

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о оцени докторске дисертације кандидата Ахмеда Алаликхан-а (Ahmed Alalikhan)

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду број 49/7-15 од 08.07.2016. године, на основу члана 58. став 1. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, именовани смо за чланове комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ахмеда Алаликхана (Ahmed Alalikhan), дипл. грађ. инж. под насловом:

**ДЕТЕКЦИЈА И ЛОКАЛИЗАЦИЈА ОШТЕЋЕЊА
ГРАЂЕВИНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА
НА ОСНОВУ РЕГИСТРОВАНИХ АМБИЈЕНТАЛНИХ ВИБРАЦИЈА**

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

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Докторска дисертација Ахмеда Алаликхана (Ahmed Alalikhan) пријављена је 23.01.2015. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду под насловом „*Детекција оштећења грађевинских конструкција на основу примене динамичких карактеристика регистрованих мерењем убрзања и применом Tabu-search методе оптимизације*“ (на енглеском језику: „Damage detection based on changes of dynamic properties using ambient acceleration measurements on civil structures and Tabu-search optimization method“). На седници Наставно-научног већа која је одржана 29.01.2015. године именована је комисија за пријем теме. Наслов дисертације је промењен на предлог комисије за пријем теме, а сходно Извештају комисије за пријем теме докторске дисертације број 49/2 од 13.05.2015.године. Кориговани наслов теме на српском и енглеском језику су „ДЕТЕКЦИЈА И ЛОКАЛИЗАЦИЈА ОШТЕЋЕЊА ГРАЂЕВИНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА

НА ОСНОВУ РЕГИСТРОВАНИХ АМБИЈЕНТАЛНИХ ВИБРАЦИЈА“ и „DETECTION AND LOCALIZATION OF DAMAGE OF CIVIL STRUCTURES BASED ON AMBIENT VIBRATION MEASUREMENTS“.

Позитиван извештај комисије за пријем теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета 19.03.2015. године, а за ментора је именован проф. др Зоран Мишковић са Грађевинског факултета Универзитета у Београду. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 21. 04. 2015. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Ахмеда Алаликхана (Ahmed Alalikhana).

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 29.06.2015. године.

Именовани ментор, проф. др Зоран Мишковић, дипл. грађ. инж., испуњава важеће критеријуме Универзитета у Београду, а референце су као што следи:

1. Miodrag Malović, Ljiljana Brajović, **Zoran Mišković**, Šekara Tomislav, (2012), *Simultaneity Analysis In A Wireless Sensor Network*, Polish Academy of Science, Metrology and Measurement Systems, vol. 22 No. 2, pp. 275-288, , ISSN 2300-1941 , DOI 10.1515/mms-2015-0022., (M23)
2. Ivan S. Ignjatović, Snežana B. Marinković, **Zoran M. Mišković**, Aleksandar R. Savić, (2012), *Flexural behaviour of reinforced recycled aggregate concrete beams under short-term loading*, RILEM, Materials and Structures, Vol.45, No.-10, (October), pp.1-15, ISSN 1871-6873, DOI 10.1617/s11527-012-9952-9, (M21)
3. Branko Milovanović, **Zoran Mišković**, Zagorka Gospavić, Milivoj Vulić, (2011), *Modelling Behaviour of Bridge Pylon for Test Load using Regression Analysis with Linear and Non-linear process*, Geodetic journal, Croatian geodetic society, Vol.65 (88), No.3 (Sep.2011.), pp.205-220, ISSN0016-710X, UDK 624.21-21:624.042.8:528.482:004.92, (M23)
4. **Miskovic, Z.**, Pavic, A.; Reynolds, P., (2009) *Effects of full-height nonstructural partitions on modal properties of two nominally identical building floors*, Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.36, No.7 (July 2009), NRC Research Press, pp. 1121-1132(12), ISSN 1121-1132, DOI 10.1139/L09-055, (M23)
5. Pavić A., **Miskovic Z.**, Reynolds P., (2007) , *Modal Testing and Finite-Element Model Updating of a Lively Open-Plan Composite Building Floor*, (2007), ASCE – Journal of Structural Engineering, Vol.133, No-4 , pp.550-558., ISSN: 0733-9445, DOI 10.1061/(ASCE)0733-9445(2007)133:4(550), (M21)
6. Brajović Lj., **Mišković Z.**, Uskoković P., Živković I., Aleksić R. (2004) *Fatigue damage detection in composite rods using fiber optic intensity based sensors*, Materials Science Forum Edition, pp. 497-504, May 2004, ISBN 0255-5476 ISSN/ISO: Mat.Sci.For., DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.453-454.497, (M23)

2. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Ахмед Алаликхан (Ahmed Alalikhana), дипл. грађ. инж., студент докторских студија на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, рођен је у Најафу (Ирак) 25.04.1976. године, где је завршио основну и средњу школу (гимназију).

Грађевински одсек Колеца за инжењерство Универзитета Куфа у Најаф-у уписао је 1994. године, где је 1998. године завршио основне студије и стекао звање дипломираног грађевинског инжењера (BSc) одбранивши завршни рад под насловом "Optimum design of rectangular concrete columns".

Мастер курс уписао је на Одсеку за зграде и грађевинарство Универзитета за технологију у Багдад-у 1998. године (трогодишње студије), а који је завршио 2001. године са просечном оценом 8.07, одбранивши мастер рад под насловом "Design of reinforced concrete beams in shear with and without fibers".

Докторске студије на Одсеку за конструкције Грађевинског факултета у Београду уписао је 2011. године, трећу годину студија 2013. године положивши све предвиђене испите Програмом докторских студија са просечном оценом 9.63. Кандидат је од 2002. године запослен је на Грађевинском одсеку државног Колеца за инжењерство Универзитета Куфа у Најафу, у својству асистента (assistant lecturer) од стране Министарства науке и образовања Ирак-а, где је и тренутно запослен. Као асистент учествује у извођењу наставе из предмета Engineering Mechanics, 1st stage, 2007. и 2008. године, Strength of materials, 2nd stage, 2009. године и Concrete Technology, 2nd stage, 2010. године. Такође, на факултету је члан Испитног комитета (Member of examining committee) од 2008. године.

Као пројектант је учествовао у пројектовању већег броја зграда, мостова и других конструкција, а такође је био члан тимова који су вршили недеструктивна испитивања армиранобетонских конструкција.

Члан је Ирачког друштва инжењера и поседује овлашћење за пројектовање и извођење грађевинских конструкција. Стручне активности је реализовао и као:

- Члан одбора за реанализу конструкција нових зграда Универзитета у Куфи, 2009.
- Члан одбора за конструкцијско пројектовање нових медицинских објеката, 2009.
- Члан комитета за анализу челичних рамова у Француској Кербали – фабрика цемента у Ираку
- Члан комитета за ултразвучна испитивања грађевинских конструкција у Инжењерском Консалтинг Бироу, 2010.

Ахмед Алаликхан (Ahmed Alalikhan) говори и пише енглески језик. Ожењен је и отац четворо деце.

3. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ДИСЕРТАЦИЈИ

3.1. Научна област дисертације

Тема дисертације је из области техничко-технолошких наука, а научна област је грађевинарство (грађевинско инжењерство). Ужа научна област, дефинисана Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду, је Грађевински материјали, технологија бетона и испитивање конструкција.

3.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација „ДЕТЕКЦИЈА И ЛОКАЛИЗАЦИЈА ОШТЕЋЕЊА ГРАЂЕВИНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА НА ОСНОВУ РЕГИСТРОВАНИХ АМБИЈЕНТАЛНИХ

ВИБРАЦИЈА“, Ахмеда Алаликхана (Ahmed Alalikhana), садржи укупно 313 страна од којих је основни текст приказан на 268 страна. Дисертација је писана на енглеском језику. У оквиру текста дисертације налази се 146 слика и 58 табела. Списак цитиране литературе садржи 114 наслова. На почетку дисертације су дати резимеи на српском и енглеском језику, са кључним речима и УДК бројем, као и биографија аутора на крају дисертације. Дисертација је технички обликована према упуштвима Сената Универзитета у Београду и посебним упуштвима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

4. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Главни циљ ове дисертације је одређивање и процена локације и оштећења која могу да настану у различитим челичним конструкцијама. Од познатих метода за идентификацију оштећења, за предмет дисертације усвојена је глобална детекција оштећења. Глобалне методе откривања оштећења су мање зависне од величине и облика конструкције, а актуелан примењена је заснована на анализи вибрација и динамичких карактеристика конструкције. Неколико осталих аспеката су разматрани у дисертацији и детаљније анализирани током истраживања. Ови аспекти су следећи:

- Критички одабир метода које могу да буду коришћене за откривање оштећења према принципима детекције оштећења, начину побуде, експерименталним мерењима, и према томе колико је метода деструктивна, како би се постигао најбољи резултат анализе;
- Преглед неколико начина оптимизације који су потребни као помоћни и комплементарни „алати“ у процедури откривања оштећења. У овој дисертацији се тежило методи која није раније коришћена, како би се усвојио најсавременији приступ и постигла оригиналност истраживања;
- Избор модела за нумеричку и експерименталну на детекцију конкретне оштећења. Критеријум је био, колико је модел нов тј. како би истраживање било оригинално;
- Избор софтвера за анализу података, за оба случаја, и експериментални и нумерички. Најефикаснији и одговарајући софтвери су усвојени како би се добили најбољи резултати.

5. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ ОД КОЈИХ СЕ ПОЛАЗИЛО У ИСТРАЖИВАЊУ

Током истраживања потврђене су хипотезе од којих се пошло током истраживања, и то:

- Верификована је предложена метода оптимизације на примењеним конструкцијским моделима за детекцију оштећења на бази сопствених фреквенција
- Верификовано је да се применом МКЕ анализе конструктивних система у еластичној области може извршити детекција оштећења истих;
- Геометријске нелинеарности нису релевантне за проблем детекције оштећења, тј. Могуће је проблем третирати у геометријској конфигурацији у неоштећеном стању
- Могуће је на основу регистрованих амбијенталних вибрација извршити идентификацију модалних карактеристика конструкције, како је то уобичајено током перманентног конструкцијског мониторинга

- Применом актуелних метода процене крутости, за елементе у одговарајућем стању напрезања, могуће је одређивати крутост елемената у оштећеном стању
- Укључивањем реалних карактеристика попречног пресека и масе елемената у поређењу нумеричког и експерименталног одговора, постижу се адекватни резултати у смислу глобалног конструкцијског одговора
- Укључивањем сопствених фреквенција и сопствених облика могуће је спровести детекцију оштећења са задовољавајућом тачношћу.

7. КРАТАК ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Основни текст разматране докторске дисертације има осам поглавља и три прилога. На почетку текста су дате листа слика и листа табела, као и преглед коришћених ознака и скраћеница.

Основни текст разматране докторске дисертације има осам поглавља и три прилога. На почетку текста су дате листа слика и листа табела, као и преглед коришћених ознака и скраћеница.

Дисертација има десет поглавља. Прво поглавље је увод који описује опште циљеве и иновативне аспекте. Мерења амбијенталних вибрација која су заснована на модалној идентификацији су наведена у трећем поглављу. У истом поглављу су наведени и сви услови за испитивање како би се применила метода за одређивање модалних карактеристика конструкције, као и приказ процедуре откривања оштећења и циљне функције за процедуру. У четвртном поглављу су описане раније усвојене методе оптимизације и њихов значај за област детекције оштећења конструкције. Упоредене су са иновативном применом предложене Tabu Search (TS) оптимизације.

Програм испитивања усвојених модела у овом раду је изложен у петом поглављу. Детаљи сваког експеримента и њихови резултати су такође у петом поглављу. Шесто поглавље садржи прорачуне који се односе на мерења. У оквиру нумеричких прорачуна је спроведена и калибрација модела у експериментима. Резултати примене процедуре TS у поглављу седам. Закључци испитивања и препоруке за даља испитивања су наведени у осмом поглављу. Коришћена литература је наведена у деветом поглављу, а прилози у десетом.

У раду је разматрана детекција оштећења са њеном локализацијом за различите типове челичних конструкција. Оштећење се може открити на више различитих начина, примењујући поступке наведене у литератури. У раду усвојен је принцип детекције оштећења на основу поређења између измењених и почетних модалних карактеристика (сопствених фреквенција и сопствених облика) модела коначних елемената (МКЕ) и вредности добијених на основу експерименталних истраживања. На основу мерења амбијенталних вибрација (МАВ), на различитим врстама челичних конструкција, експерименталне модалне карактеристике се одређују помоћу ARTeMIS софтвера у складу с поступком фреквентног разлагања. С друге стране, применом ANSYS софтвера, израчунавају се нумеричке вредности модалних параметара потребних у поступку откривања оштећења. Детекција оштећења врши се уз помоћ предложене Tabu Search (TS)

оптимизације за откривање локације и нивоа оштећења. Техника TS оптимизације је релативно нова и није раније коришћена у детекцији оштећења грађевинских конструкција. Предложене процедуре TS оптимизације су дефинисане у MATLAB окружењу. MATLAB софтвер омогућава истовремено разматрање експериментално добијених параметара модела и одговарајућих нумеричких вредности које се континуално ажурирају уз помоћ ANSYS софтвера. Поређење између процењених експерименталних и нумеричких параметара модела се врши у складу с вредностима добијених предложеном "функција циља" која одређује величину грешке. Минимална вредност грешке одражава оптималну вредност која указује на најближи резултат циљне (стварне) вредности.

У циљу детекције оштећења усвојен је још један ваџан корак, тј. калибрација с ажурирањем модела МКЕ. Из више разлога, неслагање између модалних параметара експерименталног и нумеричког модела је обично доводи до погрешних резултата у поступку откривања оштећења. Стога, процес калибрације има за циљ да се коригују нумеричке вредности параметара конструкције модела, што је могуће ближе, одговарајућим експерименталним вредностима. На овај начин је остварена конвергенција између односа модалних параметара, што омогућава поступак детекције оштећења.

Моделиране су четири врсте челичних конструкција, како би се проучавало понашање 1D, 2D и 3D конструктивних модела у току процеса калибрације и детекције оштећења. Модел слободно ослоњене греде с препустима је усвојен за проучавање понашања 1D модела, док модел решетке се користи за представљање 2D модела. За 3D модел, усвојена су два модела: Вирендел модел моста и модел 10-спратне зграде. Ово потврђује способност примене предложене процедуре, калибрације МКЕ модела и детекције оштећења на сложене конструкције. Представљена дисертација открила је да је предложени поступак TS оптимизације ефикасна техника за коришћење у обе области калибрације модела МКЕ и детекције оштећења сложених грађевинских објеката.

8. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Резултат истраживања током израде дисертације су закључци који представљају значајан допринос у области испитивања конструкција, посебно детекције оштећења. Сви научни доприноси предметног истраживања су систематизовани према феноменима на које се односе и таксативно побројани:

- Примена недеструктивне методе мерења амбијенталних вибрација је ефикасна за глобалну детекцију и локализацију оштећења грађевинских конструкција.
- Анализа амбијенталних вибрација у детекцији оштећења конструкција има значајних предности, уз одговарајуће познавање динамичких карактеристика (сопствених фреквенција и сопствених облика). Мерење вредности одговарајућих величина при експерименталним истраживањима зависи од доминантности првих облика осциловања, како за једносимеционалне тако и за тродимензионалне конструкције.
- Примена FDD (Frequency Domain Decomposition) поступка за одређивање модалних карактеристика конструкције има задовољавајућу тачност и једноставност и има

значајних предности у односу SSI (Stochastic subspace identification) поступак посебно са случај више серија експерименталних мерења.

- За већу поузданост нове методе оптимизације, као што је TS поступак, потребно је спровести експерименталну и нумеричку анализу за једнодимензионалне, дводимензионалне и тродимензионалне моделе конструкција, што је у раду и урађено.
- У експерименталним испитивањима, симулација побуде амбијенталних вибрација користећи нискофреквентни побуђивач на тестираним моделима дала је добре резултате, усаглашене са онима који су добијени у нумеричкој анализи. Тиме је потврђена оправданост коришћења таквог типа побуде за симулацију амбијенталних вибрација у лабораторијским условима.
- Функција циља има најзначајнију улогу у предложеном поступку детекције оштећења. Ако је функција циљ довољно „осетљива“ на промене у модалних параметара, онда оштећење је могуће детектовати и локализовати. У супротном, детекција оштећења на основу минималне вредности функције циља неће бити тачна.
- Првих неколико сопствених облика осциловања, у опсегу од 3 до 5 облика, обезбеђују довољну осетљивост за промену модалних параметара услед оштећења у изабраним и препорученим функцијама циља. У поступку калибрације за случај модела Виренделовог моста, примењујући пет или четири модална параметара добијене су тачне вредности за функцију циља. Изводи се закључак да исти број параметара довољан за поступак оптимизације.
- У процесу оптимизације за детекцију оштећења, препоручене су најефикасније једначине функције циља и за 2D и 3D конструкције.
- Предложени облик функције циља је ефикасан и једноставан за примену нормираних померања облика осциловања, који се одређују помоћу ARTeMIS софтвера. ARTeMIS софтвер даје само позитивне нормиране векторе померања, за разлику од вектора померања са негативним знацима одређених у ANSYS софтверу.
- У функцији циља, значајна улогу имају у вредности нормализованих померања облика осциловања, тако да у неким случајевима она могу бити довољан параметар у поступку детекцију оштећења за све обрађене експерименталне моделе. Учешће сопствених фреквенција је знатно мање од нормализованих померања облика осциловања (као у примеру Вирендел модела моста).
- Током процедуре детекције оштећења, предложени поступак TS оптимизације омогућава добијање оптималног решења, које представља или тачну циљну вредност за неке итерације, или вредности које су веома близу тачних за остале итерације. (У процесу калибрације модела Вирендел моста TS оптимизација може постићи оптимално решење и са веома ниским коефицијентом величине почетног простора (0.11 - 4.25)%.)
- Предложени поступак TS оптимизације је ефикасан метод којим је могуће избећи било који постојећи локални минимум за дефинисани простор и одредити глобално оптимално решење, чак и у случају мале разлике између локалног и глобалног минимума.

8. ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Кандидат је објавио и пријавио следеће радове везано за истраживачки рад докторске дисертације:

1. Ahmed Alalikhhan, Saad Al-Wazni, Zoran Mišković, Ratko Salatić, Ljiljana Mišković, (2015), *Tests of heuristic optimization techniques in vibration- based damage detection*, (Paper ID: 1410-2015 – under revision), Građevinar – Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, ISSN (print) 0350-2465, ISSN (on-line) 1333-9095, (under revision), (M23)
2. Zoran Mišković, Saad Al-Wazni, Ahmed Alalikhhan, (2016), *Damage Detection for Civil Structural Health Monitoring Application - A Case Study of the Steel Grid Bridge Structural Model*, Technical Gazette (paper ID: TV-20160411065936 – under revision), ISSN 1330-3651 (print) ISSN 1848-6339 (On-line), (under revision), (M23)
3. Mišković Z., Al-Wazni S., Alalikhhan A., Salatić R., *Methods of structural damage detection based on changes of dynamic characteristics*, Civil Engineering Calendar, Vol. 47 (2015), Union of Civil Engineers and Technicians of Serbia, Belgrade, ISBN: 0352-2733, pp. 163-191, (M52)
4. Mišković Z., Alalikhhan A., Al-Wazni S., Salatić R., Mišković Lj. *Vibration ambient test of GAZELA bridge approach structure in Belgrade*, Proceedings of the 5TH International Conference: Civil Engineering – Science and Practice GNP 2014 , Žabljak, 17.-21. February, 2014., University of Montenegro – Faculty of Civil Engineering, Ed. Knežević M., Šćepanović B., ISBN 978-86-82707-23-3, 2014. pp. 261-268, (M33)
5. Al-Wazni S., Mišković Z., Alalikhhan A., Salatić R., *Comparison of FDD and SSI modal identification methods from ambient vibration data – case study*, Proceedings of the 5TH International Conference: Civil Engineering – Science and Practice GNP 2014 , Žabljak, 17.-21. February, 2014., University of Montenegro – Faculty of Civil Engineering, Ed. Knezevic M., Šćepanović B., ISBN 978-86-82707-23-3, 2014. pp. 3-10, (M33)
6. Alalikhhan A., Al-Wazni S., Mišković Z., Salatić R., 2014, *Numerical test of damage detection using Tabu-search method*, Proceedings of 14th conference of ASES – Association of Structural Engineering of Serbia, ed. M. Lazović, B. Stavanović, Novi Sad 24-26. Sep. , Serbia, ISBN 978-86-85073-19-9, 2014, pp. 513-520, (M63)
7. Al-Wazni S., Alalikhhan A., Mišković Z., Salatić R., 2014, *Numerical test of damage detection using Simulated Annealing method*, Proceedings of 14th conference of ASES – Association of Structural Engineering of Serbia, ed. M. Lazović, B. Stavanović, Novi Sad 24-26. Sep. , Serbia, ISBN 978-86-85073-19-9, 2014, pp. 423-430, (M63)

9. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

9.1. Савременост и оригиналност

Предложена тема докторске дисертације спада у актуелне теме из области комплексног истраживања стања грађевинских конструкција у циљу процене конструкцијског интегритета и планирања и извршења радова на одржавању значајних инфраструктурних објеката.

Истраживањима у оквиру дисертације је извршена критичка анализа свих релевантних сегмената који су саставни део детекције оштећења, уз експерименталну верификацију, што даје посебну тежину истраживању.

На основу одабране методологије, комплексности и савремености метода које су примењене, као и великог практичног значаја који се очекује, сматра се да је истраживање било адекватно за израду оригиналног научног рада.

9.2. Опис и адекватност примењених научних метода

У току израде дисертације су коришћене следеће научне методе:

- Анализа актуелних метода детекције оштећења у различитим областима технике, са посебним освртом на грађевинске конструкције;
- Критичка анализа поузданости метода регистровања модалних карактеристика на основу мерења амбијенталних вибрација реалних конструктивних система – применом тзв. „output-only“ модалне анализе;
- Спровођење моделских експеримената на конструкцијским моделима различитих типова мерењем убрзања приликом симулиране амбијенталне побуде;
- Примена детаљног нумеричког моделирања конструкција МКЕ комерцијалним софтверским пакетима ANSYS, ABAQUS,, ..., у циљу формирања модела који се могу модификовати применом екстерног приступа процедурама креираним у MATLAB-у;
- Детекција и оптимизација оштећења применом оптимизационе процедуре у MATLAB програмском окружењу за предложену варијанту примене tabu-search методе оптимизације за детекцију и локализацију оштећења којом се анализирају перформансе ефикасности и прецизности методе за различите типове анализираних модела конструкција;
- Извођење закључака о спроведеном истраживању у светлу постојећих метода и смерницама за будућа истраживања.

Кандидат је рад на докторској дисертацији, полазећи од синтезе и критичке анализе постојећих сазнања и резултата из литературе, засновао на сопственим експерименталним истраживањима, као и статистичким, аналитичким и нумеричким анализама.

9.3. Применљивост остварених резултата

С обзиром на све већи број грађевинских конструкција код којих се захтева процена стања и/или преосталог употребног века предложено истраживање је изузетно актуелно у међународним научним круговима.

У прилог наведеном треба нагласити да се стално повећава број конструкција које се перманентно осматрају (предмет су перманентног конструкцијског мониторинга) из разлога рационализације и планирања потребних финансијских средстава за одржавање, реконструкцију или потпуну замену постојећих конструкција услед значајних дефеката који угрожавају њихов интегритет.

Истраживање је усмерено на различите типове конструкцијских система, што није или је врло ретко било предмет сличних истраживања.

Спроведеним истраживањем се предвиђа развој процедура које ће бити у могућности да третирају конструкције великих распона и сложене геометрије, чије нумеричко моделирање захтева врло детаљан приступ, укључивање великог броја коначних елемената, а што подразумева примену најсавременијег инжењерског приступа приликом моделирања крутости и веза између елемента, ослоначких детаља и сл.

Приказани резултати се огледају у унапређењу детекције и локализације оштећења грађевинских конструкција уз комплексан експериментално-нумерички приступ. Остварени резултати имају веома широку примену. Практична примена је очигледна за детекцију оштећења значајних грађевинских конструкција, а у првом реду инфраструктурних објеката који су све чешће предмет мониторинга у циљу праћења интегритета ових конструкција. Разноликост конструкцијских модела на којима ће се извршити потврда ефикасности примењених алгоритама гарантује сврсисходност истраживања и оправдава истраживање.

На основу свега наведеног, може се закључити да резултати предметног истраживања имају значајан утицај на унапређење метода и њихове ефикасности у области детекције оштећења реалних грађевинских конструкције, а сходно потвђеним перформансама предложених метода на различитим типовима конструкцијских модела.

10. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега претходно изнетог Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Ахмеда Алаликхана (Ahmed Alalikhan), дипл. грађ. инж., под насловом „Детекција и локализација оштећења грађевинских конструкција на основу регистрованих амбијенталних вибрација“, урађена према одобреној пријави и представља оригинално и самостално научно дело, које има значајан научни и стручни допринос у области грађевинарства. Резултати истраживања имају практичну примену у области, испитивања грађевинских конструкција, вибрација челичних конструкција и глобалне детекције и локализације оштећења.

Сходно претходном, Комисија са задовољством констатује да су се стекли услови за јавну одбрану дисертације и предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Детекција и локализација оштећења грађевинских конструкција на основу регистрованих амбијенталних вибрација“ кандидата Ахмеда Алаликхана (Ahmed Alalikhana) прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 15.07.2016. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Миленко Стегић, пензионисани професор
Факултета стројарства и бродоградње,
Свеучилишта у Загребу

.....
др Зоран Мишковић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
др Ратко Салатић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
др Наташа Прашчевић, доцент
Универзитет у Београду, Грађевински факултет