

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мовсесян Яни Самвелівни

«Обчислювальні методи відбору опорних зірок на цифрових зображеннях»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання

та обчислювальні методи

**Актуальність теми дисертації.** Розробка обчислювальних методів автоматичної обробки цифрових зображень представляє особливий інтерес в галузі оглядових астероїдних спостережень. Це обумовлено у тому числі тим, що на початку ХХІ століття почалась суттєва переоцінка можливості зіткнення Землі з малими тілами Сонячної системи.

На даний момент існує велика кількість проектів пошуку небезпечних для людства малих тіл Сонячної системи, які за допомогою телескопів та необхідного програмного забезпечення дозволяють виявити астероїди на тлі зірок; визначити їх екваторіальні координати за рахунок прив'язки зображень до зірок опорного каталогу; ототожнити виявлені астероїди з каталогізованими об'єктами, що мають відомі орбіти. Виходячи з цього, особлива увага приділяється автоматичній прив'язці цифрових зображень до зіркових каталогів та визначеню положення об'єктів у просторі за даними зображень. В зазначених рамках актуальною є науково-технічна задача розробки та аналізу обчислювальних методів автоматичного відбору опорних зірок для оцінки кутових положень об'єктів у просторі за даними зображень, яка вирішена у дисертаційній роботі Я. С. Мовсесян.

Тематика досліджень має зв'язок із науково-дослідною роботою (НДР) №307 «Динамічний інтелектуальний аналіз послідовностей нечіткої інформації за умов суттєвої невизначеності на основі гібридних систем обчислювального інтелекту» (№ ДР 0116U002539), яка проводиться у Харківському національному університеті радіоелектроніки.

**Логіка викладення матеріалу та основний зміст роботи.** Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку літератури з 209 на-



йменуваннями та трьох додатків.

У *вступі* до дисертації обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету досліджень, вказано об'єкт, предмет і методи досліджень, викладено короткий зміст дисертації та отриманих у ній результатів, виділено їх наукову новизну та практичну значимість, зазначено особистий внесок автора у наукові праці, написані у співавторстві.

У *першому розділі* проведено аналіз літератури за темою дисертації. Обґрунтовано використання відносного методу для визначення положення об'єктів у просторі, з використанням опорних об'єктів та його переваги у порівнянні з абсолютном методом. Досліджено відомі обчислювальні методи, які використовуються для визначення кутового положення об'єктів у просторі за даними зображень та програми, що їх реалізують. Наведено вимоги, виконання яких потрібно для досягнення необхідної точності визначення кутового положення об'єктів у просторі за даними зображень, та визначено показники точності кутового положення об'єктів у просторі за даними зображень. На підставі проведеного аналізу досить чітко та логічно обрано напрямок досліджень. Сформульовано науково-технічну задачу дисертаційної роботи та побудовано її математичну модель.

*Другий розділ* присвячено розробці обчислювальних методів часткового та повного попереднього ототожнення. Розроблені методи використовуються для визначення початкового наближення при ототожненні вимірювань кадру із формуллярами зіркового каталогу або між множинами вимірювань різних кадрів однієї серії спостережень (метод часткового попереднього ототожнення) та при ототожненні вимірювань кадру із формуллярами зіркового каталогу в умовах суттєвої невизначеності їх параметрів ототожнення (метод повного попереднього ототожнення). Використання розроблених у дисертаційній роботі методів часткового та повного попереднього ототожнення дозволяє значно підвищити надійність ототожнення та зменшити вклад помилок ототожнення у визначення кутового положення об'єктів у просторі за даними зображень.

*Третій розділ* присвячено розробці обчислювального методу автоматич-

ного відбору опорних зірок на цифрових зображеннях та дослідженю показників точності вимірювання кутового положення опорних зірок у просторі за даними зображень. Пари вимірювання кадру – формуляр каталогу, що були сформовані при частковому та повному попередньому ототожненні, дозволяють отримати значення постійних коефіцієнтів моделі рівняння редукції, що визначають зв'язок між тангенціальною системою координат та системою координат цифрового кадру. Проте, лінійної моделі рівняння редукції не достатньо для ототожнення вимірювань кадру із формуллярами зіркового каталогу на всьому кадрі, що особливо важливо при оглядових спостереженнях. Для забезпечення надійного ототожнення на усьому кадрі, найчастіше використовують не менше як кубічну модель рівняння редукції з визначенням відповідних постійних коефіцієнтів моделі. Виходячи з цього, виникає протиріччя, яке долається збільшенням порядку моделі рівняння редукції з одночасним збільшенням кількості пар вимірювання кадру – формуляр каталогу. У розробленому методі автоматичного відбору опорних зірок реалізовано рівномірний розподіл опорних зірок на цифровому зображенні та відбракування значної кількості ототожнених пар. Запропонований підхід використовується для покращення показників точності оцінок кутового положення опорних зірок та об'єктів, що спостерігаються, у просторі за даними зображень.

У третьому розділі також описується метод дослідження показників точності вимірювання кутового положення опорних зірок у просторі за даними зображень. Обчислювальний метод дозволяє проводити аналіз показників точності оцінок кутових положень опорних зірок і об'єктів, що вимірюються, на розширеній множині підвибірок вимірювань та кадрів, що аналізуються.

Для підтвердження ефективності та надійності методу автоматичного відбору опорних зірок на цифрових зображеннях, наведено результати дослідження показників точності вимірювань кутового положення об'єктів у просторі за даними зображень. Ці результати свідчать про високі показники точності визначення кутового положення об'єктів у просторі за даними зображень, що підтверджено застосуванням розробленого методу у програмному комплексі

автоматизованого виявлення астероїдів та комет CoLiTec.

У додатках представлено акти про застосування та впровадження результатів дисертаційних досліджень, список умовних позначень та диплом за перше місто у конкурсі інноваційних проектів "IT-KHARKIV".

**Обґрунтованість та достовірність одержаних результатів.** Розробка обчислювальних методів виконувалась на підставі коректного використання основних положень апробованого математичного апарату. Основні теоретичні положення дисертаційної роботи не суперечать використаним теоріям та перевірені експериментальним шляхом. Отримані нові наукові результати апробовані та довели свої обґрунтованість та достовірність: 1) у процесі експлуатації програми автоматизованого виявлення астероїдів і комет CoLiTec, що реалізує розроблені у дисертаційній роботі обчислювальні методи відбору опорних зірок на цифрових зображеннях; 2) порівнянням результатів із найкращими світовими аналогами (зокрема з застосуванням відомого програмного забезпечення Astrometrica). Програмний комплекс CoLiTec успішно використовується в Одеській астрономічній обсерваторії та в лабораторії космічних досліджень ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

**Основні наукові результати досліджень і новизна дисертації** полягають у такому.

*Вперше* запропоновано обчислювальний метод автоматичного відбору опорних зірок на цифрових зображеннях, який на відміну від існуючих підходів дозволяє визначати з високою точністю кутове положення об'єктів у просторі за даними зображень з використанням розширеної сукупності селективних ознак опорних зірок на цифрових зображеннях та багатоетапного збільшення розмірності моделі редукції (для визначення постійних коефіцієнтів моделі) з одночасним збільшенням кількості пар об'єктів;

*Набули подальшого розвитку:*

- обчислювальний метод ототожнення вимірювань об'єктів на серії цифрових зображень, який на відміну від існуючих підходів дозволяє підвищити надійність ототожнення об'єктів на серії цифрових зображень за допомогою про-

цедури часткового попереднього ототожнення при визначені початкового наближення параметрів попарної відповідності між двома множинами вимірювань об'єктів;

- обчислювальний метод ототожнення вимірювань кадрів із об'єктами каталогу, який на відміну від існуючих підходів дозволяє підвищити надійність ототожнення вимірювань кадрів з об'єктами каталогу в умовах суттєвої невизначеності їх параметрів за допомогою процедури повного попереднього ототожнення при визначені початкового наближення в умовах суттєвої невизначеності параметрів їх ототожнення;
- обчислювальний метод дослідження показників точності вимірювань кутового положення опорних зірок у просторі за даними зображень, який на відміну від існуючих підходів дозволяє провести аналіз розширеної множини показників точності вимірювань кутових положень опорних зірок за різними підвибірками даних.

**Оформлення дисертації та автореферату.** Дисертаційна робота написана зрозуміло і грамотно, наукова термінологія використовується коректно. Стиль викладення матеріалів дисертації та автореферату логічний. Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням та висновкам, зробленим у дисертації. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

**Рекомендації щодо використання результатів дисертації.** Розроблені обчислювальні методи можуть бути використані в програмних комплексах обробки цифрових зображень для високоточного визначення кутових положень об'єктів, наприклад, у програмах автоматизованого виявлення малих тіл Сонячної системи на серії цифрових кадрів.

**Апробація результатів дисертації.** Основні розділи дисертації висвітлені в статтях і виступах, що включають 30 найменувань, у тому числі 13 статей у профільніх наукових виданнях України, 2 статті опубліковані у міжнародних журналах, що входять до наукометричної бази SCOPUS. Результати роботи апробовані на 13 міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях. Я.С.

Мовсесян має 2 авторських права на програмний продукт.

**Зауваження до дисертаційної роботи** здебільшого є наслідком значного обсягу матеріалу самої роботи, зумовлені складністю предмету досліджень та насправді є побажанням наступних напрямків досліджень.

1. На мою думку доцільно було б визначити побудову математичної моделі задачі вибору опорних зірок для оцінки кутових положень об'єктів у просторі екваторіальних координат за даними зображень як окремий пункт новизни. Однак слід зазначити, що будується математична модель (1.21-1.27) у першому розділі, а відповідні формули для визначення параметрів моделі вводяться у третьому розділі.
2. Відомо, що зображення об'єкту характеризується не тільки екваторіальними координатами, а також й близьким. Цікаво було б урахувати дану характеристику, наприклад, шляхом створення окремих постійних коефіцієнтів моделі та вибору окремих опорних зірок для різних діапазонів близькому.
3. Відсутній опис загального алгоритму, який реалізує розв'язок задачі (1.21-1.27) із застосуванням запропонованих у роботі методів та із застосуванням відомих методів. Зокрема не описано, як будується матриця та формується функція цілі для застосування угорського методу при розв'язанні задачі ототожнення вимірювань кадру та формуллярів каталогу.
4. В обчислювальному методі повного попереднього ототожнення не враховано залежність від розміру кадру гранично допустимого значення відстані між елементами пари, що ототожнюються (другий розділ). Доцільно було б також урахувати форми та розміри об'єктів.
5. В роботі не розглянуті питання найкращого вибору опорних зірок для локальних систем, та порівняльного аналізу локальних та загальних систем опорних зірок з точки зору визначених показників точності.
6. У дисертації не наведено результати використання розроблених обчислювальних методів відбору опорних зірок на цифрових зображеннях в організаціях, де вони впроваджені.
7. У тексті є декілька простих помилок, на які вказано дисертантці.

Наведені зауваження не впливають на загальну якість виконання дисертаційної роботи.

**Висновок.** Вважаю, що дисертація є завершеною науково-дослідницькою роботою, у якій запропоновано ефективні обчислювальні методи автоматичного відбору опорних зірок на цифрових зображеннях та отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну наукову-технічну задачу. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, а саме пункту 2, та відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а Мовсесян Я.С. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент

провідний науковий співробітник відділу  
математичного моделювання та оптимального проектування,  
Інституту проблем машинобудування  
ім. А.М. Підгорного НАН України  
доктор технічних наук, професор

*Солов'єв*

Т. Є. Романова

Підпис засвідчує  
Учений секретар  
Інституту проблем машинобудування  
ім. А.М. Підгорного НАН України



*(Ганчаренко-Шевченко К.В.)*