

## ВІДГУК

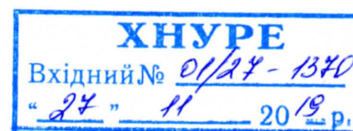
офіційного опонента на дисертаційну роботу

Антошкіна О.А. «Математичні моделі та методи розв'язання оптимізаційних задач сенсорного покриття об'єктів контролю», що подана до захисту на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

**Актуальність теми.** Утілення ідеї математичного моделювання процесу покриття реальних об'єктів круговими зонами і розробки ефективних методів оптимізації таких покриттів за певним критерієм потребує широке коло задач при плануванні міської забудови, систем мобільного зв'язку, при проектуванні систем акустичної діагностики й контролю корпусів і обладнання, радіолокаційних систем регулювання й керування повітряним рухом, систем виявлення рухомих цілей і інших систем виявлення, діагностики й контролю тощо. Для пошуку оптимального покриття певної області за наявності технологічних обмежень і критеріїв якості покриття побудовано різні математичні моделі та алгоритми, проте зазвичай використовувані евристичні методи. А ефективні методи розв'язання оптимізаційних задач покриття можна побудувати лише на загальних принципах математичного моделювання.

Для адекватного моделювання реального покриття областей довільної форми об'єктами різної природи усе ще актуальним залишається моделювання покривних об'єктів, та дослідження відношень отриманих у вигляді геометричних об'єктів моделей, що ґрунтується на аналітичному описі теоретико-множинних відношень покриття, включення, перетину і дотику цих об'єктів.

Актуальним є зниження складності розв'язання задач цього класу шляхом створення конструктивних засобів побудови адекватних



математичних моделей у вигляді, що дозволяє застосувати відомі методи локальної і глобальної оптимізації. Тому є потреба у нових сучасних засобах математичного моделювання відношень геометричних об'єктів для задач покриття.

Отже, методологія комп'ютерного моделювання та розв'язання оптимізаційних задач кругового покриття геометричних об'єктів – це невід'ємна частина теорії геометричного проектування. Саме подальшому розвитку досліджень цього напрямку присвячена дисертаційна робота Антошкіна О.А.

### **Зв'язок з пріоритетними напрямками розвитку науки й техніки.**

Напрямок проведених дисертаційних досліджень відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 “Математичне моделювання й обчислювальні методи”.

Робота виконана відповідно до тематики й загального плану досліджень, що проводяться на кафедрі автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій Національного університету цивільного захисту України й у відділі математичного моделювання й оптимального проектування Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України. Робота проводилася в рамках НДР, в розробці яких Антошкін О.А. брав участь як виконавець:

– «Оптимальне розміщення пожежних сповіщувачів на плані приміщення» реєстраційний № 0198U002106 за замовленням Головного управління пожежної охорони МВС України;

– «Оптимальне планування ресурсів при проектуванні систем раннього виявлення пожежі» реєстраційний № 0117U002008 за замовленням Національного університету цивільного захисту.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації підтверджено формально-аргументованим**



викладенням матеріалу та результатами розв'язання практичних задач за допомогою реалізованих комп'ютерних програм і системи для автоматичного розв'язання оптимізаційних задач сенсорного покриття об'єктів контролю, що включає побудову трасування для дротових з'єднань.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Автором дисертації запропоновані нові засоби математичного моделювання, математичні моделі та методи для вирішення задач покриття областей довільної форми колами як розвиток теорії геометричного проектування, створеної членом-кореспондентом НАН України Ю.Г. Стояном.

Запропонована концепція побудови математичних моделей оптимізаційних 2D-задач покриття ґрунтується на узагальненні поняття  $\rho$ -функції, що розвиває апарат формалізації умов покриття колами заданих областей.

У процесі досліджень автором отримані наступні наукові результати.

Вперше:

1. Запропоновано функції опису відношень покриття між колами рівного радіуса та нові функції належності для опису відношень між колами, що беруть участь в покритті, і довільною областю покриття, які дозволяють описувати в аналітичному вигляді умови покриття області колами і, на відміну від існуючих аналогів, не потребують введення допоміжних змінних;

2. Побудована узагальнена математична модель оптимізаційної задачі покриття ідентичними колами, яка, на відміну від існуючих моделей, враховує нові аналітичні вирази для опису відношень покриття між колами рівного радіуса та нові функції належності для опису відношень між колами, що беруть участь в покритті, і довільною областю покриття. і дозволяє одержувати локально-оптимальні розв'язки ряду важливих практичних задач,

у тому числі задачі покриття області колами, які зв'язані дротяною мережею мінімальної довжини.

Удосконалено стратегію розв'язання оптимізаційної задачі покриття області довільної форми колами рівного радіуса шляхом додання нового етапу генерації системи обмежень та функції цілі на основі аналізу отриманої за допомогою запропонованих наближених методів стартової точки з урахуванням конкретної реалізації узагальненої моделі задачі;

Набули подальшого розвитку:

1. Методи інтервальної геометрії у вигляді нових засобів моделювання для опису інтервальних відношень між круговими об'єктами, які беруть участь в покритті, що дозволяє, на відміну від існуючих аналогів, враховувати під час розв'язання задачі покриття похибку вихідної інформації про фактичні радіуси зон сенсорного контролю датчиків та отримати результати з гарантованими властивостями;

2. Локально-оптимальні методи побудови покриттів, які дозволили, на відміну від існуючих підходів, отримувати розв'язки для основних реалізацій узагальненої задачі оптимального покриття в автоматичному режимі;

3. Засоби математичного моделювання зони сенсорного контролю датчика в системах моніторингу для перетворювання фізичної інформації про зони сенсорного контролю в геометричну для подальшого використання в процесі побудови математичних моделей задач покриття, які, на відміну від існуючих, дозволяють врахувати особливості функціонування систем моніторингу і контролю.

**Повнота викладу наукових положень.** За темою дисертації опубліковані 19 наукових праць: 7 статей у виданнях, які зазначені в переліку фахових видань України з технічних наук, з них 1 входить до бази Scopus, 1 – у іншому науковому виданні, 11 тез доповідей всеукраїнських та міжнародних конференцій. Наукові результати дисертаційного дослідження



досить повно викладено в опублікованих працях.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження, вказано об'єкт, предмет та методи досліджень, визначено наукову новизну і практичну значущість отриманих результатів, особистий внесок автора в роботах, виконаних у співавторстві та наведено інформацію про апробацію результатів дослідження і кількість публікацій за темою дисертаційної роботи.

На ґрунті досить повного огляду публікацій щодо розв'язання задач покриття на початку дисертації обґрунтована необхідність створення нових конструктивних засобів для опису відношень між геометричними об'єктами, що виникають в задачах покриття, побудови математичних моделей таких задач і розвитку обчислювальних методів в геометричному проектуванні. В якості математичних моделей областей, які покриваються колами, розглянуто об'єкти, межі яких формуються фрагментами аналітично описаних кривих. З метою аналітичного опису відношень між об'єктами для моделювання задач покриття застосовано і розвинуто класи функцій належності для опису умов покриття колами границі області та нову функцію для моделювання відношень покриття для трійки кіл, що покривають внутрішню частину області.

Узагальнена математична модель, яка побудована автором, сформульована у вигляді задачі недиференційовної оптимізації, множина реалізацій якої охоплює широкий клас наукових і прикладних задач покриття областей колами однакового радіусу.

Дисертантом удосконалено стратегію розв'язання реалізацій узагальненої математичної моделі, розроблено ефективні швидкі методи побудови стартових точок для подальшого пошуку локальних екстремумів в задачах кругового покриття.

Підтвердженням адекватності запропонованих математичних моделей та методів є впровадження розробленого програмного комплексу «Веста» в

роботу підрозділу системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій – відділу нормативно-технічної роботи та контролю за системами протипожежного захисту та ліцензування Головного управління ДСНС у Харківській області. У дисертації наведено порівняння результатів розв'язку оптимізаційних задач покриття з наявними у світі аналогами, яке показало очевидне покращення.

Загалом слід констатувати, що здобуток виконаних досліджень – це якісний рівень теоретичного обґрунтування і практичної реалізації методів розв'язання класів оптимізаційних задач покриття.

**Практичне значення одержаних результатів.** У роботі створено нові засоби моделювання, нові математичні моделі, розроблено нові методи та програмні продукти для розв'язання оптимізаційних задач покриття довільних областей колами однакового радіусу.

Всі розглянуті задачі представлені у формі стандартизованих задач нелінійного програмування. Що дозволило використовувати найсучасніші програмні пакети для нелінійної оптимізації.

На базі розроблених автором конструктивних засобах математичного та комп'ютерного моделювання, швидкодіючих методів і алгоритмів створено програмний комплекс «Веста», який дозволяє в автоматичному режимі отримувати ефективні розв'язки низки оптимізаційних задач покриття довільних областей колами з урахуванням спеціальних обмежень за вихідними даними і може бути безпосередньо застосований під час проектування систем діагностики, спостереження й контролю, при проведенні пожежно-технічних експертиз. Зазначений програмний комплекс використовується у відділі нормативно-технічної роботи та контролю за системами протипожежного захисту та ліцензування Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Харківській області під час розгляду проектів систем автоматичного протипожежного захисту та у



ТОВ «НВП Бранд» (м. Київ) для спрощення проектування систем автоматичного протипожежного захисту, оптимізації витрат на обладнання об'єктів такими системами. Що підтверджується актами про впровадження.

Не меншу зацікавленість, ніж основний текст дисертації, викликають додатки, що містять вихідні дані та результати розв'язку оптимізаційних задач покриття, що були отримані за допомогою розроблених засобів моделювання, генерації простору розв'язків задачі та ефективних методів і алгоритмів для її розв'язання.

Результати роботи використовуються також у навчальному процесі у Національному університеті цивільного захисту України при викладанні дисциплін «Математичне моделювання та оптимізація систем безпеки» і «Пожежна та виробнича автоматика».

**Відповідність змісту автореферату основним положенням.** Оформлення автореферату за структурою, обсягом та змістом відповідає чинним вимогам, а його зміст адекватно відображає результати дисертації.

**Відповідність дисертації встановленим вимогам.** Дисертаційна робота є завершеним цілісним дослідженням. Роботу написано коректно з використанням сучасної науково-технічної термінології, стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень і розрахункових експериментів забезпечує їх належне сприйняття.

Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам до кандидатських дисертацій а також вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

**Зауваження по суті роботи:**

- занадто докладно описані  $\phi$ -функції у другому розділі;

- бажано було б приділити окрему увагу для опису запропонованого у параграфі 2.3 підходу до моделювання практично важливого випадку відношень покриття колами множин, межа яких описується сплайнами;

- деякі результати, що мають відношення до побудови нових функцій на сторінках 85 та 87-88 для моделювання відношень покриття між об'єктами, добре б було сформулювати у вигляді тверджень;

- слід було б навести у роботі приклади запропонованих функцій належності, описаних на сторінках 87-89, для реальних задач, а не тільки для найпростіших тестових випадків;

- недостатньо детально описана генерація умов для задачі оптимізації щільності покриття у параграфі 3.1.5;

- не досліджена залежність ефективності розв'язання задачі за алгоритмом, що наведений на сторінках 109-110, від вибору методу побудови стартових точок;

- не досліджена залежність ефективності процесу локальної оптимізації задачі за алгоритмом, що наведений на сторінці 115, від «якості» стартової точки з області допустимих розв'язків;

Вказані недоліки здебільше є наслідком значного обсягу матеріалу самої роботи та зумовлені складністю предмету досліджень, і насправді є побажанням наступних напрямків досліджень та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

**Висновки.** Дослідження є завершеною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та розрахункові результати, що в сукупності є гарним вкладом у розвиток технологій розв'язання оптимізаційних задач покриття геометричних областей кругами із застосуванням нових засобів математичного та комп'ютерного моделювання та ефективних методів оптимізації. Результати дисертаційної роботи оригінальні, достатньо



обґрунтовані і викладені у публікаціях у фахових виданнях. Ці корисні на практиці результати можна застосовувати у дослідженнях класів задач покриття довільних областей кругами у різних галузях науки і промисловості.

Автореферат у повному обсязі відображає зміст дисертації.

Вважаю, що дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, виконаним на досить високому науковому рівні, відповідає усім вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема, вимогам п.п. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженому постановою КМУ №567 від 24.07.2013 (зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р. та №567 від 27.07.2016 р.), а її автор, Антошкін Олексій Анатолійович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Професор кафедри комп'ютерних наук та інженерії програмного забезпечення Університету митної справи та фінансів МОН України, доктор технічних наук, доцент

„25” 11 2019 р.

В.О.Яковенко

Підпис офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Яковенка В.О. засвідчую.

Вчений секретар Вченої ради Університету митної справи та фінансів

Кандидат наук з державного управління, доцент

„25” 11 2019 р.

Т.М. Брус

Підпис *Т.М. Брус* засвідчую  
засв. Начальник відділу кадрів

