

**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ЗА МАШИНСТВО И ГРАЂЕВИНАРСТВО У КРАЉЕВУ
КРАЉЕВО**

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ

**ПРЕДМЕТ: Извештај комисије о прегледу и оцени докторске дисертације кандидата
мр Горана Миодраговића, дипл. инж. маш.**

Одлуком Наставно научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву, бр. 1407 од 30.11.2015. год. именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата **мр Горана Миодраговића, дипл. инж. маш.**, под називом

**„Развој напредних биолошки инспирисаних алгоритама за решавање
оптимизационих проблема примењене механике”.**

Тема докторске дисертације одобрена је за израду од стране Наставно-научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву одлуком број 1389/3 од 28. 10 2013., године, и на њу је сагласност дало Стручно веће за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одлуком бр. IV-04-603/8 од 12. 11 2013. године.

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја Комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Научно-наставном већу подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у области истраживања

Докторска дисертација кандидата мр Горана Миодраговића, дипл. инж. маш., под називом „Развој напредних биолошки инспирисаних алгоритама за решавање

оптимизационих проблема примењене механике”, је резултат научно-истраживачког рада у актуелној области, која се односи на примену напредних биолошки инспирисаних алгоритама код решавања оптимизационих проблема примењене механике.

Кандидат је извршио детаљну анализу и систематизацију доступних метода и научних резултата водећих светских истраживача у области која се разматра у овој дисертацији. На основу анализе актуелног стања у примени оптимизационих алгоритама, кандидат је фокус свог истраживања усмерио на четири методе: кукавичја претрага (Cuckoo Search – CS), алгоритам свица (Firefly Algorithm – FA), алгоритам слепог миша (Bat Algorithm – BA), оптимизација инспирисана кретањем арктичког крила (Krill Herd Algorithm – KHA) и њихову примену на проблеме оптимизације из области примењене механике.

Резултати ове дисертације је у успешно формираним универзалним алгоритмима који могу да се примене при решавању различитих оптимизационих проблема у машинству, односно примењеној механици у циљу добијања најбољих решења. Универзални алгоритми су добијени на основу одређених модификација и хибридизација поменутих метода.

Универзалност предложених алгоритама кандидат тестира на великом броју референтних примера и добијене резултате пореди са резултатима доступним у литератури. Примену модификованог алгоритма слепог миша кандидат тестира на примерима: суда под притиском, завареног носача, редуктора, конусне опруге, ламеласте кочнице са више дискова. Хибридни алгоритам кукавичје претраге и алгоритам свица, такође се тестирају на више референтних примера (опруга, конусно квачило, I профил и носач са три променљиве), док примену модификованог алгоритма крила тестира у синтези четврочланог механизма, на примерима генерисања четири различите путање.

Предложене биолошки инспирисане оптимизационе алгоритме, кандидат тестира и на два нова модела: оптимизација тела стругарског ножа и оптимизација ексцентра код стезнога алата.

Добијени резултати у потпуности потврђују примену датих модификованих и хибридизованих оптимизационих алгоритама при решавању инжењерских, односно оптимизационих проблема из области примењене механике.. Наиме, добијени резултати су или приближни или бољи од резултата цитираних у доступној литератури (модификовани алгоритам слепог миша и хибридни алгоритам кукавичје претраге и алгоритам свица) док су у синтези механизма, применом модификованог алгоритма крила, добијени резултати који су знатно бољи од приказаних резултата из литературе.

Резултати и закључци, до којих је кандидат дошао приликом израде ове дисертације, дали су одговоре на постављене хипотезе, односно отварају простор за даље истраживање у примени постојећих алгоритама, односно њиховој хибридизацији при решавању различитих инжењерских оптимизационих проблема..

Сходно свему раније наведеном, може се закључити да ова дисертација представља оригиналан научни рад кандидата и да садржи конкретне упоредиве резултате, који представљају значајан научни допринос како у области оптимизационих проблема примењене механике, тако и у широј области инжењерске оптимизације. Формирани оптимизациони алгоритми, су засновани на теоријским научним основама, имају универзалност примене и веома су јасно и прецизно описани, тако да представљају добру основу за даља истраживања у области инжењерске оптимизације.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат научног рада кандидата у одговарајућој научној области

У овој дисертацији, кандидат је постојеће стандардне биолошки инспирисане алгоритме (алгоритам слепог миша, алгоритам кукавичје претраге, алгоритам свица и алгоритам арктичког крила) модификацијама и хибридизацијом унапредио и побољшао, тако да су они применљиви за широк опсег инжењерских оптимизационих проблема. Кандидат на специфичан и оригиналан начин модификује поменуте оптимизационе алгоритме уграђујући нове алгоритамске блокове, при чему не нарушава природу биолошки инспирисаних оптимизационих алгоритама. На овај начин, кандидат је добио универзалне алгоритме које је могуће применити на различите оптимизационе проблеме.

Свако од нових решења модификованих алгоритама, аутор тестира како на, из литературе познатим референтним оптимизационим моделима, тако и на новим моделима, где успешно доказује примену модификованих и хибридизованих алгоритама.

Комисија, на основу претходно реченог, сматра да докторска дисертација, кандидата мр Горана Миодраговића, дипл. инж. маш., под називом „Развој напредних биолошки инспирисаних алгоритама за решавање оптимизационих проблема примењене механике” представља резултат оригиналног научног рада и да је кандидат обрадио тему студиозно и детаљно, при чему је користио релевантна научна сазнања из области значајних за тему ове дисертације.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у оквиру докторске дисертације

У овом раду предложени су модификовани и хибридизовани биолошко инспирисани алгоритми, којима се постижу решења у пољу глобалних минимума за широк спектар оптимизационих проблема примењене механике. Дате су предности предложених модификованих и хибридних биолошко инспирисаних техника у односу на постојеће у цитираној литератури, што је документовано добијеним резултатима.

Резултати објављених истраживања везаних за циљ рада су:

1. унапређење постојећих биолошко инспирисаних алгоритама у смислу бољег решавања оптимизационих проблема, односно тежња ка остваривању глобалног минимума за велики број примера који постоје у литератури: циклични алгоритам фамилије слепих мишева – Loop BFA, модификовани алгоритам арктичког крила – МКН алгоритам;

2. формирање сложенијих модела од постојећих уз укључивање различитих критеријума: хибридни алгоритам кукавичје претраге – CS и алгоритма свица FA Н-CS-FA алгоритам;

3. потврда математичког модела и добијених параметара извођењем експеримената на референтним и новим моделима из оптимизационих проблема примењене механике.

4. Оцена испуњености обима и квалитета докторске дисертације у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата **мр Горана Миодроговића**, дипл. инж. маш., под називом **„Развој напредних биолошки инспирисаних алгоритама за решавање оптимизационих проблема примењене механике”**, написана је на 142 стране, при чему је цитирана литература наведена у виду 165 библиографских јединица.

Докторска дисертација је приказана у седам поглавља:

1. Увод
2. Биолошки инспирисани оптимизациони алгоритми
3. Модификовани алгоритам слепог миша за ограничену оптимизацију
4. Хибридни алгоритам
5. Модификовани krill herd – (КН) алгоритам
6. Примена анализираних алгоритама на нове моделе
7. Закључак, и
Литература

У уводном поглављу, дате су полазне основе истраживања, као и дефиниција предмета, циља и значаја истраживања. Такође је у овом поглављу су постављени: оквир истраживања, очекивани резултати и допринос истраживању.

У другом поглављу се даје тренутно стање у примени биолошки инспирисаних оптимизационих алгоритама, кроз анализу постојеће литературе из поменуте области. Дат је хронолошки преглед најзаступљенијих метода као и њихове основне карактеристике и област примене.

Треће поглавље приказује на који начин је извршена модификација стандардног ВА алгоритма. Први корак подразумева начин израчунавања фреквенције за сваког слепог миша у оквиру једне фамилије. Други корак представља увођење фамилије слепих мишева, како би се континуално понављала претрага простора могућих решења у циљу добијања оптималног решења. Следећа модификација иде у правцу финог цикличног претраживања простора решења. За сваког слепог миша, у фамилији, финим претраживањем по кораку Левијевог лета тражи се побољшано решење све док се не задовоље постављена ограничења. Таква решења се упоређују за сваку фамилију слепих мишева и на крају се бира најбоље.

Хибридизација два основна алгоритма, CS (кукавичје претраге) и FA (алгоритам свица), обрађена је у четвртом поглављу. Предложени хибридни алгоритам за основу има CS алгоритам у који је инкорпориран део FA алгоритма. Наиме, уместо да се испразне гнезда када се достигне вероватноћа проналажења „лоших“ гнезда, у алгоритам је додат део FA алгоритма у коме се проналази свитац који светли са највећим интензитетом светлости.

У петом поглављу, обрађен је поступак модификације стандардног алгоритма арктичког крила – КН, у циљу добијања оптималних решења у димензионалној синтези четворочланих механизма као генератора путање.

Модификације су се односиле на:

- Иницијално одређивање позиције плена пре почетка итеративног процеса, чиме се добило почетно позиционирање крила и у односу на плен.
- Замену генетског оператора укрштања са случајним комбиновањем добијених колона који су добијени у једној итерацији. Након одређивања нових вектора решења (комбиновањем колона) новонастали редослед крила, коригује се за вредност физичке дифузије, чиме се у истој итерацији финије претражује простор решења у циљу побољшања нађеног оптимума.

Нови оптимизациони модели код оптимизација тела стругарског ножа и оптимизација ексцентра код стезнога алата, на којима су тестирани модификовани оптимизациони алгоритми: циклични алгоритам фамилије слепих мишева - Loop BFA, модификовани алгоритам арктичког крила – МКН алгоритам, као и хибридни алгоритам кукавичје претраге – CS и алгоритма свица FA (H-CS-FA алгоритам) дати су у поглављу шест.

У седмом поглављу формулисани су закључци и систематизовани су сви одговори на полазне хипотезе. Такође, дате су предности примене предложеним модификовани биолошки инспирисаних алгоритама, која се пре свега огледа у брзој конвергенцији решења и проналажењу најбољих резултата (блиских глобалном решењу), односно у универзалности примене ових алгоритама на широк опсег проблема оптимизације у примењеној механици.

На основу свега наведеног, Комисија закључује да су у раду у потпуности остварени очекивани резултати дати у Извештају комисије за оцену подобности теме и кандидата докторске дисертације број 1241 од 07.10.2013. године и да је испоштован оквирни садржај рада у поменутом извештају.

5. Научни резултати докторске дисертације

Хипотеза од које се пошло, при изради овог рада, је да се коришћењем савремених биолошко инспирисаних алгоритама, као и њиховим модификацијама и хибридикацијама, може постићи решење у пољу глобалних минимума за широк спектар оптимизационих проблема примењене механике. Постављена хипотеза је доказана на модификацијима и хибридикацији следећа четири алгоритма: кукавичја претрага (Cuckoo Search – CS), алгоритам свица (Firefly Algorithm – FA), алгоритам слепог миша (Bat Algorithm – BA), оптимизација инспирисана кретањем арктичког крила (Krill Herd Algorithm – KHA).

Приликом увођења модификација у основни оптимизациони алгоритам, у циљу ефикасности рада алгоритма, није се водило рачуна само ка добијању најбољих резултата већ и ка брзини конвергенције, односно времену које протекне док се не генеришу резултати.

Циклични алгоритам фамилија слепих мишева (Loop BFA), тестиран је на 5 референтних инжењерских примера из области примењене механике: суд под притиском, заварени носач, редуктор, конусна опруга и ламела кочница са више дискова. У сваком примеру коришћено је 50 фамилија где у свакој фамилији има по 30 јединки. Број итерација је 1000, односно 1500 у неким примерима, по једној фамилији. Добијена вредност функције циља је нижа, у поређењу са вредностима из 21 цитиране референце, исте вредности су добијене као у 15 цитираних референци, а већа вредност је у односу на 4 цитиране референце. Када је у питању стандардна девијација, вредност је нижа у поређењу са 16 наведених извора, мања у поређењу са 9 цитираних резултата.

Хибридни алгоритам, H-CS-FA, предложен у овом раду, за основу има алгоритам кукавичје претраге – CS алгоритам, у који је инкорпориран део алгоритма свица - FA. Исправност учињене хибридизације проверена је на примерима примењене механике: модел опруге, модел конусног квачила, модел I профила, модел мењача и модел носача са три променљиве. Овај алгоритам дао је боље, или бар приближне резултате, за наведене примере из цитиране литературе. При томе су сва постављена ограничења задовољена. Хибридизацијом ова два поменута алгоритма, добијене су најбоље карактеристике од оба. Брзи улазак у област оптимума (FA) и боље претраживање тог простора (CS), који је резултирао најбољим решењима.

Исправност и ефикасност предложеног модификованог алгоритма арктичког крила – МКН алгоритма је проверена на четири референтна примера из синтезе зглобног четвороугаоног механизма. Резултати добијени овим алгоритмом значајно су бољи у поређењу са резултатима добијеним у цитираној литератури. Грешка, која представља квадрат одступања између задатих тачака и стварних тачака на путањи, у сва четири примера је мања у поређењу са резултатима из цитиране литературе. Имајући у виду да се у поступку синтезе мора водити рачуна да механизам који се добије буде изводљив, односно да не дође до диспропорције дужина чланова механизма, поступком синтезе у овом поглављу добијени су веома квалитетни механизми. МКН поред веома добрих резултата показује и изузетну ефикасност у примени која се огледа у веома брзој конвергенцији приказаној у развоју грешке дуж итеративног процеса. Такође се може уочити да је вредност стандардне девијације за сва четири примера веома мала, што указује да се МКН алгоритмом избегава улазак у простор локалног минимума.

Примењени модификовани алгоритми, односно хибридизован алгоритам, показали су се ефикасним у решавању оптимизационих проблема примењене механике. Наиме, из приложених резултата може се видети да су добијене вредности функције циља боље од резултата из цитиране литературе, да је конвергенција добра и да је избегнута замка уласка у простор локалног минимума. Универзалност примене је показана при оптимизацији различитих референтних примера из литературе као и код новоуведених модела.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

С обзиром да се применом предложених алгоритама добијају веома добра решења, а да се при томе избегава опасност уласка у локални минимум, ови модели могу послужити пројектантима као добар алат при решавању широког спектра оптимизационих проблема како из области примењене механике, тако и из других инжењерских области. Такође, предложени алгоритми се могу искористити као полазна основа за даља унапређења и прилагођавања при решавању специфичних инжењерских проблема. Пошто су алгоритми, дати у овом раду, представљени у псеудокоду, веома се лако могу реализовати у неком од инжењерских софтвера попут MATLAB-а или WOLFRAM MATHEMATICA.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Кандидат је током израде докторске дисертације објавио четири рада која се директно односе на њену тему, и то:

Рад у врхунском међународном часопису - [M21]:

R. R. Bulatović, **G. R. Miodragović**, M. S. Bošković, Modified Krill Herd (MKH) algorithm and its application in dimensional synthesis of a four-bar linkage, Mechanism and Machine Theory 95 (2016) 1–21, DOI:10.1016 /j.mechmachtheory.2015.08.004

Рад у међународном часопису - [M23]:

G. R. Miodragović, R. R. Bulatović, Loop bat family algorithm (Loop BFA) for constrained optimization, Journal of Mechanical Science and Technology 29 (8) (2015), 3329–3341.

Референце националног нивоа – публикације у домаћим часописима [M53]:

Miodragović G., Bošković, M.: „The Application of Firefly Algorithm for Solving Problems of Applied Mechancs“, ИМК – 14 Research & Development, 19(2013)2, EN57-62. UDK 621 ISSN 0354-6829

Саопштење са међународног скупа штампано у целини [M33]:

Miodragović G., Bulatović R., Ivanović S., Bošković M.: „The Use of Biologicallyinpired Algorithms for the Optimization of Machining Parameters“ VIII International Conference „Heavy Machinery-НМ 2014“, June 2014, Zlatibor, Serbia. ISBN: 978-86-82631-74-3.

8. Закључак и предлог комисије

На основу извршене анализе докторске дисертације Комисија је утврдила да је у потпуности реализована сагласно плану истраживања и постављеним хипотезама.

Општи утисак је да је тема којом се кандидат бавио у овој дисертацији обрађена веома компетентно са јасно изложеним проблемима, специфичностима метода које се примењују и убедљивим поређењем резултата са другим ауторима. Потребно је истаћи и стил писања који омогућава да се текст чита са лакоћом иако је у питању истраживачки рад.

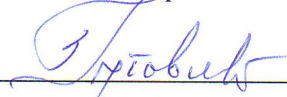
На основу свега што је наведено, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Горана Миодраговића, дипл. инж. маш., позитивно оцењује** урађену дисертацију под називом

„Развој напредних биолошки инспирисаних алгоритама за решавање оптимизационих проблема примењене механике”,

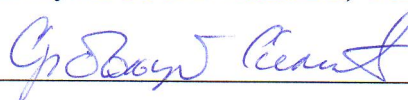
и предлаже Наставно-научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву да се Извештај усвоји и одобри јавна одбрана докторске дисертације

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1. **др Звонимир Југовић, ред. проф.**
Факултет техничких наука у Чачку
Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Конструкционо
машинство, председник



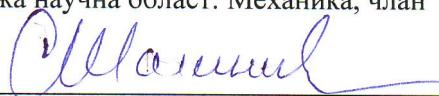
2. **др Србољуб Симић, ред. проф.**
Факултет техничких наука
Универзитета у Новом Саду
Ужа научна област: Механика, члан



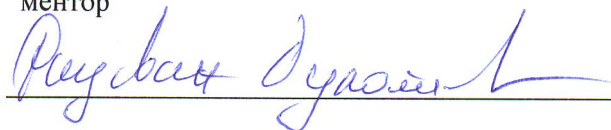
3. **др Миле Савковић, ред. проф.**
Факултет за машинство и грађевинарство у
Краљеву Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Механизација и носеће
конструкције, члан



4. **др Славиша Шалинић, ванр. проф.**
Факултет за машинство и грађевинарство у
Краљеву Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Механика, члан



5. **др Радован Булатовић, ванр. проф.**
Факултет за машинство и грађевинарство у
Краљеву Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Механика и механизми,
ментор



У Краљеву,
09. 12. 2015. године