

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу Соковікової Наталії Сергіївни «Обчислювальні методи обробки цифрових зображень для виявлення та оцінки параметрів об'єктів, що змазані власним рухом», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації. Обробка зображень обчислювальними засобами використовується у багатьох галузях техніки. До переліку завдань обробки зображень, входить і високоточне визначення положення об'єктів на цифрових зображеннях. У тому числі таке завдання зустрічається під час обробки зображень космічних об'єктів (штучні супутники Землі, астероїди, комети, метеори тощо). У свою чергу змазане власним рухом зображення об'єкта значно ускладнює визначення його положення із заданою точністю.

Високоточна оцінка положення об'єктів із змазаним зображенням потребує модифікації існуючих обчислювальних методів обробки зображень. Таким чином розробка таких методів є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої пов'язане із тематикою таких національних та міжнародних наукових програм як, наприклад, «Проект об'єктів, що швидко рухаються» (FMO (Fast moving object) project), «Космічна варта» (Space guard), програмою «Інформованість про ситуацію в космосі» Європейського космічного агентства (ESA Space Situational Awareness), програмами спостережень астероїдів під егідою Центру малих планет (Minor Planet Center – 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 викладена необхідність спостереження об'єктів з малим і великим часом експозиції. Наведено характеристику та особливості умов спостереження об'єктів з круговими і змазаними власним рухом зображеннями. Проведено аналіз відомих систем автоматизованого виявлення об'єктів з круговими і змазаними власним рухом зображеннями, а також обчислювальних методів обробки таких зображень. Даний аналіз показав, що більшість існуючих автоматизованих програмних засобів обробки цифрових ПЗС-кадрів для виявлення небесних об'єктів не мають можливості тотальної автоматичної оцінки місця розташування об'єктів зі змазаними зображеннями. При цьому методи, які вони використовують, не враховують всіх особливостей формування змазаних зображень астероїдів на ПЗС-кадрах.

Для підвищення точності оцінки положення об'єктів з круговими зображеннями і зображеннями, змазаними власним рухом, на ПЗС-кадрах сформульована науково-технічна задача.

У другому розділі розроблено обчислювальний метод обробки цифрових кадрів для оцінки параметрів об'єктів з круговим зображенням. Визначення параметрів зображення об'єктів здійснюється відповідно до критерію мінімуму суми квадратів відхилень між модельною та експериментальною яскравістю пікселів зображення. Також проведено дослідження точності оцінки положення кругових об'єктів на ПЗС-кадрах.

Обчислювальний метод, що розроблено, дозволяє з точністю, близькою до потенційної, оцінювати положення об'єктів з круговим зображенням на ПЗС-кадрі. В якості моделі форми зображення об'єкта використана субпіксельна гауссова модель, яка описує розподіл попадання фотонів в пікселі ПЗС-кадру з заданими параметрами. Модель враховує основні особливості процесу формування зображення на ПЗС-кадрі. У тому числі ця модель враховує наявність фонові підкладки і дозволяє оцінювати її параметри.

Завдання мінімізації суми квадратів відхилень між модельною і експериментальною яскравістю пікселів вирішується за допомогою стандартного алгоритму Левенберга-Марквардта.

Наведено аналіз показників точності обчислювального методу обробки цифрових кадрів для оцінки параметрів кругових об'єктів в рамках ПО автоматичного пошуку астероїдів на серії ПЗС-кадрів CoLiTeс. Дослідження підтвердили високу точність вимірювань ПО CoLiTeс. За показником СКВ вимірювань, представленого в пікселях, обсерваторії-користувачі CoLiTeс, є одними з кращих в списку ТОП-30 обсерваторій світу і кращими серед обсерваторій, які використовують телескопи з малою апертурою. А саме, СКВ вимірювань на обсерваторії Н15 за 2012 рік становила 0.25 пікс., а в обсерваторіях А50 і D00 – 0.23 пікс. За середнім модулем відхилень (СМО) обсерваторії-партнери CoLiTeс займають лідируючі позиції в своєму класі телескопів (у 2012 році СМО дорівнював 0.06" в обсерваторіях Н15 і А50).

У третьому розділі вдосконалено обчислювальний метод оцінки параметрів цифрових зображень об'єктів, змазаних власним рухом, на цифрових кадрах. Також розроблено метод виділення зображень об'єктів, змазаних власним рухом.

В якості моделі форми протяжного зображення об'єкта використана розроблена субпіксельна гауссова модель, яка описує розподіл координат падіння фотонів в області кадру (в будь-який момент часу), що відповідає зображенню протяжного об'єкта. У тому числі запропонована 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.

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

Також в даному розділі наведено типові приклади зображень, змазаних власним рухом об'єктів.

У четвертому розділі описано реалізацію та використання запропонованих обчислювальних методів в рамках програмного комплексу автоматизованого виявлення астероїдів і комет CoLiTec. Реалізовані методи в рамках ПК CoLiTec були застосовані на наступних обсерваторіях: Андрушівської астрономічної обсерваторії, в Російській віддаленій обсерваторії ISON-NM (Mayhill, NewMexico, USA), а також в обсерваторіях ISON-Кисловодськ і ISON- Уссурійськ.

Обсерваторії, що використовують ПК CoLiTec мають одні з кращих показників точності по виявленню в світі. Результати роботи програми, а також її досягнення визнані на міжнародному рівні.

Достовірність та обґрунтованість одержаних результатів. Розробка обчислювальних методів виконувалась на основі теорії обчислювальних методів, теорії математичної статистики, теорії оптимізації, теорії статистичного моделювання і обробки натурних даних. Основні теоретичні положення дисертаційної роботи не суперечать зазначеним теоріям та перевірені шляхом багаторічної експлуатації програмних засобів, що їх реалізують. Розроблені методи мають практичну реалізацію та використовуються на міжнародному рівні.

Повнота відображення результатів дисертації в публікаціях. Основні результати досліджень опубліковані досить повно на відповідному рівні у 8 наукових статтях у профільних наукових виданнях України, 1 стаття – в журналі «Monthly Notice soft the Royal Astronomical Society» (входить до науково-метричної бази «Scopus» impact factor 5.107), 1 стаття – у «Kinematics and Physics of Celestial Bodies», що відноситься до фізико - математичних наук (входить до науково-метричної бази «Scopus», impact factor 0.361), 1 стаття у журналі «Scholars Journal of Engineering and Technology», а також у матеріалах і збірниках тез 19 науково-технічних конференцій. В тому числі, здобувачка має 3 авторських права на твір.

Наукова новизна результатів роботи полягає у наступному:

1. 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.
2. 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 гаусовою моделлю.
3. 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.

Значимість результатів дисертаційної роботи для науки й практики. Розроблені обчислювальні методи було використано в рамках програмного забезпечення автоматизованого відкриття астероїдів та комет CoLiTec, що успішно використовується на чотирьох обсерваторіях (це підтверджується відповідними актами впровадження). Результати роботи ПЗ CoLiTec та методи, що в ньому використовуються, було визнано на міжнародному рівні. Крім того, запропоновані методи можуть бути використані для спостереження і виявлення рухомих об'єктів будь-якої природи (наприклад, літаки, безпілотні літальні апарати, супутники, автомобілі і їх номери).

Зауваження.

Серед недоліків дисертації можна зазначити:

1. У роботі не розглянуті питання використання розроблених методів у випадку близького розміщення зображень двох та більше об'єктів на цифровому кадрі.
2. У роботі та в авторефераті не наведені дані щодо обчислювальних або часових витрат на використання розроблених методів у модулі внутрішньокадрової обробки програми автоматизованого виявлення астероїдів.
3. Відсутня порівняльна характеристика ПЗ CoLiTec із подібними інтелектуальними програмно-апаратними системами прийняття рішень.
4. У роботі не досліджено залежність показників якості виявлення від відношення сигнал-шум зображень об'єктів.
5. З роботи не зрозуміло чи враховуються фізичні похибки ПЗЗ-матриці, з якої отримуються цифрові кадри та відстань між пікселями при оцінці положення об'єктів, що досліджуються?
6. В роботі не приділено жодної уваги обчислювальним методам оцінки блиску об'єктів, що виявлені, хоча це є важливою складовою внутрішньокадрової обробки цифрових зображень, що розглядаються.

7. У роботі не враховується можливе обертання об'єктів навколо своєї осі і форма їх поверхні, яка може впливати на їх здатність відображення.

8. З тексту дисертації не ясно, які властивості простору, в якому рухаються об'єкти, і чи враховані вони в методах, що запропоновано? Чи є цей простір однорідним?

9. З роботи не ясно, яка додаткова апріорна інформація використовується для того, щоб підвищити точність результатів вимірювань в разі малокоонтрастних і малорозмірних об'єктів?


10. Незрозуміло: «Чи враховується оптична передавальна функція телескопа в розроблених методах»?

11. У роботі немає докладного порівняння з іншими методами, не пов'язаними з астрономічним додатком, наприклад з методами, які працюють з ефектом «motionbluer».

У той же час, наведені зауваження не впливають на загальну якість дисертаційної роботи Соковікової Н.С.

Висновки по дисертаційній роботі. Вважаю, що дисертація Соковікової Н.С. є завершеною науково-дослідницькою роботою, що вирішує поставлену актуальну наукову-технічну задачу розробки ефективних обчислювальних методів обробки цифрових зображень для оцінки положення об'єктів з круговими зображеннями і зображеннями, що змазані власним рухом. Дисертаційна робота написана зрозуміло і грамотно, науково-технічна термінологія використовується коректно. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (пункт 2). Науковий рівень дисертаційної роботи, стиль та мова викладення відповідають п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а Соковікова Наталія Сергіївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційних
технологій та систем
Національної металургійної академії України,
Лауреат Державної премії з науки та техніки


О.І. Михальов

Підпис проф. Михальова О.І. засвідчую


В.С. Шифрін

