (за све објављене радове био је први аутор). Према томе, комисија сматра да је Кандидат у потпуности способан за самосталан научно-истраживачки рад.

Имајући у виду све наведене чињенице, Комисија Наставно-научном већу предлаже да се рад Уроша Крчадинца под називом „Динамичко повезивање и визуелизација семантички анотираних садржаја“ прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Београд, 2016.

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
др Јелена Јовановић, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

.....  
др Владан Девеџић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

.....  
др Зита Бошњак, редовни професор  
Универзитет у Новом Саду, Економски факултет у Суботици  
(спољни члан)