

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију Комисију је именовало Наставно-научно веће Природно-математичког факултета на својој седници одржаној 19.04.2018.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком 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:</p> <p>1. др Драган Машуловић, редовни професор, Дискретна математика, 01.12.2009, ПМФ Нови Сад, председник 2. др Милош Стојаковић, редовни професор, Теоријске основе информатике, 01.04.2016, ПМФ Нови Сад, члан 3. др Дејан Вукобратовић, ванредни професор, Телекомуникације и обрада сигнала, 01.04.2014, ФТН Нови Сад, члан</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Марко (Никола) Савић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 20.2.1982. Нови Сад, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду Мастер академске студије, Мастер информатичар, модул Теоријско рачунарство. Мастер теза „Штајнерова стабла у метрикама фиксних оријентација“, Теоријско рачунарство, одбрањена 10.10.2009.</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2010, Докторске студије информатике, теоријско рачунарство</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: ---</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: ---</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Efficient algorithms for discrete geometry problems (Efikasni algoritmi za probleme iz diskretne geometrije)

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Докторска дисертација је написана на енглеском језику. Има $x+121$ страна и садржи изводе на српском и енглеском језику, захвалницу и два дела са укупно три поглавља у следећем редоследу:

- I. Bottleneck matchings
 1. Monochromatic bottleneck matchings
 2. Bichromatic bottleneck matchings
- II. Network dilations and feed-links
 3. Optimal feed-link placement

Поред наведеног, дисертација садржи и увод, кратак преглед дисертације, проширени извод на српском језику, библиографију са 47 библиографских јединица, биографију кандидата, 60 слика као и кључну документацијску информацију на српском и енглеском језику.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов докторске тезе је јасно и прецизно формулисан, одражава текст и садржај истраживања.

У првом делу посматрају се ботлнек непресецајући мечинзи тачака у конвексној позицији. Приказано је неколико алгоритама за проблеме из тог домена, како за монохроматску верзију, у којој је могуће упаривати произвољне тачке, тако и за бихроматску верзију у којој је дозвољено упаривати само тачке које припадају различитим партицијама задате поделе скупа тачака на два дела.

У првом поглављу приказан је ефикасан алгоритам за монохроматску верзију проблема ботлнек упаривања. У одељку 1.2 овог поглавља показано је да увек постоји ботлнек мечинг који поседује одређене структуралне особине, које ће касније бити искоришћене. У одељку 1.3 дефинишу се потпроблеми са одређеним рестрикцијама и показано је како их је могуће ефикасно решити. Потом се уочене структуралне особине користе да би се иницијални проблем поделио у потпроблеме на начин на који је простор претраге смањен, резултући алгоритмом временске сложености $O(n^2)$. Конструисани алгоритам је ефикаснији од до сада најбољег познатог алгоритма, временске сложености $O(n^3)$. Све наведено представља оригиналан научни допринос, и ови резултати су објављени у часопису *Computational Geometry: Theory and Applications*, и у зборнику радова конференције *32nd European Workshop on Computational Geometry (EuroCG'16)*.

У другом поглављу посматрана је бихроматска верзија проблема ботлнек упаривања. У циљу успостављања односа између бихроматске и монохроматске верзије проблема, развијена је теорија орбита. У одељку 2.3 дефинисане су структуре назване орбитама и изведене су бројне особине које за њих важе. Посматрани су односи између различитих орбита које су омогућиле дефинисање графа орбита и доказивање неких његових особина. Добијена теорија би могла бити и од независног значаја за истраживање других проблема бихроматских непресецајућих мечинга. У одељку 2.4 теорија орбита је примењена на идеје коришћене приликом решавања монохроматске верзије проблема. Резултат је алгоритам временске сложености $O(n^2)$ за налажење бихроматских ботлнек непресецајућих мечинга тачака у конвексном положају. У одељку 2.5 посматрана је варијација претходног проблема у којој се све тачке налазе на кружници. Геометрија кружнице даје увид у одређене особине ботлнек мечинга за, који се, уз поновно коришћење особина орбита и графа орбита, користи за конструисање алгоритма временске сложености $O(n)$ који решава овај проблем. Конструисани алгоритми су ефикаснији од до сада најбољих познатих алгоритама, временске сложености $O(n^3)$ за произвољан конвексни положај, односно $O(n \log n)$ за тачке на кружници. Све наведено представља оригиналан научни допринос, и ови резултати су објављени у зборнику радова конференције *34nd European Workshop on Computational Geometry (EuroCG'18)*.

Други део дисертације посматра дилацију геометријских мрежа. За дату полигоналну мрежу P и тачку p , потребно је проширити мрежу повезивањем тачке p са тачком на мрежи P користећи

дуж звану фид-линк. Дилација између тачке p и неке друге тачке на мрежи представља однос мрежног растојања између те две тачке, тј. дужине најкраћег пута између те две тачке који је у потпуности садржан унутар мреже проширене фид-линком, и Еуклидског растојања између те две тачке. Циљ је ово проширивање урадити тако да се минимизира максимална дилација из тачке p до било које друге тачке на P . Као резултат тражи се најмања дилација коју је могуће постићи као и позиција фид-линка са којим се та дилација постиже.

У трећем поглављу се проблем налажења оптималног фид-линка разбија на две компоненте које одговарају левој и десној дилацији. Ове дилације дозвољавају путовање кроз мрежу у само једном смеру. Обзиром на симетричност ових компоненти, даља анализа се врши само над једном. У одељку 3.3 је дат другачији поглед на проблем, користећи график функције удаљености тачке p од тачака на P у односу на параметризацију тачака на P . Уводи се кључни објекат назван полуга, који представља дуж дефинисану на цртежу графика чији је нагиб инверзно пропорционалан левој дилацији. У одељку 3.4 се примењује свип алгоритам којим се симулира померање полуге на графику, што је еквивалентно померању тачке у којој је фид-линк повезан са P . Ово се примењује једном за леву и једном за десну дилацију, а потом се у одељку 3.5 приказује како се подаци добијени из ове две примене алгоритма могу искористити да би се добило решење које постиже минималну дилацију. Све наведено представља оригиналан научни допринос, и ови резултати су објављени у часопису *Computational Geometry: Theory and Applications*.

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.

Marko Savić, Miloš Stojaković. *Linear time algorithm for optimal feed-link placement*. *Computational Geometry*, 48(3):189 – 204, 2015. (M22)

Marko Savić, Miloš Stojaković. *Faster bottleneck noncrossing matchings of points in convex position*. *Computational Geometry*, 65:27–34, 2017. (M22)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Оригинални резултати тезе могу се поделити у две групе и свакој од њих је посвећен један део у докторској дисертацији.

У прву групу спадају резултати добијени за ботлнек непресецајуће мечинге. Посматране су монохроматске и бихроматске верзије ових проблема. За конвексан положај тачака у монохроматској верзији конструисан је алгоритам временске сложености $O(n^2)$. За бихроматску верзију конструисана су два алгоритма. Један за решавање посматраног проблема када су тачке у конвексном положају, временске сложености $O(n^2)$, и други, за решавање посматраног проблема када су тачке на кружници, временске сложености $O(n)$. Пре овога, најбољи познати алгоритми су имали временску сложеност $O(n^3)$ за тачке у конвексном положају, како у монохроматској тако и у бихроматској верзији, и временску сложеност $O(n \log n)$ за тачке на кружници у бихроматској верзији. Поред овога, дата је теорија орбита која може наћи примену као користан алат за рад са бихроматским непресецајућим мечинзима тачака у конвексном положају.

У другој групи се налазе резултати добијени за проблем оптималног проширивања полигоналне мреже. Конструисан је алгоритам временске сложености $O(n)$ који налази фид-линк чијим додавањем у мрежу се минимизира дилација дате тачке. Пре овога, најбољи познат алгоритам је имао временску сложеност нешто лошију од $O(n \log n)$.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Ова докторска дисертација представља значајан оригинални допринос дискретној геометрији, а њени оригинални резултати се могу поделити у две групе:

- резултати добијени за бутлнек непресецајуће мечинге где су добијени значајно ефикаснији алгоритми за решавање овог проблема од до сада познатих (у једном случају алгоритам временске сложености $O(n^2)$ --- пре овог резултата најбољи познати алгоритам има сложеност $O(n^3)$, а у другом случају алгоритам временске сложености $O(n)$ --- пре овог резултата најбољи познати алгоритам има временску сложеност $O(n \log n)$), и
- резултати добијени за проблем оптималног проширивања полигоналне мреже где је конструисан алгоритам временске сложености $O(n)$ --- пре овог резултата најбољи познат алгоритам је имао временску сложеност нешто лошију од $O(n \log n)$.

Сви наведени алгоритми су добијени као резултат опсежних теоријских разматрања, тако да ова дисертација осим нових, ефикаснијих алгоритама нуди и нове теоријске алате за анализу и дубље разумевање једне важне групе проблема из области дискретне геометрије.

Докторска дисертација је написана у складу са свим принципима добре научне праксе и академске честитости. За сваки од проблема који су разматрани у дисертацији јасно је описана генеза проблема, дат је преглед познатих резултата, изложени су оригинални резултати и показано је у којој су мери алгоритми добијени у дисертацији ефикаснији од раније познатих алгоритама.

Део резултата дисертације је објављен у виду два рада у часописима категорије M22 чиме је и на међународном нивоу верификован оригинални допринос ове дисертације.

Комисија, стога, даје позитивну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE 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**
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе **ДА**
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Оригинални резултати дисертације се могу поделити у две групе:

- резултати добијени за ботлнек непресецајуће мечинге где су добијени значајно ефикаснији алгоритми за решавање овог проблема од до сада познатих (у једном случају алгоритам временске сложености $O(n^2)$ --- пре овог резултата најбољи познати алгоритам има сложеност $O(n^3)$, а у другом случају алгоритам временске сложености $O(n)$ --- пре овог резултата најбољи познати алгоритам има временску сложеност $O(n \log n)$), и
- резултати добијени за проблем оптималног проширивања полигоналне мреже где је конструисан алгоритам временске сложености $O(n)$ --- пре овог резултата најбољи познат алгоритам је имао временску сложеност нешто лошију од $O(n \log n)$.

Сви наведени алгоритми су добијени као резултат опсежних теоријских разматрања, тако да ова дисертација осим нових, ефикаснијих алгоритама нуди и нове теоријске алате за анализу и дубље разумевање једне важне групе проблема из области дискретне геометрије.

Комисија, стога, закључује да ова докторска дисертација има све елементе оригиналног научног рада. Део резултата дисертације је објављен у виду два рада у часописима категорије М22 чиме је и на међународном нивоу верификован оригинални допринос ове дисертације.

Комисија сматра да ова дисертација испуњава све услове за одбрану докторске дисертације из области природно-математичких и рачунарских наука према Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду и Правилнику о докторским студијама Природно-математичког факултета у Новом Саду.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања дисертација **НЕМА НЕДОСТАКА**

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

да се докторска дисертација под називом **Efficient algorithms for discrete geometry problems (Ефикасни алгоритми за проблеме из дискретне геометрије)** прихвати, и кандидату Марку Савићу одобри јавна одбрана дисертације.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

У Новом Саду,
3. маја 2018. године

1. др Драган Машуловић, редовни професор

2. др Милош Стојаковић, редовни професор

3. др Дејан Вукобратовић, ванредни професор