

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Владимира Ковачевића за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 5049/10-1 од 14.07.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Владимира Ковачевића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

Естимација покрета у видео секвенцама прилагођена алгоритмима за повећање броја слика у секунди

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Владимир Б. Ковачевић је рођен 01.11.1984. године у Вуковару. Школовање је започео у Ковину где се преселио 1991. године. По досељавању у Панчево и завршетку Основне школе “Васа Живковић” (где је био ђак генерације), уписао је Гимназију “Урош Предић”. У току школовања, све четири године је био учесник Републичког такмичења из математике, што је непосредно утицало и на избор његове будуће професије. Гимназију је завршио 2003. године као добитник Вукове дипломе. Исте године је уписао Електротехнички факултет у Београду, на одсеку за Рачунарску технику. Основне студије је завршио октобра 2007. године са просечном оценом у току студија 8.34, а одбранивши завршни рад са оценом 10 код професора Зорана Јовановића.

Мастер студије је завршио на Одсеку за електронику 2009. године просечном оценом у току студија 10. Мастер рад под називом „Дигитални филтри у систему за конверзију видео сигнала“ одбранио је код професора Лазара Сарановца. У новембру 2010. је уписан на докторске студије на Одсеку за телекомуникације.

Професионалну каријеру Владимир Ковачевић је започео у октобру 2007, у новооснованој компанији Омегатек. Од априла 2009. године до октобра 2010. године радио је у Институту Михајло Пупин – Телекомуникације на развоју везаном за бежичне сензорске мреже. Новембра 2010. године запослио се у компанији *Silicon Hive*, коју је четири месеца касније купила Интел корпорација. Од аквизиције (припајања) фирми, па до сада, Владимир

Ковачевић је радио на развоју алгоритама за процесирање дигиталних слика и видео секвенци прилагођених извршавању на Интеловим мобилним платформама.

Као посебне целине на којима је В. Ковачевић радио могу се истаћи:

- *Frame Rate UpConversion* (FRC) за Интелову *Merrifield* платформу,
- Контрола *High Dynamic Range* (HDR) алгорита за непокретне слике,
- Креирање мапе ирадијансе за HDR,
- Алгоритам за израчунавање оптималних експозиција за HDR видео,
- Контрола HDR алгорита за видео (*Video HDR for Intel Skylake*)

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Владимир Ковачевић је уписао докторске студије у новембру 2010. године на смеру Телекомуникације. У периоду од 2011. до 2013. године, положио је са највишом оценом, 10 (десет), следеће испите предвиђене Наставним планом докторских студија:

Назив положеног предмета	Наставник
1 Развој микропроцесорског софтвера	Протић Јелица
2 Обрада мултимедијалних сигнала	Рељин Ирини
3 Софтверски системи за рад у реалном времену	Вранеш Сања
4 Увод у научни рад	Поповић Зоран
5 Класификација и естимација сигнала	Ђуровић Жељко
6 Индексирање и претраживање мултимедијалних садржаја	Рељин Бранимир
7 Дигитална обрада сигнала	Лутовац Мирослав
8 Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала	Рељин Ирини
9 Неуралне мреже	Станковић Срђан
10 Обрада слике	Рељин Бранимир

У току студија је урадио пројекат везан за примену методе независних компонената (*Independent Component Analysis*) у смањивању шума у слици.

Резултате истраживања која су у вези предложене докторске дисертације је објавио у међународном часопису и на међународној конференцији (радови под бројем 1. и 2.). Развијајући алгоритам за *Frame Rate UpConversion* (FRC) за Интелову *Merrifield* платформу, Владимир Ковачевић је постао један од носилаца пријаве патента

‘Motion estimation using hierarchical Phase Plane Correlation and Block Matching’, *US Patent Application Number: 13/793,029, September 2014.*

Поред радова 1. и 2., везаних за тему доктората, кандидат је аутор/коаутор већег броја радова из шире области теме, односно области електронских комуникација, који су урађени пре уписа на докторске студије.

Списак објављених радова Владимира Ковачевића:

А. Радови у вези предложене докторске дисертације

Раџ у међународном часопису (М24):

1. A. Gavrovska, M. Paskaš, **V. Kovačević**, I. Reljin, "Renal DMSA Scan Morphology Analysis using Undecimated Wavelet Transform and Isocontours", *International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems (IJRIS)*, ISSN online: 1755-0564, ISSN print: 1755-0556, DOI: 10.1504/IJRIS.2013.055123, 2013, Vol. 5, No. 1, pp. 12-21 (Extended version of conference paper 2.)

Раџ на међународном скупу (М33):

2. A. Gavrovska, M. Paskaš, **V. Kovačević**, I. Reljin, "Renal DMSA Scan Morphology Analysis using Undecimated Wavelet Transform and Isocontours", *Telecommunication in Modern Satellite Cable and Broadcasting Services (TELSIKS)*, 2011 10th International Conference on, , Print ISBN: 978-1-4577-2018-5, DOI: 10.1109/TELSIKS.2011.6112064, 2011, Volume 1, IP.4, pp. 333-336.

Б. Остали радови кандидата

Раџ на међународном скупу (М33):

3. **V. Kovačević**, A. Gavrovska, Milorad P. Paskaš, "High-speed implementation of Hamming neural network", *10th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering, NEUREL*, Beograd, 23-25. Septembar, 2010, ISBN: 8781-4673, DOI: 10.1109/NEUREL.2010.5644080, pp.167-170.
4. **V. Kovačević**, D. Živanović, M. Nikolić, Ž. Stojković, "Architecture and implementation of modular wireless sensor network node", *5th European Conference on Circuits and Systems for Communications, Beograd, 23–25. Novembar, 2010*.
5. **V. Kovačević**, M. Stojilović, "Project Requirements Management According to CMMI Practices ", *INFOTEH-JAHORINA* Vol. 9, Ref. E-I-12, p. 469-472, ISSN : 99938-624-2-8, Mart 2010.
6. M. Nikolić, M. Oklobdžija, **V. Kovačević**, "Driver Architecture Proposal for Contiki Operating System", *BioSense 2009*, Novi Sad, Srbija, Octobar 2009.

Раџ на скупу националног значаја штампан у целини (М63):

7. D. Živanović, **V. Kovačević**, M. Nikolić, "MOTEL – Realization of wireless sensor network node", *54. konferencija ETRAN*, Donji Milanovac, jun 2010. ISBN 978-86-80509-65-5, TE2.5.
8. **V. Kovačević**, A. Čejkov, S. Tadić, "3Gb/s HDTV signal generator", *52. konferencija ETRAN*, Palić, ISSN : 978-86-80509-63-1, jun 2008.
9. M. Nikolić, M. Oklobdžija, **V. Kovačević**, "Serial Port Device Driver for Contiki Operating System", *17. telekomunikacioni forum TELFOR*, Beograd, ISSN : 978-86-7466-375-2, novembar, 2009.
10. **V. Kovačević**, M. Trajković, P. Ćirković, "DSP system in a high speed FPGA", *53. konferencija ETRAN*, Vrnjačka Banja, ISSN: 978-86-80509-64-8, jun 2009.
11. P. Ćirković, M. Trajković, **V. Kovačević**, "Software Controlled Digital FM Modulator for 100 Standard Stations", *17. telekomunikacioni forum TELFOR*, Beograd, ISSN : 978-86-7466-375-2, novembar, 2009.
12. **V. Kovačević**, Ž. Perić, "USB komunikacija između FPGA i personalnog računara", *16. telekomunikacioni forum TELFOR*, Beograd, ISSN : 978-86-7466-337-0, novembar, 2008.

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

1. др Милан Бјелица, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. др Андреја Самчовић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет,
3. др Милан Прокин, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
4. др Лазар Сарановац, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

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

Усмена одбрана теме одржана је на Електротехничком факултету, 03.09.2014, са почетком у 15 часова. Одбрана је завршена у 16 часова. На усменој одбрани су били присутни сви чланови Комисије. Одбрана је почела тако што је кандидат изложио предмет, циљ и методологију свог истраживања, као и мотивацију за њега. Потом су чланови комисије кандидату поставили неколико питања из области истраживања. На сва ова питања, кандидат је одговорио, што је Комисија потврдила оценом "задовољио".

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Владимир Ковачевић је показао изузетну озбиљност и истрајност у истраживању. Његово широко образовање у области електротехнике, стечено на три различита смера студија, у оквиру три различита степена образовања (основне, мастер и докторске студије) му обезбеђују изванредну основу за научноистраживачки рад, посебно у мултимедијалним применама везаним за мобилне платформе.

Тема рада - повећање броја слика у секунди, тј. *Frame Rate UpConversion*, са једне стране је постала веома интересантна због развоја система који захтевају велике резолуције видеа, па самим тим и истичу постојеће недостатке у њему. Са друге стране, мобилне платформе постају све заступљеније у свакодневном животу, па се захтевају нови алгоритми обраде слика, па и повећања њиховог броја, који су у стању да обезбеде, са становишта времена извршавања, ефикасне обраде слике.

На основу изложеног, кандидат је у потпуности спреман за научно истраживачки рад на највишем нивоу и на предложеној захтевној и савременој теми обраде видео сигнала.

2. Предмет и циљ истраживања

Естимација покрета представља једну од важних области у обради и процесирању видео секвенци. Користи се у алгоритмима за видео компресију, видео стабилизацију, поравнање слика (*alignment*) и повећање броја слика (фрејмова) у секунди (у даљем тексту *frame-rate* конверзија). *Frame-rate* конверзија најчешће подразумева повећање броја фрејмова у видео секвенци креирањем нових, користећи претходно естимирано кретање и пикселе оригиналних фрејмова. На тај начин трајање видео секвенце остаје непромењено, али се повећава број фрејмова који се приказује на дисплеј уређају (монитор, телевизор) у јединици времена.

Предмет предложеног истраживања је везан је за естимацију покрета прилагођену употреби у алгоритмима за *frame-rate* конверзију са фокусом на постизање ниске сложености, а тиме и краћег времена обраде. Циљеви истраживања су:

- показати могућност конструисања алгоритма високог квалитета, који ће подржавати данашње стандарде везане за резолуцију и учестаност фрејмова у видео секвенцама.
- показати да се поменути алгоритам може извршавати у реалном времену на мобилној платформи.

Значај постојања већег броја фрејмова у секунди у видео секвенцама (на пример 60 фрејмова у секунди) огледа се у томе да она поспешује утисак гледаоца видео материјала уклањањем неугодног сецкања (*judder*) које настаје услед високе резолуције и контраста самих фрејмова, као и недовољног *frame-rate*-а. Висок проценат постојећег видео материјала садржи нижи *frame-rate* (на пример 24 или 30 фрејмова у секунди). Естимација покрета описана у предложеној теми омогућава репродукцију секвенци у високим учестаностима фрејмова (на пример 60 фрејмова у секунди).

Значај извршавања естимације покрета у реалном времену је редуковање потребе за огромним додатним меморијским простором који би био потребан за смештање свих новокреираних фрејмова, уколико би се цела секвенца испроцесирала пре саме репродукције. На пример, за конверзију видео секвенце пуне *HD* резолуције (*High Definition*, 1920p, телевизија високе резолуције) трајања 10 секунди са 30 на 60 фрејмова у секунди потребно би било сместити целу видео секвенцу која би заузимала меморијски простор од 900 мегабајта.

Релевантни иницијални библиографски извори:

- [1] Pinto, C. A., Beric, A., "HiveFlex-Video VSP1 : Video Signal Processing Architecture for Video Coding and Post-Processing", *ISM'06. Eighth IEEE International Symposium*, San Diego, CA, USA, Dec. 2006, pp. 493-500.
- [2] G. de Haan, Biezen, P.W.A.C., Huijgen, H., Ojo, O.A., "True Motion Estimation with 3-D Recursive Search Block-Matching", *IEEE Tr. on Circuits and Systems for Video Technology*, October 1993, 3, (5), pp. 368-388.
- [3] G. de Haan, Biezen, P.W.A.C., "Sub-pixel motion estimation with 3-D recursive search block-matching", *Signal Processing: Image Communication*, 1994, 6, (3), pp. 229-239.
- [4] Biswas, M., Nguyen, T. Q., "A Novel Motion Estimation Algorithm Using Phase Plane Correlation for Frame Rate Conversion", *Conference Record of the Thirty-Sixth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, 2002., Pacific Grove, CA, USA, Nov. 2002, pp. 492-496.
- [5] Kumar, S., Biswas, M., Nguyen, T.Q., "Efficient phase correlation motion estimation using approximate normalization", *Conference Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, 2004., Pacific Grove, CA, USA, Nov. 2004, pp. 1727-1730.
- [6] Wang, Z. Bovik, A.C., "A universal image quality index", *Signal Processing Letters, IEEE*, 9, (3), pp. 81-84.

3. Полазне хипотезе

Истраживања којима се бави Владимир Ковачевић везана су за мобилне платформе, те стога уносе низ специфичности и захтевају посебну пажњу у пројектовању. На почетку истраживања дате су међусобно супротстављене хипотезе, односно захтеви за реализацијом, које се могу исказати на следећи начин:

- Могуће је развити алгоритам високе тачности за естимацију покрета у видео секвенцама
- Могуће је прилагодити алгоритам за естимацију покрета у видео секвенцама извршавању у реалном времену на мобилној платформи [1] лимитираних меморијских капацитета оптимизовањем броја потребних процесорских циклуса и меморијских трансфера.
- Као полазна тачка у развоју алгоритма дата је и хипотеза да је могуће применити блоковски приступ [2][3] (допуњен естимацијом базираном на корелацији у фреквенцијском домену [4][5]) за естимацију покрета у видео секвенцама.

4. Научне методе истраживања

Примарно коришћена метода истраживања и развоја алгоритма је итеративни циклус. Он подразумева пролазак кроз скуп од неколико фаза, од којих се неке понављају. Фазе итеративног поступка су:

1. Формирање иницијалне верзије алгоритма.
2. Формирање сета тест видео секвенци који покрива све најзначајније сценарије коришћења.
3. Евалуација тренутне верзије алгоритма над сетом видео секвенци, уочавање и образложење евентуалних недостатака алгоритма.
4. Унапређење алгоритма које делимично или потпуно коригује уочене недостатке или оптимизује алгоритам смањујући му комплексност или меморијске захтеве.

Фазе 3 и 4 се понављају до постизања дефинисаног нивоа квалитета и уклапања у буџет доступних процесорских циклуса и величине меморије.

Због саме специфичности проблема који се решава (естимација покрета), иако постоје методе за објективну евалуацију квалитета [5], у спроведеном истраживању акценат је стављен на субјективне методе и на визуелну евалуацију која се показала значајно поузданијом.

Истраживање и рад на теми обављени су у компанији Интел, која је обезбедила и мобилну платформу на којој се алгоритам може извршавати у реалном времену. То је уједно и први пут да се алгоритам за *frame-rate* конверзију извршава на мобилној платформи (*Intel Merrifield*) и као такав, биће уврштен у скуп производа доступних на комерцијалном тржишту.

5. Очекивани научни допринос

Имајући у виду предложену тему и полазне хипотезе, очекује се да ће кандидат Владимир Ковачевић, остварити следеће научне доприносе:

- Алгоритам за естимацију покрета у видео секвенцама прилагођен конверзији је први пут имплементиран на мобилној платформи. Дат је детаљан опис оптимизација које доприносе бржем извршавању (смањењу броја потребних инструкција), а не нарушавају квалитет и прецизност самог алгоритма.
- Субјективно и објективно бољи резултати у односу на често коришћене алгоритме за естимацију покрета као што су: Потпуно претраживање и 3-димензионо рекурзивно претраживање [2][3].
- Омогућити скалабилност алгоритма, чији број инструкција опада са смањењем резолуције улазног видеа.

Предложени приступ за естимацију покрета је објављен као патент апликација која ће бити на снази од септембра 2014. године: *Beric, A., Pantic, Z., Kovacevic, V.: Motion estimation using hierarchical Phase Plane Correlation and Block Matching, US Patent Application Number: 13/793,029*. Због самог процеса патентирања до скоро није постојала могућност објаве поменуте идеје у научном часопису. 28. априла 2014. године рад “*Block-matching correlation motion estimation for frame rate up-conversion*”, са Владимиром Ковачевићем као првопотписаним аутором, је послат на рецензију у часопис са SCI листе.

6. План истраживања и структура рада

Целокупно истраживање везано за предложену тему обављено је у компанији Интел, која је обезбедила све потребне хардверске и софтверске ресурсе. План развоја система за естимацију покрета у видео секвенцама прилагођену алгоритмима за повећање броја слика у секунди подразумева неколико развојних фаза. Оне се могу исказати на следећи начин:

- Истражити и евалуирати постојеће методе естимације покрета у видео секвенцама (блоковско претраживање, претраживање базирано на фреквенцијским трансформацијама, итд.)
- Дефинисати проблеме и недостатке постојећих метода и предложити њихово побољшање.
- Конструисати алгоритам за прецизну естимацију покрета који је независан од садржаја видео материјала над којим врши процесирање.
- Омогућити извршавање алгоритма у реалном времену, на мобилној платформи (оптимизација).
- Спровести субјективне и објективне евалуације алгоритма у односу на конкурентна решења.
- Имплементирати и интегрисати алгоритам на Интел Мерифилд мобилну платформу. Омогућити подршку за широк опсег улазних резолуција видео секвенци.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног, Комисија сматра да кандидат Владимир Ковачевић испуњава све законске одредбе неопходне за приступање изради докторске дисертације. У свом досадашњем раду је показао висок степен самосталности и способност за научноистраживачки рад. Предложена тема докторске дисертације *"Естимација покрета у видео секвенцама прилагођена алгоритмима за повећање броја слика у секунди"* спада у област обраде видео сигнала. Имајући у виду два захтева: развој алгоритма за обезбеђење квалитетне естимације покрета у системима високе резолуције, и реализацију алгоритма на мобилној платформи, наведена тема уводи актуелна истраживања.

Комисија има задовољство да Научно наставном већу Електротехничког факултета предложи да прихвати тему *"Естимација покрета у видео секвенцама прилагођена алгоритмима за повећање броја слика у секунди"* кандидата Владимира Ковачевића и да је упути Већу техничких наука Универзитета у Београду на одобравање. С обзиром на област којој тема припада (обрада видео сигнала), за ментора се предлаже др Ирини Рељин, редовни професор Електротехничког факултета у Београду чији списак радова следи у Прилогу.

Београд, 27.10.2014.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



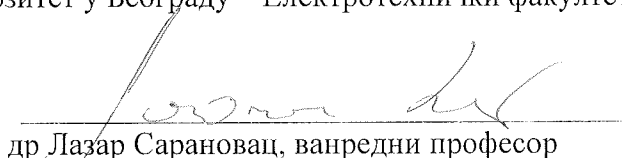
др Милан Бјелица, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Андреја Самчовић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет



др Милан Прокин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Лазар Сарановац, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет