Институт сагласан

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ПРИМЉЕНО: 07.04.2016
Орг. јед. | Број | ПРИЛОГ | ВРЕДНОСТ
05 | 420/10 | - | -

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО МАТЕМАТИЧКОГ
ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 09.03.2016. године, одлука број IV-01-108/11, одређени смо у Комисију за оцену подобности кандидата **Зорана Максимовића** и научне заснованости теме под насловом

Неки оптимизациони проблеми уопштења бисекције графова и повезаности подграфова

за израду докторске дисертације.

На основу приложене документације и личног познавања кандидата подносимо следећи

И З В Е Ш Т А Ј

1. Кратка биографија кандидата

Зоран Максимовић је рођен 19. јула 1967. године у Ужицу. Основну школу и Математичку гимназију је завршио у Београду са одличним успехом. Редовне студије на Математичком факултету у Београду је почео 1987 године (после одслуженог војног рока), а дипломирао 28. фебруара 1994. године. Последипломске (магистарске) студије на Математичком факултету је уписао 1995 године и положио је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10. Магистарску тезу под називом „*О синтези оптималних аутомата у неким класама лавиринатa*“ одбранио је на Математичком факултету 21. марта 2001. године под руководством проф. др Жарка Мијајловића, и тиме стекао звање магистра математичких наука.

Од 1994. до 2012 године је изводио вежбе на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, прво као асистент-приправник а затим као асистент. Од 2012 године запослен је на Војној академији Универзитета одбране као асистент. На Технолошко-металуршком факултету је изводио вежбе из предмета Математика 1 и Математика 2 на основним студијама. На Војној академији је изводио вежбе из предмета Математика за економисте, Математика 3, Теорија вероватноће и статистика, Математика 2 на основним студијама и Нумеричке методе на мастер студијама.

У раду је користио разне програмске језике: C++, Pascal, SQL, Fortran, Prolog. Учестововао је у реализацији информационог система Лексикон иконографије класичне митологије (LIMC) САНУ, као и у развоју бројних апликација за подршку пословања пословних субјеката.

Научни радови кандидата

[1] Maksimović Z. „A new mixed integer linear programming formulation for the maximum degree bounded connected subgraph problem“, Publications de l'Institut Mathematique, у штампи, DOI: 10.2298/PIM1613099M (M23)

[2] Bogdanović M., Maksimović Z., Simić A., Milošević J. „A mixed integer linear programming formulation for low discrepancy consecutive k-sums permutation problem“, Yugoslav Journal of Operations Research, у штампи, DOI:10.2298/YJOR160104005B (M51)

[3] Maksimovič Z. „Ob ekvivalentnosti častičnih avtomatov“, Intelektualnie sistemi, Tom 7, vip. 1-4, 2003, 337-352 . (M53)

[4] Максимовић З. „О синтези аутомата у лавиринтима“, XI конгрес математичара, Петровац, 2004. (M64)

Неколико радова је у поступку рецензије

Maksimović Z. „A multidimensional maximum bisection problem“, ArXiv : 1506.0773 [cs.DM].

Maksimović Z. „A connected multidimensional maximum bisection problem“, arXiv:1512.00614 [cs.DM].

Maksimović Z., Kratica J., Savić A. „Two metaheuristic approaches for multi-dimensional maximum bisection problem“.

Maksimović Z., Kratica J., Savić A.„Two metaheuristics for solving the connected multi-dimensional maximum bisection problem“.

Simić A., Bogdanović M., Maksimović Z., Milošević J., „Fault-tolerant metric dimension problem: a new integer linear programming formulation and exact formula for grid graphs“.

2. Наслов, предмет и хипотезе докторске дисертације

Наслов предложене теме је **„Неки оптимизациони проблеми уопштења бисекције графова и повезаности подграфова“**.

Често је јавља као проблем да се за граф $G = (V, E)$ подели скуп чворова V на партиције $V_1, V_2, ..., V_k$ и да графови индуковани партицијама имају одређене особине. Ову поделу називамо партиционисањем графа. Поделу графа на две партиције називамо бипартицијом графа. Неки проблеми бипартиционисања графа су максимали рез (Max Cut), минимални рез (Min Cut), бисекција, итд. Максимални рез је проблем код ког се тражи партиционисање графа на две партиције при чему је број грана чији се крајеви налазе у различитим партицијама максималан. Проблем се може модификовати тако да се посматра граф са тежинама на гранама. У том случају је максимални рез заправо проблем партиционисања графа на две партиције такве да је сума тежина грана између њих максимална. Показано је да је овај проблем NP-тежак. Модификација проблема максималног реза је проблем максималне бисекције где се додаје још услов да партиције имају једнак број чворова. Иако за посебне врсте графова постоје алгоритми који решавају

проблем максималне бисекције у полиномијалном времену, у општем случају и овај проблем је NP-тежак.

У овој дисертацији ће бити разматрана два уопштења проблема максималне бисекције. У оба ће тежине на гранама бити r - торке позитивних реалних бројева уместо бројева. Оба уопштења ће представљати вишедимензионални проблем максималне бисекције. Будући да r-торке позитивних реалних бројева не образују уређен скуп, вишедимензионални проблем максималне бисекције се не може директно свести на стандардни проблем максималне бисекције. Вишедимензионални проблем максималне бисекције је такође NP-тежак проблем зато што је проблем максималне бисекције специјалан случај вишедимензионалног проблема максималне бисекције (добија се за $r = 1$). Код другог уопштења се поред вектора тежина грана, јавља и услов да графови индуковани партицијама скупа чворова буду повезани.

Један од најчешћих начина да се дође до егзактних решења је коришћење математичког моделирања, по могућности линеарног програмирања било целобројног било мешовито целобројног. Развој модела омогућава да се проблем решава коришћењем стандардних решавача.

Будући да су предложена уопштења NP-тешка, егзактним методама није могуће проналазити решења за инстанце са великим бројем чворова, па се намеће потреба за проналажењем одговарајућих метода којима би било могуће проналазити што квалитетнија решења. Метахеуристике су опште итеративне методе проналажења приближних решења и оне се могу применити на различите проблеме. Свака од њих, по правилу, садржи две компоненте: диверзификацију и интензификацију. Прва компонента покушава да пронађе обећавајуће регионе претраге који садрже оптимална или решења која су блиска оптималним. Када локализујемо таква решења у неком региону претраге, процес интензификације покушава да их одреди. Друга компонента се врло често назива и локално претраживање, пошто је то процес тражења најбољег решења у околини неког постојећег решења. Локално претраживање, углавном, значајно побољшава квалитет решења али често уз значајно веће време извршавања.

Метахеуристике по правилу функционишу тако што: израчунају функцију циља текућих решења, одреде најбоља текућа решења и трансформишу текућа решења ради могућег добијања још бољих решења. По броју текућих решења, метахеуристике делимо у оне које по правилу користе једно текуће решење и оне које користе више текућих решења. Ове последње називамо популацијски заснованим метахеуристикама. У метахеуристике које користе једно решење спадају метода променљивих околина (Variable Neighbourhood Search - VNS), док у популацијски засноване метахеуристике спадају генетски алгоритми, метахеуристике засноване на електромагнетизму итд.

Метахеуристике доста често симулирају процесе у природи попут: биолошке теорије природне еволуције (генетски алгоритми), физичке теорије електромагнетног поља (метахеуристике засноване на електромагнетизму), понашање инсеката (оптимизација колонијима пчела или мрава), итд. Метода променљивих околина је метахеуристика која користи принцип систематског претраживања више околина тренутно најбољег решења у циљу могућег добијања још бољих решења. Генетски алгоритам је метахеуристичка метода код које јединке репрезентују решења и њиховом селекцијом, укрштањем и мутацијом добијамо нову генерацију јединки чија је прилагођеност (квалитет решења одређен у односу на целу популацију) боља него код претходне генерације. Код метахеуристике засноване на електромагнетизму се користи принцип привлачења и одбијања у моделовању ове методе. Сваком решењу се додељује наелектрисање на основу кога се одређују силе привлачења и

одбијања честица (тј. решења). Добра решења привлаче сва остала решења, а лоша их одбијају.

Предмет ове дисертације је развој математичких модела и метахеуристика за решавање неких уопштења проблема бисекције и повезаности подграфова. Развојем модела мешовито целобројног линеарног програмирања би се омогућило егзактно решавање наведених проблема на инстанцама малих димензија. Због карактеристика датих проблема (они су NP-тешки), отежано је решавање проблема на инстанцама средњих и великих димензија. Због тога ће бити развијене метахеуристике којима би се могли решавати проблеми и за такве инстанце. Међу метахеуристикама које ће бити разматране су генетски алгоритми, метахеуристике засноване на електромагнетизму као и методе променљивих околина у случајевима где оне не постоје од раније.

Дисертација ће садржати преглед ранијих резултата из области решавања проблема максималне бисекције и повезаности графова.

Основна хипотеза рада је да коришћењем егзактних метода није могуће решити наведене проблеме средњих и великих димензија због експоненцијалне временске сложености таквих метода и да је развој метахеуристичких метода неопходан.

3. Подобност кандидата

На основу приложене документације, а посебно на основу личног познавања кандидата мр Зорана Максимовића, на основу досадашњих резултата и преданости раду, сматрамо да кандидат има смисла за бављење научно-истраживачким радом и да ће са успехом доћи до очекиваних резултата у овој дисертацији.

4. Преглед стања у подручју истраживања

Велики број радова је посвећен проблемима бисекције и повезаности графова. Проблем максималне бисекције је *NP*-тежак што се види из књиге Гарија и Џонсона, 1979. Сложеност проналажења оптималног и доброг решења проблема максималне бисекције је довело до развоја разних приступа решавању овог проблема почев од апроксимативних алгоритама, егзактних метода до метахеуристика.

5. Значај и циљ истраживања

Проблеми бисекције графова налазе примену у великом броју области математике, других природних наука и технологије: биохемије (генетика), инжењерство (комуникационе мреже, теорије кодирања), рачунарске науке (алгоритми и израчунавање), операциона истраживања, секвенционирање ДНК, итд. Због тога, а пошто дати проблеми бисекције припадају групи *NP*-тешких проблема, јавља се потреба за конструкцијом нових метода оптимизације за њихово решавање.

Циљ дисертације је развој формулација мешовитог целобројног линеарног програмирања за егзактно решавање предложених проблема уопштених бисекција графова и повезаности подграфова малих димензија. За решавање датих проблема на инстанцама средњих и великих димензија, биће развијене метахеуристичке методе.

6. Веза са досадашњим истраживањима

Проблемима дискретне оптимизације се бавио један број истраживача из Србије. Тако је развијена техника која под одређеним околностима значајно побољшава перформансе

генетских алгоритама кеширањем (Kratica J., Comput. Art. Intell. 1999, Vol 18, No.3, pp. 271-283). Избором величине турнира се бавио Филиповић која такође утиче на ефикасност генетског алгоритма (Filipović V., Comput. Infor., 2012, Vol 22, No.2, pp. 143-161). Младеновић и Хансен су оснивачи методе променљивих околина - VNS (Mladenović N., Hansen P., Comput. Oper. Res. 1997., Vol. 24 (11), pp. 1097-1100) која показује врло добре резултате у решавању проблема комбинаторне оптимизације. Проблемима повезаности подграфа се бавио Матић (Matić D., App. Math. Comput., 2014, Vol. 237, pp. 85–97). У дисертацији ће бити дато побољшање модела мешовитог целобројног линеарног програмирања за решавање проблема одређивања највећег повезаног подграфа са чворовима ограниченог степена (Bogdanović M., Comput. & Math. Appl., 2010, Vol. 59, pp. 3029-3038)

7. Методе истраживања

Биће конструисане формулације мешовитог целобројног линеарнног програмирања за уопштене проблеме бисекције графа и повезаних подграфова чија ће коректност бити доказана. Модели ће бити тестирани коришћењем решавача (CPLEX, Gurobi).

За развој метахеуристика ће бити кориштен стандардни програмски језик C++ који се може извршавати на свим платформама које га подржавају. За тестирање ће се користити неке постојеће инстанце са Интернета тамо где постоје, а у супротном инстанце (графови) са различитим бројем чворова и грана, генерисане на случајан начин.

8. Очекивани резултати истраживања

Од кандидата се очекује да прикаже тренутно стање у литератури у овој области, предложи моделе мешовитог целобројног линеарног програмирања и докаже њихову коректност. Након тога, кандидат би требало да предложи метахеуристичке приступе решавања наведених проблема, уколико већ не постоје у литератури. Предложене методе решавања би кандидат требало да тестира на значајном броју инстанци.

9. Оквирни садржај дисертације

1. Увод
   - Комбинаторна оптимизација
   - Метахеуристике
   - Проблеми бисекције и повезаности подграфова
2. Вишедимензионални проблем бисекције графа
   - Дефиниција проблема
   - Модел мешовитог целобројног линеарног програмирања
   - Генетски алгоритам
   - Метода променљивих околина
   - Метахеуристика заснована на електромагнетизму
   - Експериментални резултати
   - Анализа резултата и завршна разматрања
3. Вишедимензионални проблем бисекције графа на повезане подграфове
   - Дефиниција проблема
   - Модел мешовитог целобројног линеарног програмирања
   - Генетски алгоритам

- Метода променљивих околина
- Метахеуристика заснована на електромагнетизму
- Експериментални резултати
- Анализа резултата и завршна разматрања

4. Проблем одређивања највећег повезаног подграфа са чворовима ограниченог степена
   - Дефиниција проблема
   - Преглед постојећих резултата
   - Нови модел мешовитог целобројног линеарног програмирања
5. Закључак
   - Преглед нових резултата
   - Научни допринос

Литература

10. Име ментора са образложењем

За ментора се предлаже др Јозеф Кратица, научни саветник Математичког института САНУ. Др Јозеф Кратица је један од водећих домаћих истраживача у области комбинаторне оптимизације и примена метахеуристика за решавање проблема комбинаторне оптимизације. Др Јозеф Кратица је о проблемима комбинаторне оптимизације у последњих петнаестак година објавио више десетина радова у водећим међународним и домаћим часописима, а његови радови су цитирани више стотина пута. Рецензирао је преко сто радова у међународним и домаћим часописима. Др Кратица је члан уређивачког одбора научног часописа YUJOR. Био је ментор четири успешно одбрањене докторске дисертације. Додатне информације о њему могу се видети на http://www.mi.sanu.ac.rs/~jkratica).

11. Научна област дисертације

Предложена тема дисертације спада у област математичких наука. У дисертацији се користе теоријски резултати добијени у области дискретних проблема на графовима, комбинаторне оптимизације, математичког моделирања као и апроксимативних метода и хеуристика. Тема захтева и познавање програмирања, рачунарства, операционих истраживања као и нумеричке математике.

12. Научна област чланова комисије

- др Јозеф Кратица, научни саветник Математичког института САНУ, ужа научна област: Рачунарство;
- др Љиљана Павловић, редовни професор Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област: Математичка анализа са применама;
- др Александар Савић, доцент Математичког факултета Универзитета у Београду, ужа научна област: Нумеричка математика и оптимизација;
- др Драган Матић, доцент Природно-математичког факултета Универзитета у Бања Луци, ужа научна област: Информационе науке и биоинформатика (развој софтвера).

Закључак комисије

На основу свега изложеног Комисија закључује да:

- Кандидат **мр Зоран Максимовић** испуњава све суштинске и формалне захтеве који се траже од кандидата за израду докторске дисертације;
- предложена тема за израду докторске дисертације је научно интересантна и значајна.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Природно-математичког факултета и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да позитивно оцене научну заснованост теме докторске дисертације кандидата мр Зорана Максимовића, под насловом **„Неки оптимизациони проблеми уопштења бисекције графова и повезаности подграфова**", и одобре њену израду.

Београд/Крагујевац
27.03.2016.

Чланови комисије:

1. Јозеф Кратица
др Јозеф Кратица, научни саветник
Математичког института САНУ,
Ужа научна област: Рачунарство

2. Љиљана Павловић
др Љиљана Павловић
редовни професор Природно математичког
факултета у Крагујевцу
Ужа научна област: Математичка анализа са применама

3. Саша Александар
др Александар Савић, доцент
Математичког факултета у Београду
Ужа научна област: Нумеричка математика и
оптимизација

4. Матић Драган
др Драган Матић, доцент ПМФ у Бања Луци
ужа научна област: Информационе науке и
биоинформатика (развој софтвера)