

## ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

| I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Датум и орган који је именовao комисију<br/>Решењем бр. 012-199/45-2018 од 01. 11. 2018. године, на основу Одлуке Научно-наставног већа Факултета техничких наука, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука проф. др Раде Дорословачки, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</li> <li>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>др Ратко Маретић</b>, председник комисије, редовни професор, ужа област Механика деформабилног тела, изабран у звање 17. 09. 2009, Факултет техничких наука, Нови Сад.</li> <li>2. <b>др Марко Иветић</b>, редовни професор, ужа област Механика флуида, Хидраулика, изабран у звање 22.04.2003., Грађевински факултет, Београд.</li> <li>3. <b>др Валентин Главарданов</b>, редовни професор, ужа област Механика деформабилног тела, изабран у звање 19.06. 2008., Факултет техничких наука, Нови Сад.</li> <li>4. <b>др Бранислава Новаковић</b>, редовни професор, ужа област Механика деформабилног тела, изабрана у звање 15. 03. 2018., Факултет техничких наука, Нови Сад..</li> <li>5. <b>др Љубомир Будински</b>, ванредни професор, ужа област Хидротехника, изабран у звање 13. 04. 2018., Факултет техничких наука, Нови Сад.</li> </ol> </li> </ol> |
| II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме:<br/><b>Сања, Јанко, Ожват</b></li> <li>2. Датум рођења, општина, држава:<br/><b>13.12.1987., Нови Сад, Србија</b></li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив<br/><b>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду,<br/>Грађевинарство,<br/>Мастер инжењер грађевинарства</b></li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија<br/><b>2012. година, Машинство</b></li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:<br/>/</li> <li>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:<br/>/</li> </ol>  |
| III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:  |
| <p>Математичко моделирање линијског струјања воде и транспорта наноса применом латис Болцман методе за природне водотоке</p> <p>(енгл. One-dimensional mathematical modeling of flow and sediment transport in open channels using the lattice Boltzmann method)</p>   |

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација садржи 97 страна, 7 поглавља, 42 слику, 2 табеле, и 78 извода из литературе. Дисертација је писана на енглеском језику, али садржи проширени резиме на српском језику.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Introduction
2. Literature overview
3. The lattice Boltzmann method
4. Mathematical formulation of the LBM model
5. Programming code
6. Model testing and validation
7. Conclusion

У поглављу 1 дат је преглед доприноса дисертације. Описана је проблематика којом се дисертација бави и мотивација за сваки од анализираних проблема.

У поглављу 2 урађен је преглед постојећих модела из области неустаљеног течења у отвореним каналима и транспорта наноса. Такође, урађен је резиме развоја латис Болцман методе и постојећих модела која се базирају на методи.

У поглављу 3 приказане су теоријске основе латис Болцман методе и опис појединих постојећих модела из области речне хидраулике.

У поглављу 4 развијен је нови латис Болцман модел неустаљеног течења са транспортном наноса у природним водотоцима. Неустаљено течење у отвореним водотоцима описано је обликом Сен-Венанових једначина који елиминише члан нагиба дна, а за транспорт наноса изабран је принцип активног слоја, који нанос дели на три области: суспендован, нанос при дну и нанос на дну. Једначине које описују ове физичке процесе трансформисане у еквидистантну мрежу, како би се прилагодиле латис Болцман методи. Изведени су нови облици равнотежних дистрибутивних функција на основу трансформисаних једначина. Такође, изведени су гранични услови за раздвајање и спајање водотокова.

У поглављу 5 приказан је преглед компјутерског кода коришћеног у моделу.

У поглављу 6 су дати нумерички резултати. Нови модел за симулацију је поређен са аналитичким решењем, одговарајућим НЕС-RAS моделом или теренским мерењима, зависно од случаја. Прво је тестиран модел неустаљеног течења на три примера. На трећем, свеобухватном примеру моделирана је деоница Дунава са притокама и рачвањима. Поређени резултати се одлично поклапају. Након тога је тестиран аналитички пример адвекције и дифузије. Резултати латис Болцман модела су поређени са аналитичким решењем и поклапања су одлична. На крају моделирана друга деоница Дунава, на којој је тестиран модел неустаљеног течења са транспортом наноса. Добијена су задовољавајућа поскалања.

У поглављу 6 извучени су закључци истраживања и наведени су доприноси у погледу нумеричких модела и развоја латис Болцман методе.

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У првом поглављу кандидаткиња је навела предмет истраживања и кратак опис најзначајнијих доприноса, које је поделила у два аспекта: нови правац у формирању нумеричких модела неустаљеног течења и транспорта наноса у природним водотоцима и унапређење латис Болцман методе са аспекта примене на нееквидистантну рачунску мрежу.

*Комисија сматра да су циљеви истраживања недвосмислено оправдани уводним разматрањем. Контекст истраживања је јасно и концизно постављен.*

У другом поглављу урађен је преглед релевантне литературе из области истраживања. Проблеми који су разматрани у дисертацији су инспирисани потребама за развој временски дугачких и просторно великих модела из области речне хидраулике. Латис Болцман метода пружа могућност паралелног програмирања, а тиме отвара врата развоју робусних модела.

*Комисија сматра да су потребе за истраживањем јасно мотивисане.*

У трећем поглављу приказане су теоријске основе латис Болцман методе. Приказан је настаanak методе и правци у којима се метода развијала. Посебна пажња посвећена је примени методе у области речне хидраулике.

*Комисија сматра да је овај део неопходан због комплетности тезе. Јасно су дефинисани постојећи модели који ће се користити за поређење у даљем тексту.*

У оквиру четвртог поглавља развијен је математики модел и ово поглавље приказује највећи допринос истраживања. Прво су дефинисане једначине које ће бити моделиране. За неустаљено течење у отвореним водотоцима изабран је облик Сен-Венанових једначина, у ком као променљиве фигуришу ниво слободне површине и протицај, који елиминише члан нагиба дна (који је за природне водотоке незахвално формулисати), а за транспорт наноса изабран је принцип активног слоја, који нанос дели на три области: суспендован, нанос при дну и нанос на дну. нанос представља као мешавину зрна одређених фракција. Затим уводи геометријске трансформације, које прилагођавају нееквидистантну рачунску мрежу, наметнуту природном геометријом, латис Болцман методе, која захтева еквидистантну мрежу. Кандидаткиња је формирала нове облике равнотежних дистрибутивних функција базиране на трансформисаним једначинама. Доказала је се применом Чапман-Енског експанзије (енгл. Chapman-Enskog) из латис Болцманових једначина изводе коришћене једначине течења и транспорта наноса. На крају поглавља изведени су гранични услови наметнути природном геометријом и неустаљеним режимом течења.

*Комисија сматра да је математички модел добро постављен и јасно дефинисан. Изабрани приступи су у складу са очекиваним резултатима.*

У поглављу 5 приказан је преглед компјутерског кода коришћеног у моделу. Дат је алгоритам решавања развијеног математичког проблема и дато је објашњење сваког корака. Природна геометрија представља изазов када је моделирање у питању, па је кандидаткиња навела начине на који су неки од проблема решени.

*Комисија сматра да је овај део такође неопходан због комплетности тезе. Јасно су дефинисани поступци који су коришћени при решавању математичког модела.*

Шесто поглавље садржи нумеричке резултате. Прво је тестиран модел неустаљеног течења на три примера. Први пример је устаљено течење у призматичном каналу. Модел је тестиран за еквидистантну и нееквидистантну мрежу. Резултати су упоређени са одговарајућим моделом у софтверском пакету NEC-RAS и добијена су одлучна поклапања. Следећи модел је неустаљено течење у непрizmатичном каналу, где је моделиран поплазни талас. Поређења са резултатима софтверског пакета NEC-RAS су задовољавајућа. На крају је моделирана деоница реке Дунав дужине 145.88 км са четири притоке и два рачвања. Урађена је симулација у трајању од 31 дан. Резултати модела су упоређени са теренским мерењима водостаја и протицаја за август 2006. године. Добијена су добра поклапања. У другом делу тестиран је модел транспорта наноса. Прво је тестирана адвекција и дифузија на аналитичком примеру. Резултати су упоређени са аналитичким решењем и добијена су одлична поклапања. Након тога је моделирана секција Дунава дужине 176.29 км. Тестирано је неустаљено течење са транспортом суспендованог наноса. Резултати су упоређени са теренским мерењима и, у недостатку мерења наноса, емпиријски добијеним резултатима. Добијени резултати су задовољавајући.

*Комисија сматра да нумеричке симулације јасно показују компетентност новонасталог латис Болцман модела са постојећим софтверима. Комисија такође сматра да анализирани примери јасно показују новоразвијене карактеристике латис Болцман модела, да трансформисан облик једначина течења и наноса омогућава примену латис Болцман методе на нееквидистантне рачунске мреже.*

У седмом поглављу донесени су закључци истраживања. Наведени су доприноси формираног модела у области моделирања речне хидраулике, као и доприноси латис Болцман методе. Наведен је и планирани правац даљег истраживања.

Комисија сматра да су закључци донесени у складу са изложеном дискусијом и да су поткрепљени изнесеним експерименталним резултатима.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. S. Ožvat, Lj. Budinski (2018) “Non-uniform grid based LBM for the Saint-Venant equations” [Journal of Hydrology, Volume 563](#), August 2018, Pages 435-445 [M21a]

#### **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Основни резултат истраживања и допринос ове дисертације јесте развој новог нумеричког поступка за моделирање неустаљеног течења са транспортом наноса за природне водотоке применом латис Болцман методе.

Једнодимензионално неустаљено течење у отвореним токовима описано је обликом Сен-Венанових једначина који елиминира члан нагиба дна. Транспорт наноса описан је применом методе активног слоја, док је мешавина наноса приказана преко одређеног броја фракција. Све једначине су трансформисане из природне нееквидистантне мреже у еквидистантну рачунску мрежу и на основу новонасталих једначина, изведени су нови облици равнотежних дистрибутивних функција, као суштина латис Болцман методе. Изведени су нови унутрашњи гранични услови, који одговарају притокама и гранању мреже природних водотокова. У шестом поглављу, неустаљено течење је тестирано у три корака: устаљено тече у призматичном каналу, неустаљено течење у непризматичном каналу и неустаљено течење у природном водотоку на примеру деонице реке Дунав, која садржи четири притоке и две рачве. Валидација модела транспорта наноса извршена је прво на примеру адвекције – дифузије у призматичном каналу, а затим је моделирана деоница реке Дунав, на којој је тестирано неустаљено течење са транспортом суспендованог наноса. Нумерички модели су показали да изведен нумерички модел даје одличне резултате када је моделирање неустаљеног течења са транспортом наноса у природним водоточима у питању.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Комисија је прегледом докторске дисертације утврдила да је кандидаткиња систематично, јасно и прегледно приказао резултате истраживања. Презентација је прегледна и концизна, са одговарајућим илустрацијама и примерима неопходним за лакше разумевање материје која је изложена. Комисија је мишљења да су резултати истраживања тумачени коректно, са јасном аргументацијом која је заснована на резултатима истраживања. Приказана решења имају јасне теоријске и практичне доприносе који су потврђени и одговарајућим симулацијама.

Дисертација је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма **iThenticate**. Извештај о подударности је показао да је дисертација оригинално ауторско дело кандидата.

У складу са наведеним, Комисија **ПОЗИТИВНО** оцењује начин на који су резултати приказани и тумачени.

## IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

ДА, дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме. Резултати дају јасне и потпуне одговоре на проблеме који су били мотивација и предмет проучавања.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

ДА, дисертација садржи све битне елементе докторске дисертације, захтеване Статутом Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду, као и Законом о високом образовању.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Научни доприноси дисертације су:

1. Теоријски допринос докторске дисертације јесте увођење новог нумеричког модела који симулира неустаљено течење са транспортом наноса у природним водотоцима применом латис Болцман методе.
2. Допринос развоју латис Болцман методе је формулација модела на основу геометријски трансформисаних једначина, што омогућава примену методе на нееквидистантне рачунске мреже, без нарушавања основног принципа саме методе, који се огледа у захтеваној симетрији чворних брзина.
3. Чланови који нису обухваћени равнотежном дистрибутивном функцијом решени су имплементацијом методе коначних разлика у латис Болцман методу.
4. Изведени су нови унутрашњи гранични услови, прилагођени латис Болцман методи, који одговарају притокама и гранању мреже природних водотокова.
5. Развијен је латис Болцман модел транспорта наноса који се заснива на принципима активног слоја и мешавине фракција.
6. Експериментално је показано да нови кодови постижу значајно одличне перформансе и компетентни су у односу на постојеће моделе.
7. Отворена је могућност формирања временски дугачких и просторно великих модела из области речне хидраулике, заснована на могућности паралелног програмирања,

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Комисија сматра да дисертација нема недостатака који би утицали на резултате истраживања. Резултати су комплетни, а циљ истраживања је у потпуности испуњен.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

да се докторска дисертација кандидата **Сање Ожват** под насловом „**Математичко моделирање линијског струјања воде и транспорта наноса применом латис Болцман методе за природне водотоке**” (енг. ” **One-dimensional mathematical modeling of flow and sediment transport in open channels using the lattice Boltzmann method** ”) прихвати, а кандидату одобри одбрана докторске дисертације

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

др Ратко Маретић, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник комисије.

---

др Марко Иветић, редовни професор,  
Грађевински факултет, Београд, члан комисије.

---

др Валентин Главарданов, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан комисије.

---

др Бранислава Новаковић, редовни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор.

---

др Љубомир Будински, ванредни професор,  
Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор.

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.