

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Соковікової Наталії Сергіївни

«Обчислювальні методи обробки цифрових зображень для виявлення та оцінки параметрів об'єктів, що змазані власним рухом»,

подану на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації. Завдання виявлення і розпізнавання об'єктів, що швидко рухаються на цифрових кадрах є досить актуальною в наш час. Як правило, при реєстрації таких об'єктів їх зображення виглядає розмитим вздовж напрямку їх руху. Наявність змазу сильно ускладнює точне визначення положення об'єкта на цифровому зображенні.

Особливо актуальна ця задача в астрономії. Існує достатньо методів обробки зображень з метою визначення локалізації об'єктів, але їх точність не завжди відповідає вимогам, що висуваються до визначення положення малих тіл Сонячної системи. Виявлення і визначення положення астероїдів і комет при великому часі експозиції ПЗЗ кадру досить складно. А при малих відносинах сигнал-шум, визначення параметрів положення цих небесних об'єктів з необхідною точністю практично неможливо.

Тому задача виявлення і визначення параметрів об'єктів зі змазаними зображеннями є актуальною.

Тематика досліджень має зв'язок із міжнародною програмою «Проект об'єктів, що швидко рухаються» (FMO (Fastmovingobject) project); «Космічна варта» (Spaceguard), програмою «Інформованість про ситуацію в космосі» Європейського космічного агентства (ESA SpaceSituationalAwareness), програма-



ми спостережень астероїдів під егідою Центру малих планет (MinorPlanetCenter – MPC) Міжнародного Астрономічного Союзу, НДР №273 «Нейро-фаззі системи для поточної кластеризації та класифікації послідовностей даних за умов їх викривленості відсутніми та аномальними спостереженнями» (№ДР 0113U000361): розділ №273-2 «Адаптивні методи та моделі класифікації даних і прогнозування часових рядів за умов їх викривленості відсутніми та аномальними спостереженнями на основі штучних імунних систем».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

У першому розділі обґрунтовується необхідність і актуальність спостереження об'єктів з великою швидкістю видимого руху. Наведено особливості і умови спостереження таких об'єктів. Проведено аналіз існуючих методів і систем обробки цифрових зображень для оцінки положення об'єктів. Більшість існуючих автоматизованих програмних засобів обробки цифрових ПЗЗ-кадрів для виявлення небесних об'єктів не мають можливості тотальної автоматичної оцінки положення об'єктів зі змазаними зображеннями. Описано вимоги, потрібні для досягнення необхідної точності. На основі викладеного матеріалу сформульовано науково-технічну задачу.

У другому розділі розроблено обчислювальний метод обробки цифрових кадрів для оцінки параметрів кругових об'єктів. В якості моделі форми зображення об'єкта використана субпіксельна гауссова модель розподілу попадання фотонів в пікселі ПЗЗ-кадру. У методі враховані основні особливості процесу формування зображення на ПЗЗ-кадрі. Модель враховує наявність фонові підкладки і дозволяє оцінювати її параметри. Визначення параметрів зображення кругових об'єктів здійснювалося згідно з критерієм мінімуму суми квадратів відхилень між модельною та експериментальною яскравостями.

Метод дозволяє з точністю, близькою до потенційної, оцінювати положення об'єктів з круговим зображенням на ПЗЗ-кадрі.

Також проведено аналіз показників точності оцінок обчислювального методу в рамках ПЗ автоматичного пошуку астероїдів на серії ПЗЗ-кадрів CoLiTec. Дослідження показує одні з кращих значень модуля середніх відхилень та СКО (в пікселях) на фоні кращих обсерваторій світу.

У третьому розділі розроблено обчислювальний метод оцінки параметрів цифрових зображень об'єктів, що змазані власним рухом, на цифрових кадрах та трьохетапний метод виділення зображень об'єктів, змазаних власним рухом.

В якості моделі форми протяжного зображення об'єкта використана субпіксельна гауссова модель, яка описує розподіл координат падіння фотонів в області кадра (в будь-який момент часу), що відповідає зображенню протяжного об'єкта. У тому числі ця модель враховує наявність фонові підкладки і дозволяє оцінювати її параметри. Субпіксельна гауссова модель також враховує основні особливості процесу формування зображення на ПЗС-кадрі.

Метод використовує критерій мінімуму суми квадратів відхилень між експериментальною та модельною яскравостями пікселів та критерій максимальної правдоподібності. Використання даного методу дозволяє розширити межі достовірних вимірювань на область зображень з малими відносинами сигнал-шум.

Метод виділення зображень об'єктів, змазаних власним рухом, складається з трьох етапів. На першому етапі виділяються протяжні зображення, відповідні селективним ознакам протяжних зображень. На другому етапі виключаються випадковим чином утворені кластери об'єктів з круговими зображеннями. На третьому етапі методу перевіряється узгодженість положення протяжних зображень, що виділені, на різних кадрах. Використання даного методу максимізує ймовірність виявлення об'єктів з високою швидкістю видимого руху при практичному виключенні хибного виявлення подібних об'єктів.

Результати дослідження методу показали, що з усієї кількості вимірювань кадру залишається тільки 1% вимірювань, що гіпотетично можуть відповідати протяжним зображенням після другого етапу. У свою чергу після використання

третього етапу методу хибних виявлень об'єктів з високою швидкістю видимого руху при експериментальних дослідженнях виявлено не було.

У четвертому розділі розглядається використання розроблених обчислювальних методів оцінки параметрів об'єктів з зображеннями, що змазані власним рухом, в системах автоматизованого виявлення астероїдів. Реалізовані методи в рамках ПЗ CoLiTec були застосовані в 4 обсерваторіях. Обсерваторії-користувачі ПЗ CoLiTec мають одні з кращих показників точності по виявленню в світі. Досягнення ПЗ CoLiTec визнані на міжнародному рівні.

Достовірність одержаних результатів. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів забезпечувалась коректним використанням основних положень відомого та апробованого математичного апарату. Нові наукові результати підтверджуються експериментальними дослідженнями та їх застосуванням у програмі автоматичного пошуку астероїдів та комет на серії цифрових кадрів CoLiTec, яка впродовж декількох років успішно використовується в обсерваторіях світу для виявлення відомих та відкриття нових астероїдів.

Основні наукові результати досліджень і новизна дисертації полягають у такому:

– вперше запропоновано трьохетапний обчислювальний метод виявлення зображень об'єктів, що змазані власним рухом. Його використання максимізує ймовірність виявлення об'єктів з високою швидкістю видимого руху;

– вдосконалено ітераційний метод оцінки положення об'єкта з круговим зображенням на цифровому кадрі, на основі субпіксельної моделі. Метод дозволяє зменшити середньоквадратичне відхилення оцінки положення об'єкта з круговим зображенням в порівнянні з традиційними методами, що засновані на апроксимації зображення об'єкта гауссовою моделлю;

– вдосконалено обчислювальний метод оцінки положення об'єкта з цифровим зображенням, що змазане власним рухом, за рахунок субпіксельної моделі зображення об'єктів. Використання даного метода дозволяє розширити

межі достовірних вимірювань на область зображень з малим відношенням сигнал-шум.

Розроблені обчислювальні методи успішно використовуються в рамках програмного комплексу автоматизованого виявлення астероїдів та комет CoLiTec. Реалізовані методи в рамках ПЗCoLiTec були застосовані на 4 обсерваторіях. Дані обсерваторії мають одні з кращих показників точності по виявленню в світі. Результати роботи програми, а також її досягнення визнані на міжнародному рівні.

Оформлення дисертації та автореферату. Дисертаційна робота написана зрозуміло і грамотно, науково-технічна 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.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації. Розроблені обчислювальні методи, а також програмний комплекс, який використовує їх, можуть бути корисні іншим астрономічним обсерваторіям України та світу для виявлення та дослідження астероїдів та комет з круговими та протяжними зображеннями. Особливо значний ефект може бути отриманий під час обробки зображень, що отримані з телескопів із малою апертурою.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень опубліковані досить повно на відповідному рівні у 8 наукових статтях у профільних наукових виданнях України, 1 стаття – в англійському журналі «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society» (входить до наукометричної бази «Scopus» impactfactor 5.107), 1 стаття – у «Kinematics and Physics of Celestial Bodies», що відноситься до фізико-математичних наук (входить до наукометричної бази «Scopus» impactfactor 0.361), 1 стаття опублікована в індійському журналі «Scholars Journal of Engineering and Technology», а також у матеріалах і збірниках тез 19 науково-технічних конфе-

ренцій. Здобувач має 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

Зауваження.

1. У роботі під час розробки обчислювальних методів обробки цифрових кадрів з використанням субпіксельної моделі зображення об'єктів, не враховується наявність на кадрі аномальних та битих пікселів.

2. З роботи не зрозуміло як змінюються показники точності визначення положення об'єктів при використанні запропонованих методів на складених кадрах.

3. Під час дослідження характеристик методу виявлення зображень об'єктів, що змазані власним рухом, при наявності на цифрових кадрах великої кількості зображень об'єктів не було проаналізовано стійкість методу.

4. В авторефераті та у дисертації не приділено уваги результатам роботи розроблених обчислювальних методів. Не показано точність оцінки положення об'єктів, що досліджуються, у порівнянні з відомими методами.

5. У роботі відсутнє пояснення оцінки початкового розміру зображення об'єктів у методі, що визначає положення об'єкта на цифровому зображенні, яка необхідна для визначення розмірів області внутрішньокадрової обробки.

6. В авторефераті не чітко сформульовані деякі положення, наприклад на сторінці 5 «Відмінність моделі від зазначеної щільності полягає у відсутності нормуючої константи», на сторінці 13 рис. 6 «Напрямок осей витягну тості зображення об'єкта».

Вище наведені зауваження не впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертації.

Висновок.

Дисертаційна робота Соковікової Наталії Сергіївни є завершеною науково-дослідницькою працею, у якій запропоновано ефективні обчислювальні методи обробки цифрових зображень для оцінки положення небесних об'єктів.

Отримані у роботі результати є суттєвим вкладом у розвиток математичного моделювання та обчислювальних методів.

Результати дисертації є новими, їх цінність – висока, вони доповідались і обговорювались на національних і міжнародних конференціях. Результати досліджень достатньо повно опубліковані у фахових наукових виданнях України та закордоном.

За актуальністю теми, новизною, теоретичною і практичною цінністю результатів дисертаційна робота «Обчислювальні методи обробки цифрових зображень для виявлення та оцінки параметрів об'єктів, що змазані власним рухом» відповідає формулі паспорта спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи та вимогам п.п. 9,11,12 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор, Соковікова Н.С. заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент

Доцент кафедри

інформатики і вищої математики

Кременчуцького національного університету

імені Михайла Остроградського

к.т.н., доцент

Григорова Т. А.

Підпис Григорової Т. А. ЗАСВІДЧУЮ

Вчений секретар



Козловська Т. Ф.