

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Подобност теме и кандидата мр Лазара Копане за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/75 од 26.02.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **мр Лазара Копане** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Магнетна својства синтетисаних наночестица различитих морфологија квантификованих применом дескриптора облика“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. Подаци о кандидату

#### 1.1. Биографски подаци

Кандидат **мр Лазар Копане** је рођен 9.10.1978. године у Бачкој Паланци. Гимназију „20. октобар“ у Бачкој Паланци је завршио 1997. године. Исте године је уписао Природно-математички факултет у Новом Саду, Департман за математику и информатику, смер дипломирани информатичар. Дипломирао је 2003. године са просечном оценом 8,86 и оценом 10 на дипломском раду. Магистарске студије, које је уписао на Универзитету у Новом Саду на Департману за математику и информатику завршио је 6.7.2010. године одбраном магистарске тезе под називом „Визуелизација одређеног интеграла у настави математике“. Магистарске студије кандидат је завршио са просечном оценом 9,86.

Мр Лазар Копане је од 2003. године запослен у Гимназији „Исидора Секулић“ у Новом Саду. Током рада у школи истакао се у припреми ученика за републичка и савезна такмичења у програмирању (са награђеним резултатима). Активни је члан Удружења професора информатике Србије у оквиру ког је организовао такмичења под називом „Сајт за безбедан интернет“ које је од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја проглашено за програм од националног значаја. Такође, активно учествује у пројектима везаним за заштиту деце на интернету у сарадњи са Јединицом за превенцију насиља Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Од 2010. године ради и као програмер у web-development фирми „Great Shade Factory“ из Новог Сада. Поред тога, успешно је радио и на бројним freelance php пројектима, захваљујући чему има широко знање из области информacionих технологија, поготово познавања софтверског пакета MATLAB који ће се користити у изради ове дисертације.

О научном раду кандидата сведоче 4 објављена научна рада од чега су 2 у врхунским међународним часописима (M21) и 2 у међународним часописима (M23) који су уско повезани са предметом истраживања ове докторске дисертације.

Због свега наведеног кандидат је подобан за израду, односно писање и одбрану пријављене докторске дисертације.

## 1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Магистарски рад: Визуелизација одређеног интеграла у настави математике

Област истраживања: Методика наставе математике

Ментор: Проф. др Драгослав Херцег

Датум одбране: 6.7.2010.

Природно математички факултет, Универзитет у Новом Саду

Објављени научни радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. J. Žunić, **L. Kopanja**, J. E. Fieldsend: Notes on shape orientation where the standard method does not work, *Pattern Recognition*, Vol. 39, No. 5 (2006), pp. 856-865. (ISSN 0031-3203, IF(2005)=2.153)
2. J. Žunić, **L. Kopanja**: On the Orientability of Shapes, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 15, No. 11 (2006), pp. 3478-3487. (ISSN 1057-7149; IF(2005)=2.428)

Објављени научни радови у међународним часописима (M23):

1. J. Žunić, **L. Kopanja**: On shape orientation when the standard method does not work, *Lecture Notes in Computer Science—CIARP*, Vol. 3773 (2005), pp. 825-836. (ISSN 0302-9743; IF(2004)=0.513)
2. J. Žunić, P. L. Rosin, **L. Kopanja**: Shape Orientability, *Lecture Notes In Computer Science*, Vol. 3852, (2006), pp. 11-20. (ISSN 0302-9743; IF(2005)=0.402)

## 1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат мр Лазар Копања је завршио магистарске студије методике наставе математике на Природно-математичком факултету у Новом Саду са просечном оценом 9,86.

Кандидат има широко знање из области информационих технологија, од чега је за израду дисертације од посебног значаја познавање софтверског пакета MATLAB. Током и након магистарских студија, кандидат се посветио изучавању рачунарске анализе и обраде слике, као и примени различитих дескриптора у квантификовању облика.

У сарадњи са другим ауторима објавио је 4 научна рада, од чега су 2 у врхунским међународним часописима (M21) и 2 у међународним часописима (M23). Радови и научни ангажман кандидата су уско повезани са предметом истраживања ове докторске дисертације.

Због свега наведеног кандидат је подобан за израду, односно писање и одбрану пријављене докторске дисертације.

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Развој науке и технологије, а посебно могућности савремених метода, довели су до сазнања да се у наночестичним системима могу генерисати специфичне физичке особине значајно другачије од својстава балк материјала са великим могућностима практичне примене у различитим областима. Показано је, да се варирањем величина и облика наночестица код наночестичних материјала у широком распону могу подешавати физичке карактеристике (Liu, Lu, et al. "Surfactant-assisted synthesis of  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanotubes and nanorods with shape-dependent magnetic properties." *The Journal of Physical Chemistry B* 110.31 (2006): 15218-15223.; Tadić, Marin, et al. "Synthesis, morphology, microstructure and magnetic properties of hematite submicron particles." *Journal of Alloys and Compounds* 509.28 (2011): 7639-7644.).

Наночестични системи поседују широк спектар најразноврснијих својстава, од којих су веома интересантна магнетна, која показују значајно побољшане особине у односу на магнетна својства балк материјала: већа коерцитативност, суперпарамагнетизам, нове магнетне структуре, итд.

Наночестични фери-оксидни системи поседују низ интересантних својстава која их чине погодним за примене у техници, медицини, технологији, итд. Магнетна карактеризација наночестичних система представља значајно испитивање за многе апликације и омогућава одређивање низа параметара, као што су коерцитативна сила, сатурациона магнетизација, магнетни момент честице, итд. Уређаји који се у ову сврху најчешће користе су VSM и SQUID магнетометри (Van, Thanh-Khue, et al. "Nanocrystals of hematite with unconventional shape-truncated hexagonal bipyramid and its optical and magnetic properties." *Crystal growth & design* 12.2 (2012): 862-868.).

Предмет истраживања у оквиру предложене докторске дисертације је утицај облика наночестица на њихове магнетне карактеристике. Важно је имати метод како би се јасно описали облици наночестица што до сада није урађено, а дескриптори облика су моћно средство за њихову анализу (Sonka, Milan, Vaclav Hlavac, and Roger Boyle. *Image processing, analysis, and machine vision*. Cengage Learning, 2014.).

Уопштено говорећи, постоје два приступа у анализи облика: они који се заснивају на ивици (граници) облика (користе само тачке са ивице облика) и они који се заснивају на површини облика (користе све тачке облика). Методи засновани на површини су робуснији (нпр. у погледу шума или у вези са уским продорима у облик). Они су веома погодни када се ради са сликама ниског квалитета или сликама мале резолуције. Додатни разлог за њихову честу употребу је и то што их је обично једноставније израчунати од метода заснованих на ивици облика. На пример, за рачунање површине облика довољно је пребројати тачке које припадају облику (Huxley, Martin N. "Exponential sums and lattice points III." *Proceedings of the London Mathematical Society* 87.03 (2003): 591-609.), док рачунање обима није једноставан задатак. Који метод ће се користити зависи од услова и конкретне ситуације (Coeurjolly, David, and Reihnard Klette. "A comparative evaluation of length estimators of digital curves." *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 26.2 (2004): 252-258.; Sladoje, Natasa, and Joakim Lindblad. "High-precision boundary length estimation by utilizing gray-level information." *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on* 31.2 (2009): 357-363.).

Израчунавање оријентације облика је веома интересантан задатак у подручју компјутерске анализе и обраде слике, будући да се користи, на пример, за дефинисање локалних координатних система, као и за препознавање и регистровање, манипулацију роботима, итд. Такође, израчунавање оријентације облика је важно и са становишта људског доживљаја слике. На пример, на сликама ћемо брже уочити облике који су исто оријентисани (Palmer, Stephen E. *Vision science: Photons to phenomenology*. Vol. 1. Cambridge, MA: MIT press, 1999.). Други пример је визуелна разлика између квадрата и ромба која се може објаснити њиховим вишеструким координатним системима, тј. различитим оријентацијама (Mach, Ernst. *The analysis of sensations*. Vol. 12. Routledge/Thoemmes Press, 1996.).

Постоје ситуације где је оријентација лако и природно одређена. С друге стране, круг може да се схвати као облик без оријентације. Већина ситуација је негде између. За веома нерегуларне облике тешко је рећи шта би могла да буде њихова оријентација. Осим тога, чак за правилне многоуглове може бити спорно да ли су они оријентабилни или не. Да ли је квадрат оријентабилан облик или не? Слична питања могу се поставити за правилан  $n$ -тоугао, али такође и за облике који имају неколико оса симетрије.

Стандардни метод, базиран на рачунању најмањег момента другог реда, за израчунавање оријентације облика не даје одговор шта би могла бити оријентација у тим примерима. Проблем постаје још сложенији узимајући у обзир да су у подручју компјутерске

анализе и обраде слике реални облици замењени њиховим дигитализацијама. Када се ради са дигиталним облицима настају неки специфични проблеми. Поменућемо само два од њих:

- услед примене дигитализације могуће је да неки неоријентабилни облици имају дигитализацију чија се оријентација може лако израчунати;
- с друге стране, могуће је, такође, да неки оријентабилни облици имају дигитализацију које нису оријентабилне.

Значај ефеката дигитализације на промене у рачунању оријентације облика биће илустрован на примеру дигитализованог круга и дигитализованог квадрата. Реални кругови и квадрати нису оријентабилни облици (ако је примењен стандардни метод). После дигитализације се може десити да добијени дискретни скупови тачака имају оријентацију која се може израчунати на стандардан начин. Рачунање оријентације јако зависи од:

- а) позиције облика у односу на мрежу дигитализације
- б) примењене резолуције

У циљу избегавања претходно поменутих проблема није довољно одредити да ли се оријентација може израчунати или не. Корисно је видети колико је стабилно решење. У ту сврху оријентабилност облика се дефинише као дескриптор облика базиран на рачунању површине (Zunic, Jovisa, Paul L. Rosin, and Lazar Kopanja. "On the orientability of shapes." *Image Processing, IEEE Transactions on* 15.11 (2006): 3478-3487.). Главна сврха овог приступа је давање одговора на питање да ли је процена оријентације само последица дигитализације или ефеката шума или да ли је то стварна особина разматраног облика? Оријентабилност може, такође, да се користи као дескриптор облика приликом класификације облика.

Користићемо меру оријентабилности, која је број из интервала  $[0,1]$ . На основу дефинисане мере оријентабилности круг има најмању измерену оријентабилност која је једнака 0. Такође, не постоји облик са мером оријентабилности једнаком 1, али могу се лако конструисати облици чија мера оријентабилности тежи ка 1. На пример, правоугаоник са страницама  $l$  и  $a$  има оријентабилност која тежи ка 1, ако  $a$  тежи ка  $\infty$  (Zunic, Jovisa, Paul L. Rosin, and Lazar Kopanja. "On the orientability of shapes." *Image Processing, IEEE Transactions on* 15.11 (2006): 3478-3487.).

Коришћење мера оријентабилности, издужености и елиптичности заснованих на рачунању површине обезбеђује стабилност решења јер поменуте мере не зависе много од квалитета слике, а то је веома важна особина кад је у питању примена на реалне облике (слике наночестица добијене помоћу трансмисионе електронске микроскопије) и њихову класификацију (Žunić, Joviša, Kaoru Hirota, and Paul L. Rosin. "A Hu moment invariant as a shape circularity measure." *Pattern Recognition* 43.1 (2010): 47-57.).

На основу прегледа литературе, јасно је да магнетна својства наночестица веома зависе од њиховог облика и да је анализа њихових облика веома важна, што ће и бити предмет даљих истраживања у оквиру ове докторске дисертације. Такође, до сада у литератури није рађена детаљна анализа и квантификација облика магнетних наночестица.

Циљ дисертације је да се изврши класификација магнетних карактеристика феро-оксидних наночестичних материјала према облицима наночестица који су квантификовани дескрипторима облика.

Карактеризација и анализа ће бити извршена за синтетисане наночестичне материјале који ће имати различите облике. Из добијених микроскопских мерења велике резолуције биће извршено израчунавање оријентабилности, елиптичности и издужености облика синтетисаних честица. Неопходно је комбиновати неколико мера, јер у већини случајева један дескриптор и једна мера нису довољни. За сваки узорак биће урађена и дистрибуција честица према облику и величини наночестица да би се добила што реалнија слика

испитиваних узорака. Такође, биће урађен прорачун просечне величине и облика честица, сатурационе магнетизације, коерцитативне силе, магнетног момента наночестица, итд.

Показаћемо како се мењају магнетни параметри у зависности од облика честица, тј. од мера оријентабилности, елиптичности и издужености облика. На крају ће бити извршена анализа и интерпретација добијених резултата и направљена јасна класификација и зависност магнетних својстава у односу на облике честица. Очекује се да ће резултати допринети бољем разумевању утицаја облика честица на магнетне карактеристике и новим теоријским моделима који ће описати ову зависност, као и неким новим применама наночестичних материјала.

### **3. Полазне хипотезе**

Магнетна својства наночестица у великој мери зависе од њиховог облика те анализа облика ових честица представља важан задатак. У литератури је показано да магнетна анизотропија наночестичног материјала одређује његове магнетне особине. Једна од веома битних анизотропија наночестица је анизотропија облика, која је директно повезана са обликом наночестица. Познато је да код истих материјала чије честице имају различите облике вредности магнетних параметара се могу разликовати и до десет пута. Ови резултати показују да облик наночестица има велики утицај на магнетне особине испитиваних наноматеријала. Облици наночестица су до сада у литератури доста произвољно описивани и анализирани без икакве квантификације и могућности јасног поређења облика испитиваних наночестица са литературним подацима. Стога сматрамо да је увођење дескриптора облика и квантификације облика наночестичних материјала веома битна у анализи магнетних особина, прављењу нових теорија и практичних примена. У овом раду испитиваће се и анализирати синтетисани наночестични материјали оксида гвожђа који ће имати различите облике. Реална слика, односно величина и облици наночестица у узорцима ће бити испитани помоћу трансмисионе електронске микроскопије високе резолуције. Магнетна карактеризација синтетисаних узорака биће урађена VSM и SQUID магнетометрима. Из добијених резултата очекује се да се утврди јасна зависност и класификација магнетних својстава у односу на облике честица који ће бити по први пут квантитативно описани мерама оријентабилности, елиптичности и издужености.

### **3. Научне методе истраживања**

Испитивања ће бити извршена употребом следећих метода:

- ТЕМ (трансмисиони електронска микроскопија)
- Коришћење MATLAB-а за нумеричка израчунавања и анализу слике
- Дифракција X-зрака
- Магнетна мерења (SQUID и VSM магнетометар)

### **5. Очекивани научни допринос**

- Увођење дескриптора облика и квантификације облика у описивању магнетних својстава наночестица.
- Методе израчунавање оријентабилности, елиптичности и издужености облика, као нових начина у анализи наночестица.
- Представљање зависности магнетних карактеристика и параметара од мера оријентабилности, елиптичности и издужености облика наночестица, тј. од облика честица који су квантификовани.

- Анализом и интерпретацијом добијених резултата, направиће се јасна класификација магнетних својстава материјала у односу на облике честица.
- Резултати ће допринети јаснијем представљању и бољем разумевању утицаја облика честица на магнетне карактеристике и прављењу нових теоријских модела, као и неким новим применама где су погодни магнетни материјали са анизотропијом облика.

## 6. План истраживања и структура рада

Редослед и структура предвиђених фаза и активности у истраживању:

- Синтеза фери-оксидних магнетних наночестица различитих облика хидротермалном синтезом, сол-гел и combustion методом
- Одређивање величина, облика, дистрибуције и униформности синтетисаних наночестица ТЕМ методом.
- Израчунавање мере оријентабилности, елиптичности и издужености облика, као и прављење дистрибуција по овим мерама облика.
- Снимање дифракционих спектра X-зрака.
- Снимање магнетних особина добијених материјала SQUID и VSM магнетометром.
- Израчунавање значајних магнетних параметара из добијених резултата и њихова класификација у односу на мере оријентабилности, елиптичности и издужености.
- Интерпретација и анализа добијених резултата и одговарајући закључци.

Преглед области рада:

1. СИНТЕЗА МАТЕРИЈАЛА
  - 1.1 Хидротермална синтеза
  - 1.2 Сол-гел метод
  - 1.3 „Combustion“ метод
2. ТРАНСМИСИОНА ЕЛЕКТРОНСКА МИКРОСКОПИЈА
3. ОСНОВЕ АНАЛИЗЕ И ОБРАДЕ СЛИКЕ
  - 3.1 Дескриптори облика
  - 3.2 Оријентација облика
  - 3.3 Издуженост облика
  - 3.4 Циркуларност облика
  - 3.5 Елиптичност облика
4. ОСНОВЕ ТЕОРИЈЕ МАГНЕТИЗМА
  - а. Антиферромагнетизам
  - б. Феромагнетизам
  - с. Суперпарамагнетизам
  - д. Анизотропија облика
5. ИСПИТИВАЊЕ МАГНЕТНИХ КАРАКТЕРИСТИКА SQUID и VSM магнетометром
6. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА
  - 6.1 Израчунавање значајних магнетних параметара
  - 6.2 Примена дескриптора облика на синтетисане наночестице
  - 6.3 Класификација магнетних параметара у односу на мере облика
  - 6.4 Интерпретација резултата и закључци

## 7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат **мр Лазар Копања** испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, на основу изложеног, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под насловом „**Магнетна својства синтетисаних наночестица различитих морфологија квантификованих применом дескриптора облика**“, научно заснована, и предлаже Наставно-научном већу Технолошкометалуршког факултета да је прихвати и да извештај проследи Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области **Хемија и хемијска технологија**, ужој области **Инжењерство материјала** за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За менторе предлажемо др Бориса Лончара, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Марину Тадића вишег научног сарадника Института за нуклеарне науке „Винча“, Универзитета у Београду.

Београд, 12. 01. 2015.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
Проф. др Борис Лончар, редовни професор,  
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....  
Др Марин Тадић, виши научни сарадник,  
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“

.....  
Проф. др Радмила Јанчић Хајнеман, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....  
Проф. др Милан Тадић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Електротехнички факултет