

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Алексеја Аврамовића** за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 5020/08--1 од 14.01.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Алексеја Аврамовића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Нискодимензионални просторно-текстуални дескриптори мултиспектралних слика“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Алексеј Аврамовић је рођен 16.2.1984. године у Мостару, Босна и Херцеговина. Услед ратних дејстава и избеглиштва, основну школу је похађао у Коњицу, Вуковару и Брчком, где је завршио 1998. године са одличним успехом. У основној школи је учествовао на неколико општинских и регионалних такмичења из физике и математике. У Брчком је завршио гимназију "Васо Пелагић", 2002. године са одличним успехом, а исте године је уписао Електротехнички факултет у Бања Луци, одсек за Електронику и комуникације. Током студирања је учествовао на такмичењима на Електријади, уз неколико остварених екипних пласмана. Петогодишње студије електротехнике завршио је у предвиђеном року, 9.7.2007, са средњим просеком оцена 8,82 и одбраном дипломског рада са темом „Сејменџација дигиталних слика применом Mean Shift алгоритама“. Студије трећег циклуса је уписао крајем 2008. године на Електротехничком факултету у Београду на смеру за Телекомуникације. Све испите је положио са просечном оценом 10,0.

Од 25.9.2007. је запослен као сарадник на Електротехничком факултету у Бања Луци, а 8.3.2008. је изабран у звање асистента за ужу научну област *Општа електротехника*. У звање вишег асистента на ужој научној области *Општа електротехника* је изабран 25.5.2012. У настави је ангажован у извођењу аудиторних и лабораторијских вежби из предмета: Основи електротехнике 1, Основи електротехнике 2, Електрична мерења, Теорија електричних кола 1, Теорија електричних кола 2 и Рачунарска графика.

Поред наставних задужења на факултету, Алексеј Аврамовић је био ангажован као сарадник на неколико научно-истраживачких пројеката финансираних од стране Министарства науке и технологије Републике Српске, као и на неколико међународних пројеката.

Пројекти националног значаја, на којима је Алексеј Аврамовић учествовао су:

- Архивирање и претраживање база радиолошких слика (2006-2008),
- РФИД технологија (2008-2010),
- Компресија слика без губитака (2010) и
- Аутоматска класификација покривености и начина кориштења земљишта (2012-2013).

У међународној научно-истраживачкој сарадњи, Алексеј Аврамовић је ангажован на пројектима билатералне сарадње између Републике Босне и Херцеговине и Републике Словеније:

- Компресија медицинских слика (Slovenian Research Agency and Ministry of Civil Affairs, Bosnia and Herzegovina, Grant BI-BA/10-11-026, Bilateral Collaboration Project, 2010-2011)
- Аутоматска анотација медицинских видео записа (Slovenian Research Agency and Ministry of Civil Affairs, Bosnia and Herzegovina, Grant BI-BA/14-15-035, Bilateral Collaboration Project, 2014-2015), пројекат је у току.

Поред тога, Алексеј Аврамовић је имао прилике да обави неколико студијских посета, као што су:

- седмодневна студијску посета Универзитету у Падерборну, Немачка 2010. године,
- двонедељна студијска посета *Buskerud* колеџу у Конгсбергу, Норвешка 2013. године,
- седмодневна радна посета IVS истраживачком центру у Ослу, 2014. године.

Истраживачка делатност Алексеја Аврамовића обухвата области Дигиталне обраде слике, у оквиру које је посебне доприносе имао у компресији слика без губитака, претраживању база слика и класификацији слика, као и у области компјутерске аритметике. До сада је објавио 28 научних радова у међународним и домаћим часописима, као и на међународним и домаћим научним конференцијама. Као значајне публикације у међународним часописима могу се издвојити радови објављени у часописима са импакт фактором.

Од 2008. године ангажован је у Сарнет-у, где је задужен за видеоконференцијске системе.

Члан је удружења IEEE, секције за кола и системе (*Circuits and Systems*).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Активност на докторским студијама

У октобру 2008. године, Алексеј Аврамовић је уписао докторске студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, на студијском модулу Телекомуникације. Током студија положио је све испите са просечном оценом 10,00 и одрадио све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене програмом. Списак положених испита дат је у приложеној табели.

Р.Бр.	Назив	ЕСПБ	Потписао
1	Одабрана поглавља из рачунарске графике	9	Старчевић Душан
2	Примењена статистика	9	Меркле Милан
3	Обрада мултимедијалних сигнала	9	Рељин Ирени
4	Увод у научни рад	6	Поповић Зоран
5	Индексирање и претраживање мултимедијалних садржаја	9	Рељин Бранимир

6	Медицинска информатика	9	Маровић Бранко
7	Симболичка обрада сигнала	9	Лутовац Мирослав
8	Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала	9	Рељин Ирини
9	Дигитална обрада сигнала	9	Лутовац Мирослав
10	Дигитална обрада слике	9	Рељин Бранимир

Положени испити су усмерени на изучавање мултимедијалних сигнала (слика, звук и видео), и дигиталну обраду ових сигнала, што је у складу са предложеном темом докторске дисертације која је усмерена на.

По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на молбу студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду.

У складу са Законом о високом образовању, односно Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће Електротехничког факултета је, на предлог Комисије за студије трећег степена, именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата Алексеја Аврамовића у саставу:

1. др Милан Бјелица, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Зденка Бабић, редовни професор, Универзитет у Бања Луци – Електротехнички факултет,
3. др Миодраг Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

За ментора је именована др Ирини Рељин, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Усмена одбрана теме је одржана на Електротехничком факултету у Београду 12.02.2015. Одбрана је почела у 11:00, а завршена је у 12:00, уз присуство свих чланова комисије. Одбрана је укључила презентацију предмета, циља и значаја предложене теме, уз навођење полазних хипотеза, коришћених научних метода и очекиваних доприноса. Након презентације уследила су питања чланова комисије на које је кандидат успешно одговорио, што је Комисија потврдила оценом „задовољно“.

Списак објављених радова

У току досадашњег истраживачког рада Алексеј Аврамовић је објавио три рада у међународном часопису (са SCI листе, M23), на којима је у два рада први аутор, три рада у часописима националног значаја, 15 радова у зборницима радова са међународних конференција, и 10 радова саопштених на скуповима националног значаја штампаних у целини.

Списак објављених радова Алексеја Аврамовића

- Радови у научним часописима међународног значаја (M23):

1. **Aleksej Avramović**, Vladimir Risojević: "Block-based semantic classification of high-resolution multispectral aerial images", *Signal, Image and Video Processing, Springer*, 2014, DOI: 10.1007/s11760-014-0704-x, ISSN 1863-1703, available online, (2013 Impact Factor: 1.019, 5-Year Impact Factor: 0.918).
2. **Aleksej Avramović**, Zdenka Babić, Dušan Raič, Drago Strle, Patricio Bulić: "An approximate logarithmic squaring circuit with error compensation for DSP applications", *Microelectronics Journal*, Elsevier, Vol. 45, Issue 3, pp. 263-271, March 2014, ISSN 0026-2692, (2013 Impact Factor: 0.924, 5-Year Impact Factor: 0.872).

3. Zdenka Babić, **Aleksej Avramović**, Patricio Bulić: "An Iterative Logarithmic Multiplier", *Microprocessors and Microsystems*, Vol 35, Issue 1, pp. 23-33, February 2011, ISSN 0141-9331, (2013 Impact Factor: 0.598, 5-Year Impact Factor: 0.570).

- Радови у научним часописима националног значаја (M50):

1. **Aleksej Avramović**, Goran Banjac: "On Predictive-Based Lossless Compression of Images with Higher Bit Depths", *Telfor Journal*, Vol. 4, No. 2, pp. 122 - 127, 2012.
2. **Aleksej Avramović**, Patricio Bulić, Zdenka Babić: "Digital Signal Processing Applications with Iterative Logarithmic Multipliers", *Journal of Information Technology and Applications*, Vol. 1., No. 2, pp. 83-89, December 2011.
3. Zdenka Babić, **Aleksej Avramović**, Patricio Bulić: "An Iterative Logarithmic Multiplier", *Electrotechnical Review*, Ljubljana Slovenia, Vol. 77 No. 1, pp. 25-30, 2010.

- Радови саопшћени на међународном научном скупу шtamпани у целини (M33):

1. **Aleksej Avramović**, Goran Banjac: "Audio Lossless Compression Using Modular Arithmetic and Simple Coding Context", In *Proceedings of 21th International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK*, Vol. B 91-94, Portorož, Slovenia, 2012.
2. **Aleksej Avramović**: "Lossless Compression of Medical Images Based on Gradient Edge Detection", *19th Telecommunications Forum TELFOR 2011*, pp. 1199-1202, Belgrade, Serbia, 2011.
3. Vladimir Risojević, **Aleksej Avramović**, Zdenka Babić, Patricio Bulić: "A Simple Pipelined Squaring Circuit for DSP", *29th International Conference on Computer Design ICCD 2011*, pp. 162-167, Amherst, MA, USA, 2011.
4. Patricio Bulić, **Aleksej Avramović**, Zdenka Babić, Vladimir Risojević: "An Approximate Squaring Circuit", In *Proceedings of 20th International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK*, Portorož, Slovenia, Vol. B 171-174, 2011.
5. **Aleksej Avramović**: "Predictive-Based Lossless Compression of Medical Images", In *Proceedings of 20th International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK*, Portorož, Slovenia, Vol. B 167-170, 2011.
6. **Aleksej Avramović**, Vladimir Risojević: "Descriptor Dimensionality Reduction for Aerial Image Classification", In *Proceedings of 18th International Conference System, Signal and Image Processing, IWSSIP 2011*, pp. 105-108, Sarajevo, BiH, June 16-18, 2011.
7. **Aleksej Avramović**, Vladimir Risojević: "Analysis of spatial partitioning approaches for image classification", In *Proceedings of 12th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering, NEUREL 2014*, pp. 211-215, Belgrade, Serbia, September 2012.
8. **Aleksej Avramović**, Goran Banjac, Jovan Galić: "Lossless Audio Compression Using Modular Arithmetic and Performance-Based Adaptation", *20th Telecommunications Forum TELFOR 2012*, pp. 1256-1259, Belgrade, Serbia, 2012.
9. **Aleksej Avramović**, Branko Marović: "Performance of Texture Descriptors in Classification of Medical Images with Outsiders in Database", In *Proceedings of 11th Symposium on Neural Network Applications in electrical Engineering, NEUREL 2012*, pp. 209-212, Belgrade, Serbia, September 2012.
10. **Aleksej Avramović**, Vladimir Risojević, Zdenka Babić, Patricio Bulić: "Identifikacija sistema primjenom algoritma najmanjih srednjih kvadrata sa logaritmaskim množenjem", ("System Identification Using Least Mean Square Algorithm with Logarithmic

Multiplier"), In Proceedings of 8th Symposium INDEL 2010, pp. 134-137, Banja Luka, BIH, 2010.

11. Patricio Bulić, Zdenka Babić, **Aleksej Avramović**: "A Simple Pipelined Logarithmic Multiplier", 28th International Conference on Computer Design ICCD, Amsterdam, Netherlands, 2010.
12. **Aleksej Avramović**, Zdenka Babić, Marjana Erdelji, Patricio Bulić: "Multipliers in Logarithmic Number Systems", In Proceedings of 19th International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK, Vol. B, pp. 111-114, Portorož, Slovenia, 2010.
13. **Aleksej Avramović**, Slavica Savić: "Lossless Predictive Compression of Medical Images", In Proceedings of 19th International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK, Vol. B, pp. 115-118, Portorož, Slovenia, 2010.
14. **Aleksej Avramović**, Branimir Reljin: "Gradient Edge Detection Predictor for Image Lossless Compression", In Proceedings of 52th International Symposium ELMAR-2010, pp. 131-134, Zadar, Croatia, 2010.
15. **Aleksej Avramović**, Slavica Savić, Aleksandar Pajkanović: "Kompresija naponskih i strujnih signala prilikom mjerenja kvaliteta električne energije", ("Compression of Current and Voltage Power Quality Measurement Signals"), Zbornik radova VII Simpozijuma INDEL, pp. 175-178, Banja Luka, BIH, 2008.

- Rad u časopisu nacionalnog značaja (M52):

1. **Aleksej Avramović**, Slavica Savić: "Lossless Predictive Compression of Medical Images", Serbian Journal of Electrical Engineering, Volume 8. No. 1, pp. 27-36, February 2011.

- Radovi saopćeni na skupu nacionalnog značaja štampani u cjelini (M63):

1. **Aleksej Avramović**, Siniša Zubić: "Filtarsko povećanje robusnosti algoritama relejne zaštite na bazi fazne komparacije", ("Filter-Based Robustness Increase in Algorithms for Relay Protection Based on Phase Comparison"), Zbornik radova 55. konferencije za ETRAN, Banja Vrućica, BiH, jun 2011.
2. **Aleksej Avramović**, Slavica Savić: "Prediktivna kompresija medicinskih slika bez gubitaka", Zbornik radova 54. konferencije za ETRAN, Donji Milanovac, Srbija, jun 2010. ("Lossless Predictive Medical Image Compression", Proc. 54th ETRAN Conference, Donji Milanovac, Serbia, 2010.)
3. Slavica Savić, **Aleksej Avramović**: "Prediktivna kompresija 3D medicinskih slika", InfoTech, Jahorina, BiH, mart 2010. ("Predictive Compression of 3D Medical Images")
4. **Aleksej Avramović**: "Mogućnosti primjene videokonferencijskog sistema u obrazovanju", Zbornik radova 1. naučno-stručnog skupa Informacione tehnologije za e-obrazovanje ITeO, Banja Luka, BiH, oktobar 2009. pp. 181-186. ("Possibilities for Applying Videoconference Systems in Education")
5. Zdenka Babić, **Aleksej Avramović**, Patricio Bulić: "An Iterative Mitchell's Algorithm Based Multiplier", In Proceedings of The IEEE Symposium on Signal Processing and Information Technology, Sarajevo, BiH, 2008. pp. 303-308.
6. Zdenka Babić, **Aleksej Avramović**: "Modifikovani Mičelov algoritam za množenje u logaritamskom brojnom sistemu", Zbornik radova LII Konferencije ETRAN, Palić, Srbija, 2008. ("A Modification of Mitchell's Algorithm for Multiplication In LNS")

Рад под бројем 3, презентован на конференцији ЕТРАН 2010: Алексеј Аврамовић, Славица Савић: "Предиктивна компресија медицинских слика без губитака", Зборник радова 54. конференције за ЕТРАН, Доњи Милановац, Србија, јун 2010, је награђен као најбољи рад у секцији Електрична кола, системи и обрада сигнала.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег искуства кандидата у области обрада сигнала генерално, а посебно обраде слике, стеченог кроз:

- полагање испита на докторским студијама, и
- објављивање радова из области предложене теме докторске дисертације на националном и међународном нивоу,

Комисија је констатовала да кандидат Алексеј Аврамовић у потпуности испуњава услове за рад на предложеној теми „Нискодимензионални просторно-текстурални дескриптори мултиспектралних слика“.

2. Предмет и циљ истраживања

Савремена технолошка достигнућа омогућавају генерисање великог броја дигиталних слика у различитим областима теоретских и практичних примјена, као што су едукација, медицина, роботика и аутоматика, пољопривреда, урбанизам и просторно планирање, хидрометеорологија, контрола саобраћаја, војна индустрија, надзор производних процеса, итд. У разним областима примена, дигиталне слике је потребно анализирати на погодан начин да се препознају објекти на слици, препозна сцена или догађај или да се детектује неки одређени садржај од интереса [1-3].

Класификација слика представља њихово груписање у класе према одређеном критеријуму у складу са њиховим визуелним или семантичким садржајем. Нпр. препознавање објеката, догађаја или сцена се може посматрати као класификација слика где је у једну класу потребно издвојити све слике које приказују одређени објекат, догађај или сцену. Сличан задатак представља претраживање база слика на основу садржаја, где је потребно рангирати слике чији је семантички или визуелни садржај најближи садржају слике упита. Аутоматска класификација слика представља њихово груписање у класе на основу одређених обележја слика. Обележја групишемо у векторе обележја или дескрипторе. Могућности употребе класификације слика у различитим областима су довеле до развоја великог броја алгоритама за издвајање обележја погодних за одговарајуће примјене.

Текстура је обележје које има значајна дискриминативна својства и ефективно се користи у класификацији слика [2]. Дескриптори текстуре се користе приликом класификације слика добијених снимањем из ваздуха [3], приликом класификације сцена [4,5] и приликом препознавања догађаја [6]. Дескриптори боја се, такође, могу користити за ефикасно препознавање објеката и препознавање сцена [7]. Комбинацијом обележја текстуре рачунатих из различитих спектралних опсега, вектор обележја ће садржати информације о боји и текстури, које могу побољшати резултате класификације [4,8,9]. У циљу побољшања тачности класификације слика се могу користити информације о просторном распореду обележја. У [10] је коришћена једноставна подела слике да би се искористио просторни распоред обележја у циљу препознавања сцена. Увођењем просторне поделе на више нивоа искористио је принцип просторног пирамидалног упаривања обележја да би се израчунала удаљеност између дескриптора, што побољшава тачност препознавања сцене [11]. Уопштавањем се, поред усправних (*upright*), користе и ротиране поделе простора слике да би се погодним груписањем обележја побољшали резултати класификације слика [12,13].

Одабрано обележје (дескриптор) које карактерише слику треба да је дескриптивно и дискриминативно, уз минималне могуће захтеве за меморијским ресурсима. Дескриптивност се односи на могућност што бољег описивања садржаја слике, било визуелног или семантичког садржаја. Дискриминативност дескриптора се односи на могућност груписања слика са сличним садржајем, тј. дескриптор треба да садржи информације потребне за одвајање и разликовање слика из једне класе од осталих. Такође, потребно је обезбедити брзо извршавање алгоритама за претраживање и класификацију, што се најефикасније постиже радом са дескрипторима ниске димензионалности.

Циљ истраживања у овој дисертацији јесте дефинисање нових начина за ефикасно издвајање дескриптора текстура ниске димензионалности из колор и мултиспектралних слика, и предлагање нових метода за коришћење просторног распореда обележја, како би се што боље искористиле информације о садржају слике у различитим областима примене.

Значај истраживања се првенствено односи на даљи развој области класификације слика и препознавање објеката, сцена и догађаја.

Релевантни иницијални библиографски извори:

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing* (3rd Edition). Prentice-Hall, Inc., 2006.
- [2] L. W. Renninger and J. Malik, "When is scene identification is just texture recognition?," *Vision Research*, vol. 44, pp. 2301-2311, September 2004.
- [3] U. Bayram, G. Can, S. Duzgun, and N. Yalabik, "Evaluation of textural features for multispectral images," in *Proc. SPIE 8180, Image and Signal Processing for Remote Sensing*, pp. 81800I-81800I-14, 2011.
- [4] M. Brown and S. Susstrunk, "Multi-spectral SIFT for scene category recognition," in *Proc. CVPR*, pp. 177-184, 2011.
- [5] J. Wu and J. Rehg, "Centrist: A visual descriptor for scene categorization," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 33, pp. 1489-1501, Aug 2011.
- [6] Y.-G. Jiang, S. Bhattacharya, S.-F. Chang, and M. Shah, "High-level event recognition in unconstrained videos," *International Journal of Multimedia Information Retrieval (IJMIR)*, vol. 2, pp. 2:73-101, June 2013.
- [7] K. van de Sande, T. Gevers, and C. Snoek, "Evaluating color descriptors for object and scene recognition," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 32, pp. 1582-1596, Sept. 2010.
- [8] G. Bradbury, K. Mitchell, and T. Weyrich, "Multi-spectral material classification in landscape scenes using commodity hardware," in *Computer Analysis of Images and Patterns*, vol. 8048, pp. 209-216, Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [9] Y. Xiao, J. Wu, and J. Yuan, "mcentrist: A multi-channel feature generation mechanism for scene categorization," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 23, pp. 823-836, Feb 2014.
- [10] A. Oliva and A. Torralba, "Modeling the shape of the scene: A holistic representation of the spatial envelope," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 42, no. 3, pp. 145-175, 2001.
- [11] S. Lazebnik, C. Schmid, and J. Ponce, "Beyond bags of features: Spatial pyramid matching for recognizing natural scene categories," in *Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 2169-2178, 2006.
- [12] Y. Jiang, J. Yuan, and G. Yu, "Randomized spatial partition for scene recognition," in *Computer Vision - ECCV 2012*, pp. 730-743, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [13] A. Avramovic and V. Risojevic, "Analysis of spatial partitioning approaches for image classification," in *Proc. 12th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering*, Nov 2014.
- [14] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," vol. 60, pp. 91-110, Nov. 2004.

- [15] T. Ojala, M. Pietikainen, and T. Maenpaa, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 24, pp. 971-987, July 2002.
- [16] A. Avramovic and V. Risojevic, "Descriptor dimensionality reduction for aerial image classification," in *Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, 2011 18th International Conference on, pp. 1/4, June 2011.
- [17] W.L. Zhao, H. Jegou, and G. Gravier, "Oriented pooling for dense and non-dense rotation invariant features," in *BMVC - 24th British Machine Vision Conference*, (Bristol, United Kingdom), Sep 2013.
- [18] A. Avramovic and V. Risojevic, "Block-based semantic classification of high-resolution multispectral aerial images," *Signal, Image and Video Processing*, pp. 1-10, 2014.

3. Полазне хипотезе

За описивање текстуре се ефикасно користе локална обележја ниског нивоа као што су *Census Transform* [5], *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) [14], *Local Binary Pattern* (LBP) [15] и глобални дескриптор (GIST) [10]. Ова обележја су првобитно предложена за монохроматске (или, у скали сивог - *grayscale*) слике. Њихово проширење на колор и мултиспектралне слике може значајно повећати димензионалност дескриптора. У том случају се, уз повећану потрошњу меморијских ресурса, повећава и време обучавања класификатора, као и време обраде слике. Пошто је колор текстура богатија информацијама од текстуре сиве слике, једноставним спајањем дескриптора текстуре, издвојених из сваког од спектралних опсега слике посебно, могуће је повећати тачност алгоритама за класификацију слика. Да би се смањило време извршавања алгоритама, разматране су разне технике редукције димензионалности дескриптора.

Прва од полазних хипотеза овог истраживања се односи на могућност комбиновања различитих техника за редукцију димензионалности и самог издвајања обележја текстура из колор и мултиспектралних слика, у јединствен алгоритам издвајања дескриптора. На тај начин треба добити дескриптор ниске димензионалности, који укључује информације из свих спектралних опсега и при томе задржава или побољшава перформансе класификатора у односу на случај када се не користи редукција димензионалности. Циљ је доћи до метода за издвајање дескриптора ниске димензионалности из колор и мултиспектралних слика који ће обезбедити добре перформансе класификатора слика и његово брзо обучавање. Ова идеја је подстакнута резултатима претходног истраживања објављеног у [16].

Значајна особина локалних обележја текстуре јесте њихов просторни распоред на слици. Информације о просторном распореду се могу искористити за даље побољшање перформанси система за класификацију слика. Међутим, груписање локалних обележја се углавном ослања на усправну (*upright*) поделу простора слике на више нивоа, формирање хистограма за сваки од региона и њихово спајање. Такав приступ не узима у обзир, на погодан начин, просторне карактеристике локалних обележја у случају ротираних слика. Истраживање спроведено у [12,17] указује да груписање локалних обележја на основу различитих усправних и ротираних подела простора слика може допринети тачности класификатора слика. Друга хипотеза на којој се базира ово истраживање јесте могућност одређивања угла ротације слике у односу на усправан положај, на основу садржаја слике. На основу угла ротације би се извршило груписање локалних обележја, па не би било потребе за значајним додатним рачунским операцијама.

4. Научне методе истраживања

На основу прегледа литературе уочен је значајан потенцијал обележја текстуре приликом класификације слика. Захваљујући јавно доступним базама слика различитих модалитета

(природне сцене, аеро снимци, слике одређених догађаја, медицинске слике, итд.) омогућена је објективна евалуација предложених решења и поређење са резултатима из литературе. Актуелне истраживачке теме се односе на начине употребе информација из различитих спектралних опсега код колор и мултиспектралних слика, приликом класификације слика, и на коришћење информација о просторном распореду обележја за даље побољшање резултата класификације. Такође, почетни експерименти су указали на велики значај коришћења дескриптора ниске димензионалности на брзину обучавања класификатора.

Истраживање у вези ове дисертације је започето разматрањем различитих метода за редукцију димензионалности дескриптора. Креирано је радно окружење помоћу програмског пакета Матлаб, које је омогућило тестирање утицаја алгоритама за рачунање дескриптора на тачност класификације. Разматрани су различити начини комбиновања техника за редукцију димензионалности и издвајања обележја текстуре у случају колор и мултиспектралних слика, под истим условима обучавања класификатора. На тај начин се може закључити који од разматраних алгоритама има боље перформансе. Циљ је био разматрање утицаја сваког од корака рачунања дескриптора: предобраде, процесирања по сваком од спектралних опсега, редукције димензионалности и постпроцесирања, на тачност аутоматске класификације слика. Резултати класификације су упоређивани у случајевима када се редукција димензионалности обавља по сваком спектралном опсегу посебно или након конкатенације дескриптора издвојених по појединачним спектралним опсезима. У случајевима када се користи *bag-of-words* парадигма, разматрана су два различита приступа формирању кодних књига код колор и мултиспектралних слика: конкатенација локалних обележја и формирање мултиспектралне кодне књиге, и формирање заједничких кодних речи из свих спектралних опсега. Резултати овог дела истраживања су објављени у [16], на основу којих су запажене предности рачунања мултиспектралне кодне књиге. Такође, различити приступи редукцији димензионалности су дали боље перформансе за локална и глобална обележја.

Истраживање ће се наставити разматрањем могућности коришћења информација о просторном распореду локалних обележја за даље побољшање перформанси система за класификацију слика. Биће размотрен утицај усправне поделе простора слика приликом груписања локалних обележја текстуре, доступан у литератури [5,11], као и утицај ротиране поделе простора слике са предефинисаним углом ротације [13]. Циљ је показати да постоји конзистентно побољшање резултата класификације слика, у случајевима када се користе додатни вектори обележја приликом класификације израчунати на основу ротиране поделе простора слике. Посебна пажња ће се обратити на класификацију аеро снимака, који често садрже ротиране слике. На тај начин би се доказала корисност информација о просторном распореду обележја за тачност класификације слика. Даље, биће размотрене могућности аутоматског одређивања угла ротације слике на основу њеног садржаја у циљу уопштавања поступка поделе простора слике.

Почетни резултати истраживања везаних за нов приступ у побољшању резултата класификације слика, што је предмет дисертације, објављени су у [18].

5. Очекивани научни допринос

Током израде ове докторске дисертације, очекују се следећи научни доприноси:

- Преглед и избор неопходних концепата за реализацију алгоритама за аутоматску класификацију слика и препознавање сцена, као и за анализу њихове ефикасности,
- анализа текстуре и истицање њеног значаја за описивање и класификацију слика или региона слика, код разнородних база слика (аеро снимака, медицинских слика, природних сцена, итд.),

- карактеризација текстуре слика или региона слика кроз детаљно разматрање глобалних и локалних обележја текстуре приликом описивања визуелног или семантичког садржаја на сликама,
- анализа дескриптора текстуре сивих слика, слика у боји и мултиспектралних слика, са аспекта димензионалности и дискриминативности,
- предлог нових метода за издвајање дескриптора текстуре ниске димензионалности из колор и мултиспектралних слика. Затим, упоредна анализа ефикасности предложених и постојећих приступа, на основу тачности класификације,
- анализа утицаја коришћења информација о просторном распореду обележја текстуре у системима за класификацију слика,
- предлог новог алгорита за аутоматско одређивање угла ротације сцене на слици на основу садржаја слике и груписање локалних обележја текстуре у одговарајуће векторе обележја на основу тог угла ротације у системима за класификацију слика.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће бити реализовано кроз неколико фаза:

- Истраживање почиње са полазном идејом да је могуће имплементирати технике рачунања дескриптора слика у боји и мултиспектралних слика, на основу обележја текстуре и уз коришћење информација о просторним карактеристикама локалних обележја, тако да се постигне задовољавајућа брзина и ефикасност алгоритама за класификацију слика, препознавање сцена, објеката или догађаја.
- Прва фаза истраживања укључује детаљно упознавање са основним и напредним техникама обраде слика и анализу доступне литературе из области претраживања слика на основу садржаја и класификације слика. Следи упознавање са начинима издвајања локалних и глобалних обележја текстура из сивих слика, као и имплементација одговарајућих процедура. Биће извршена анализа карактеристика неколико референтних база слика које укључују аеро снимке, слике текстура, природне сцене, објекте и догађаје, са аспекта локалних и глобалних обележја текстура, ротације слика и распореда локалних обележја.
- У другој фази ће бити испитани постојећи и предложени нови начини издвајања обележја текстуре из колор и мултиспектралних слика, као и различите могућности комбиновања обележја ради добијања дескриптора ниске димензионалности. Биће спроведена анализа ефикасности свих доступних и предложених решења на базама слика различитих модалитета. Ова фаза ће бити завршена предлогом алгорита за издвајање дескриптора колор текстуре и мултиспектралне текстуре.
- Трећа фаза обухвата анализу утицаја различитих начина поделе простора слике приликом груписања локалних обележја и коришћење просторних карактеристика за побољшање ефикасности алгоритама за класификацију слика. Поред пирамидалне поделе, која је већ усвојена у литератури, биће размотрен и утицај ротираних подела простора слике за фиксни угао. Посебна пажња ће се обратити на имплементацију ротираних подела код колекција аеро снимака, код којих су објекти од интереса често ротирани у односу на координатни систем камере.
- У четвртој фази истраживања се уопштава приступ из претходне фазе, где су разматране ротације простора слике за фиксни угао. Биће размотрене методе рачунања угла ротације слике из садржаја саме слике, тј. на основу локалних обележја слике. Такође, биће размотрен утицај поделе простора слике и груписања локалних обележја на основу израчунатог угла ротације слике, на тачност класификације слика.
- У току пете фазе ће бити предложено решење које треба да представља алгоритам за екстракцију дескриптора ниске димензионалности уз максимално могуће коришћење

просторних карактеристика локалних обележја, независно од обележја текстуре које се користе.

- Последња фаза укључује тестирање метода предложеног у претходној фази, на базама слика које се користе за верификацију резултата класификације слика, категоризације сцена, препознавање објеката и догађаја.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног, Комисија је закључила да кандидат Алексеј Аврамовић испуњава све формалне и суштинске услове да приступи изради докторске дисертације на предложеној тему „Нискодимензионални просторно-текстурални дескриптори мултиспектралних слика“. Предложена тема „Нискодимензионални просторно-текстурални дескриптори мултиспектралних слика“ има за циљ дефинисање нових начина за ефикасно издвајање дескриптора текстура ниске димензионалности из колор и мултиспектралних слика и предлагање нових метода за коришћење просторног распореда обележја да би се боље искористиле информације о садржају слике у различитим областима примене. На основу добро одабраних обележја могуће је препознати објекте у слици, препознати сцену или догађај или детектовати неки одређени садржај у слици. Значај истраживања се првенствено односи на даљи развој области класификације слика и препознавање објеката, сцена и догађаја.

Предложена тема је научно актуелна и значајна у области дигиталне обраде слике.

Тема припада ужој научној области Телекомуникације. За ментора докторске дисертације предлага се др Ирини Рељин, редовни професор Електротехничког факултета, Универзитета у Београду.

Београд, 12.02.2015.

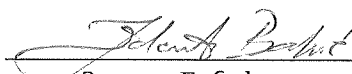
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



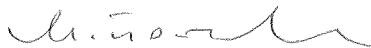
др Ирини Рељин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Милан Бјелица, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Зденка Бабић, редовни професор
Универзитет у Бањалуци – Електротехнички факултет



др Миодраг Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет