

## ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу Хламова Сергія Васильовича  
«Обчислювальні методи обробки даних для виявлення об'єктів  
з близьконульовим видимим рухом»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання  
та обчислювальні методи

**Актуальність теми дисертації.** Швидкий розвиток сучасних комп'ютерних технологій був би неможливий без постійної розробки нових, більш ефективних обчислювальних методів обробки даних, які застосовуються при створенні сучасного програмного забезпечення. Одним з таких напрямків є комп'ютерна обробка відеоряду, який отриманий оптичними засобами спостереження. Найчастіше застосовуються сценарії спостереження при яких більша частина рухомих об'єктів має переміщення між кадрами сумірне із розміром зображення самого об'єкту. Такі об'єкти в роботі віднесені до підкласу об'єктів з близьконульовим видимим рухом. Відомі обчислювальні методи виявлення рухомих об'єктів мають низькі показники якості виявлення об'єктів з близьконульовим видимим рухом та не дозволяють використовувати оптичні засоби спостереження із максимальною ефективністю. Одним із найважливіших напрямків досліджень є підвищення показників якості виявлення близьконульового видимого руху об'єкта за рахунок розробки нових та удосконалення існуючих обчислювальних методів обробки даних. Крім того, застосування сучасних методів обробки цифрових зображень дозволить значно підвищити пошуковий потенціал без проведення суттєвої модернізації інструментів спостереження. Таким чином, актуальною є науково-технічна задача розробки обчислювальних методів виявлення близьконульового видимого руху об'єкта і методів дослідження показників якості виявлення розроблених методів.

Тематика досліджень має зв'язок із НДР №307 «Динамічний інтелектуальний аналіз послідовностей нечіткої інформації за умов суттєвої невизначеності на основі гібридних систем обчислювального інтелекту», міжнародною програмою Gaia-FUN-SSO, міжнародною програмою «Захист Планети» від Міжнародної Академії Астронавтики та програмами спостереження астероїдів під егідою Центра малих планет Міжнародного Астрономічного Союзу.

**Логіка викладення матеріалу та основний зміст роботи.** У першому розділі проведено аналіз літератури за темою дисертації, досліджені умови спостереження об'єктів з близьконульовим видимим рухом. В розділі наведено аналіз відомих обчислювальних методів обробки даних та систем, які сьогодні використовуються для автоматизованого виявлення об'єктів з близьконульовим видимим рухом. На підставі проведеного аналізу сформульовано мету і завдан-



ня дисертаційної роботи.

Другий розділ присвячено розробці обчислювальних методів обробки даних для виявлення об'єктів з близьконульовим видимим рухом. Вдосконалено підстановочний обчислювальний метод максимально правдоподібного виявлення близьконульового видимого руху об'єкта. Розглянуті модифікації методу з відомою, невідомою та зовнішньою оцінкою дисперсії вимірювань положення об'єкта. Вперше запропоновано обчислювальний метод виявлення близьконульового видимого руху об'єкта, що заснований на критеріях значущості швидкості видимого руху об'єкта. Для цього введена лінійна регресійна модель з двома факторами, фізично якими є початкове положення і швидкість об'єкта. Фактором, значимість якого перевіряється, є наявність близьконульового видимого руху об'єкта на відеоряді. Тоді гіпотеза про близьконульовий видимий рух об'єкта рівносильна гіпотезі про статистичну значимість швидкості видимого руху об'єкта на серії вимірювань. У якості критерію значущості швидкості видимого руху об'єкта вздовж кожної координати використовується  $t$ -критерій Стьюдента, а критерію значущості загальної швидкості видимого руху об'єкта –  $f$ -критерій Фішера. Ймовірнісний розподіл кожного з цих критеріїв не залежить від помилок вимірювань положення об'єкта.

Третій розділ присвячено експериментальному аналізу показників якості розроблених обчислювальних методів виявлення близьконульового видимого руху об'єкта. Був розроблений метод оцінки показників якості виявлення близьконульового видимого руху об'єкта на основі статистичного та натурального моделювання, використання якого дозволило визначити показники якості виявлення близьконульового видимого руху об'єкта розроблених обчислювальних методів виявлення при використанні реального закону розподілу помилок вимірювань положення об'єкта. Експерименти, які проведені на великому обсязі натурних даних, підтвердили працездатність та ефективність розробленого обчислювального методу виявлення близьконульового видимого руху об'єкта, що заснований на критеріях значущості швидкості видимого руху об'єкта та показали його перевагу над обчислювальними методами виявлення рухомих об'єктів, які засновані на підстановочних вирішальних правилах максимальної правдоподібності, та традиційно використовуються.

У розділі розглянуто практичне застосування розроблених обчислювальних методів у програмному комплексі автоматизованого виявлення астероїдів та комет CoLiTec, у розробці котрого брав участь дисертант. Наведений короткий опис програмного комплексу та результати його застосування. З використанням розроблених в дисертації методів відкрито багато об'єктів. Найвідомішим з них стала довгоперіодична навколосонячна комета C/2012 S1 (ISON), яка була відкрита за допомогою CoLiTec, і на момент відкриття була об'єктом з близьконульовим видимим рухом.

**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 були апробовані і довели свої обґрунтованість і достовірність у процесі експлуатації програми автоматизованого виявлення астероїдів і комет CoLiTec, що реалізує дані результати.

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

– вперше запропоновано обчислювальний метод виявлення близьконульового видимого руху об'єкта, що заснований на критеріях значущості швидкості видимого руху об'єкта, з вирішальними правилами перевірки статистичної значущості швидкості видимого руху об'єкта, в основі яких застосовуються критерії значущості t-критерій Стюдента і f-критерій Фішера. Його використання максимізує умовну ймовірність правильного виявлення близьконульового видимого руху об'єкта в умовах спостереження, які постійно змінюються;

– удосконалено підстановочний обчислювальний метод максимально правдоподібного виявлення близьконульового видимого руху об'єкта, використання якого обґрунтовано відсутністю апріорних даних щодо параметрів видимого руху об'єкта в частині використання різних значень дисперсії вимірювань положень об'єкта;

– удосконалено метод оцінки показників якості виявлення близьконульового видимого руху об'єкта на основі статистичного та натурального моделювання, використання якого дозволило визначити показники якості виявлення близьконульового видимого руху об'єкта розроблених обчислювальних методів виявлення в частині використання реального закону розподілу помилок вимірювань положення об'єкта.

Розроблені обчислювальні методи використані у рамках науково-дослідницької роботи «Динамічний інтелектуальний аналіз послідовностей нечіткої інформації за умов суттєвої невизначеності на основі гібридних систем обчислювального інтелекту» (№307), а також були апробовані і довели свої обґрунтованість і достовірність в процесі експлуатації програми автоматизованого виявлення астероїдів і комет CoLiTec, що реалізує нові наукові результати.

Програмний комплекс CoLiTec успішно застосовується у Одеській астрономічній обсерваторії Odessa-Mayaکی (с. Маяки, Одеська обл., Україна, МРС код – 583), в лабораторії космічних досліджень ДВНЗ «Ужгородський національний університет», що підтверджується відповідними актами впровадження.

**Оформлення дисертації та автореферату.** Дисертаційна робота написана зрозуміло і грамотно, науково-технічна термінологія використовується коре-

ктно. 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 методи можуть бути використані у різних програмних комплексах обробки даних для виявлення об'єктів з близьконульовим видимим рухом на відеоряді, наприклад в програмах автоматизованого виявлення малих тіл Сонячної системи. Також запропоновані методи можуть бути використані для спостереження і виявлення рухомих об'єктів будь-якої природи (наприклад, снаряди, ракети, літаки, безпілотні літальні апарати, супутники).

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень опубліковані досить повно на відповідному рівні у 38 друківаних працях, серед яких 15 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 3 статті у міжнародних журналах, 17 праць у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій та 3 авторських права на твір. Три статті входять до наукометричної бази Scopus.

**Зауваження.** Серед недоліків дисертації слід зазначити такі.

1. У 1-му розділі в основному розглянуто характеристики формування вимірювань і обчислювальні методи обробки даних для об'єктів з близьконульовим видимим рухом, проте не наведено основні статистичні відомості, які використовуються в роботі. Наприклад, мало б сенс представити загальний вид критеріїв Стюдента і Фішера та посилатися на них у 2-му і 3-му розділах роботи, де вони відразу наведені для конкретних випадків.

2. У роботі при описі евристичного методу виявлення близьконульового видимого руху та методів статистичного і натурного моделювання використовується ряд констант. Однак не вказано, з яких міркувань ці константи були обрані або розраховані автором.

3. У дисертації не визначена залежність показників якості виявлення близьконульового видимого руху об'єкта розробленими обчислювальними методами від відношення сигнал/шум зображення об'єкта.

4. В 3-му розділі при проведенні статистичного моделювання для отримання відхилень вимірів положення об'єкта було використано нормальний закон розподілу. В обґрунтуванні необхідності проведення натурного моделювання вказується, що «за допомогою натурного моделювання з'являється можливість використання реальних законів розподілу помилок вимірювань положення об'єктів ... Це дозволить також дослідити закон розподілу натурних даних, отриманих з телескопів». Однак в роботі не проведено дослідження розподілу реальних даних, що було б цікавим і корисним.

5. Автору слід було б більш докладно навести перспективи та рекомендації щодо подальшого розвитку та використання розроблених обчислювальних методів обробки даних для виявлення об'єктів з близьконульовим видимим рухом.

Наведені зауваження мають окремий характер, не знижують високий науковий рівень дисертаційної роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

**Висновок.** Розглянувши дисертаційну роботу Хламова Сергій Васильович «Обчислювальні методи обробки даних для виявлення об'єктів з близьконульовим видимим рухом», автореферат, опубліковані наукові праці та додаткові матеріали, можна зробити такі висновки:

- дисертація відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи;
- тематична спрямованість роботи є актуальною, суспільно корисною й перспективною у плані продовження розпочатих досліджень;
- дисертація є цілісною, завершеною, оригінальною, самостійною кваліфікаційною науковою працею.

Вважаю, що дисертаційна робота є завершеною науково-дослідницькою роботою, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальну наукову-технічну задачу розробки обчислювальних методів виявлення близьконульового видимого руху об'єкта і методів дослідження показників якості виявлення розроблених методів, та відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Хламов С. В., заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент  
професор кафедри прикладної математики  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки,  
доктор технічних наук, професор



Кіріченко Л. О.

Підпис проф. Кіріченко Л. О. засвідчую.

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:

начальник відділу кадрів

Заст

13 02 2017



Handwritten signature of the official certifier.