

ВІДГУК

офіційного опонента старшого наукового співробітника відділу дистанційного зондування Землі інституту радіофізики та електроніки імені О.Я. Усикова Національної академії наук України,
доктора технічних наук професора Пащенка Руслана Едуардовича
на дисертаційну роботу Погорелова Артема Віталійовича
«Обчислювальні методи визначення положення об'єктів у просторі за даними цифрових зображень», яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Актуальність теми роботи. У теперішній час всі сучасні обсерваторії світу оснащені потужними комп'ютерами, що дозволяє створювати та використовувати на їх базі оригінальні обчислювальні методи для визначення положення різноманітних космічних об'єктів (штучних супутників Землі, астероїдів, комет, метеорів тощо) у просторі. При цьому, навіть при сучасному розвитку комп'ютерних технологій, забезпечення потрібної точності визначення положення космічних об'єктів не є тривіальною задачею. Для визначення кутового положення космічних об'єктів у просторі широко використовується методи сегментації цифрових зображень, але існуючі методи сегментації не враховують специфічні особливості астрономічних зображень, що у свою чергу не дозволяє досягнути потрібної точності визначення положення об'єктів. Підвищити точність визначення кутового положення астрономічних об'єктів можна за рахунок застосування спеціальних обчислювальних методів. Можливість підвищення технічних характеристик за рахунок застосування більш ефективних обчислювальних методів стосується майже усіх оглядових засобів спостереження за космічними об'єктами.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Погорелова А.В., що присвячена розробці нових обчислювальних методів сегментації та оцінки кутового положення астрономічних об'єктів в просторі за результатами аналізу цифрових зображень є актуальною.

Обрана тематика досліджень пов'язана із цілою низкою міжнародних та національних наукових програм, наприклад, з програмою «Захист планети» від Міжнародної Академії Астронавтики; з проектом «The Space Emergency System» програми трансграничного співробітництва Угорщина – Словаччина – Румунія – Україна; з програмами спостережень астероїдів під егідою Центру малих планет Міжнародного Астрономічного Союзу; з міжнародною програмою Gaia-FUN-SSO; з НДР «Динамічний інтелектуальний аналіз



послідовностей нечіткої інформації за умов суттєвої невизначеності на основі гібридних систем обчислювального інтелекту» (№ДР 0116U002539).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. У першому розділі досліджені особливості формування цифрових зображень астрономічних об'єктів у сучасних телескопічних пристроях, на які впливають умови спостереження. Показано, що на потенційну точність кінцевих результатів обробки астрономічних даних (визначення кутового положення об'єктів в просторі) впливають методи їх попередньою сегментації на цифрових зображеннях. Зазначено, що існуючі методи сегментації цифрових зображень не враховують специфічні особливості астрономічних зображень, що не дозволяє досягнути потрібної точності визначення положення об'єктів. Також у розділі сформульовані мета, науково-технічна задача дослідження та часткові завдання на дослідження.

Другий розділ присвячено розробці обчислювальних методів сегментації зображень одиночних, компактних груп та протяжних об'єктів на цифрових зображеннях, де присутні різні типи локальних об'єктів (одиночні, компактні групи, протяжні). Розроблений метод сегментації зображень одиночних об'єктів передбачає реалізацію таких послідовних операцій: попередня обробка цифрового кадру з використанням низькочастотного фільтру; виявлення множини одиночних об'єктів на цифровому кадрі; формування бінарних зображень областей сегментування; сегментація бінарних зображень одиночних об'єктів з застосуванням операцій ерозії, морфологічної реконструкції та дилатації. При цьому, як координату стартового пікселя сегментації пропонується використовувати координату піку зображення досліджуваного об'єкта.

Під час реалізації методу сегментації компактних груп зображень близьких об'єктів проводиться сегментація бінарних зображень об'єктів з формуванням множини сегментів, кожен з яких характеризується координатами піку, як стартового пікселя сегмента. Для цього використовується обчислювальний метод сегментації зображення одиночних об'єктів. Далі у кожному сегменті зображення визначається кількість піків, як стартових пікселів сегмента. Якщо у сегменті є декількість піків (більше 1), то цей сегмент є зображенням компактної групи об'єктів і проводиться поділ зображення компактної групи на сукупність зображень одиночних об'єктів.

В результаті реалізації методу сегментації зображення яскравого об'єкта, з одного боку проводиться поділ зображення компактної групи об'єктів, з іншого – виключаються сегменти зображення яскравої зірки, сформовані із

стартовими пікселями в помилкових піках. Пікселі виключених сегментів додаються до сегменту зображення яскравого об'єкта.

На відміну від сегментації зображення компактної групи, при сегментації фрагмента як протяжного зображення суміжні фрагменти не видаляються, а, навпаки, суміжні фрагменти об'єднуються в єдине протяжне зображення. Для порівняння результатів сегментації зображення компактної групи і протяжного об'єкта сегментація фрагмента проводиться з кожного виділеного піку. Сегментація фрагмента як протяжного зображення, в цілому, аналогічна сегментації зображення об'єкта компактної групи. До зображення сегментованого фрагмента відносять пікселі, яскравість яких убиває під час руху від піку сегментованого фрагмента. Зростання яскравості вважається ознакою переходу до сусіднього фрагменту.

У третьому розділі розроблено обчислювальні методи оцінки параметрів фонової підкладки та кутового положення об'єктів, які використовують модель зображень на цифровому кадрі та модель фонової підкладки. Розроблені методи дозволяють забезпечити необхідну точність оцінки положення об'єкта на цифровому кадрі.

У четвертому розділі приведено результати аналізу показників якості оцінки кутових положень об'єктів в просторі з використанням редукційних поліномів (прямої і зворотної моделі редукції), а також результати впровадження розроблених методів при створенні програмного комплексу автоматичного пошуку астероїдів і комет на серії ПЗЗ-кадрів CoLiTec.

Достовірність отриманих наукових результатів ґрунтується на коректному використанні апробованого математичного апарату (теорії чисельних методів, морфологічної обробки зображень, теорії математичної статистики, параметричного оцінювання і теорії оптимізації) та підтверджена експериментально під час дослідної експлуатації програмних засобів, що використовують розроблені обчислювальні методи.

Новими науковими результатами, отриманими в дисертаційній роботі Погорелова А.В., є:

вперше запропоновано обчислювальний метод сегментації зображень одиночних об'єктів на цифрових зображеннях з попереднім використанням згладжуючого цифрового фільтру низьких частот та вирівнюванням яскравості цифрового кадру, а також здійсненням операції розмікання з додатковою морфологічною реконструкцією, що дозволило зменшити кількість помилкових виявлень об'єктів та маловимірних артефактів при обчислювальних витратах, близьких до мінімальних;

вперше запропоновано обчислювальний метод сегментації протяжних

зображень об'єктів на цифрових зображеннях, що дозволяє здійснювати сегментацію вхідних протяжних зображень, де присутні різні типи зображень локальних об'єктів (одиночних, компактної групи, протяжних) при обчислювальних витратах, близьких до мінімальних;

удосконалено метод оцінювання параметрів фонової підкладки цифрового зображення об'єкта при наявності аномальних пікселів, що дозволяє враховувати умови астрономічних спостережень для покращення показників точності оцінки положення об'єктів у просторі;

отримали подальший розвиток обчислювальні методи оцінки кутового положення об'єктів в просторі з використанням прямої та зворотної координатної редукції дискретних зображень, що дозволило поліпшити якість апроксимації аберрації для короткофокусних та довгофокусних оптических систем спостереження та підвищити загальну точність визначення координат об'єктів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості застосування розроблених обчислювальних методів обробки даних під час створення програмних комплексів для сегментації і визначення кутових положень об'єктів з високою точністю (наприклад, в програмних комплексах для зоряної фотометрії, автоматизованого виявлення малих тіл Сонячної системи (астероїдів і комет) на серії цифрових кадрів, програмному забезпеченні для контролю космічного простору). Крім того, запропоновані методи можуть бути використані для сегментації і визначення кутових положень об'єктів будь-якої природи (наприклад, споруд на супутникових цифрових знімках). Використання розроблених методів прямого і зворотного координатної редукції дозволяє підвищити показники точності кутових положень об'єктів, підтвердженням чого є результати обробки ПЗЗ-кадрів.

Запропоновані у роботі методи використані під час розробки програмного комплексу автоматизованого виявлення астероїдів та комет CoLiTec у блоці внутрішньокадрової обробки. Розроблені методи та програмне забезпечення CoLiTec, в якому вони реалізовані, були використані в Одеській астрономічної обсерваторії Odessa-Mayaki (с. Маяки, Одеська обл., Україна, MPC код - 583), лабораторії космічних досліджень при Ужгородському національному університеті, Західноукраїнському центрі космічних досліджень Державного космічного агентства України (м. Мукачево, Україна), а також були впроваджені в рамках навчального процесу. Використання результатів дисертаційної роботи підтверджено відповідними актами впровадження.

Завершеність, стиль викладання, повнота викладу результатів роботи у публікаціях. Дисертаційна робота Погорелова А.В. є завершеним

науковим дослідженням, яку виконано відповідно до вимог, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Матеріал дисертації викладено послідовно та логічно. Здобувач вільно володіє науковою та технічною термінологією в області обчислювальних методів сегментації цифрових зображень. Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно відображені у 22 статтях у наукових збірниках та журналах, що належать до фахових наукових видань України (12 статей), та, що індексуються у базі Scopus (10 статей). Крім того, результати роботи пройшли апробацію на 20-ти наукових конференціях та форумах (2 конференції індексуються у базі Scopus). Здобувач є співавтором 12 авторських прав на програмний код.

Структура і зміст автoreферату в цілому відповідають тексту дисертації і досить повно відображає основні положення та висновки. Дисертація та автoreферат відповідають паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Недоліки та зауваження:

1. У роботі зазначено, що розроблені методи забезпечують обчислювальні витрати, близькі до мінімальних, але не надводяться дані, які обчислювальні витрати вважаються мінімальними.

2. У 2 розділі роботи розроблені методи сегментації зображень різноманітних об'єктів на цифрових зображеннях, але не показано, як впливає розмір цифрових зображень та розмір об'єктів на часові характеристики методів.

3. У 2 розділі роботи вказано, що у методі сегментації зображень одиночних об'єктів існує можливість збільшення розміру області сегментування з заданим кроком, який дорівнює 5, але не наведено з яких міркувань було вибрано саме такий крок збільшення розмірів використовуваної області сегментування.

4. Під час опису методу сегментації протяжних зображень об'єктів вказується, що для об'єднання фрагментів протяжного зображення пропонується задати критичне значення допустимого зростання яскравості, але не вказується з яких міркувань воно вибирається та як його значення впливає на якість сегментації.

5. У 3 розділі роботи не наведено данні щодо порівняльної оцінки методів прямої і зворотної координатної редукції дискретних зображень, що використовуються у методах оцінки кутового положення об'єктів у просторі і не вказані їх переваги і недоліки.

6. З тексту 4 розділу не зрозуміло, як розроблені обчислювальні методи представлені на інтерфейсі програмного забезпечення CoLiTec і яким чином

вони використовуються, окрім або спільно та за яких умов. Було б доцільно більш докладно показати результати практичного використання розроблених методів у програмному забезпеченні CoLiTec.

Але вищезазначені недоліки та зауваження не суттєво впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації.

Загальні висновки. На підставі розгляду змісту дисертаційної роботи, автореферату, наукових праць здобувача, актів впровадження, аналізу ступеня новизни наукових результатів та практичного значення отриманих у роботі результатів можна зробити висновок, що дисертація Погорелова Артема Віталійовича є завершеною науково-дослідною роботою, у якій розв'язана актуальна науково-технічна задача щодо розробки ефективних обчислювальних методів сегментації та оцінки кутового положення астрономічних об'єктів в просторі за результатами аналізу цифрових зображень, що враховують специфічні умови астрономічних спостережень та особливості формування цифрових кадрів. Робота відповідає вимогам п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент

старший науковий співробітник відділу дистанційного зондування Землі
Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України

доктор технічних наук

професор

Р.Е. Пащенко

Підпис офіційного опонента доктора технічних наук професора
Пащенка Р.Е. засвідчую.

Учений секретар ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України
кандидат фізико-математичних наук



I.C. Почаніна