

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Шатохіної Світлани Вадимівни
«Позиційні та фотометричні характеристики астероїдів за редукцією спостережних
даних з оцифрованих астронегативів УкрВО»,
що подається на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних
наук за спеціальністю 01.03.01 – Астрометрія і небесна механіка
10 — Природничі науки, 104 — Фізика та астрономія

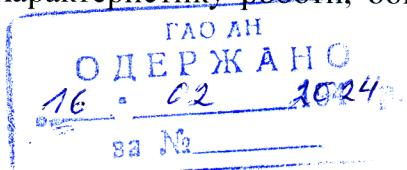
Розвиток сучасних технологій сканування та цифрової обробки даних робить фотографічні спостереження, проведенні в минулому, важливим ресурсом для астроінформатики. Це дозволяє не лише ідентифікувати астрономічні об'єкти, але також точно визначати їхні позиції та світлові характеристики на рівні, що відповідає сучасним спостереженням. Дисертаційна робота Шатохіної С.В. присвячена дослідженням позиційних та фотометричних характеристик астероїдів, спостереження яких були отримані з цифрового архіву астронегативів Фотографічного огляду північного неба (ФОН, 1981–1996 рр.) та сканованих зображень астронегативів фотографічних спостережень малих тіл Сонячної системи, що проводились в ГАО НАНУ в 1951- 1996 рр.

Старі астрономічні спостереження можуть містити цінну інформацію про стан та рух астероїдів. Обробка цих даних може допомогти в оновленні орбіт астероїдів, що важливо для прогнозування їх майбутніх траекторій та уникнення можливих зіткнень із Землею; у пошуку нових астероїдів для побудови повнішого уявлення про популяцію астероїдів у Сонячній системі; у дослідженні динаміки астероїдів, що допомагає зрозуміти еволюцію астероїдів та передбачати їхню поведінку в майбутньому; у дослідженні змін у яскравості, що може дати інформацію про структуру та склад астероїдів. Отримані каталоги положень є важливою вихідною точкою для вирішення цих завдань, тому тематика дисертаційного дослідження є актуальною, а методи і засоби досліджень - сучасними.

Дисертаційна робота виконувалась у Головній астрономічній обсерваторії НАН України та тісно пов'язана з 3 науково-дослідними темами 2012- 2023 рр.

Основні результати дисертації опубліковано в 12 наукових роботах та 9 тезах міжнародних конференцій, що не містять академічного plagiatu. Вісім наукових статей опубліковано у фахових журналах, 4 статті – в інших фахових та електронних наукових виданнях. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури і двох додатків та містить 5 таблиць, 36 рисунків та 131 найменування у списку використаних джерел. Повний обсяг тексту роботи становить 140 сторінок. Зроблені висновки до кожного розділу та загальні висновки, що містять основні результати роботи, що складають наукову новизну та винесені на захист.

У Вступі наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність



теми дисертації, сформульовано мету досліджень і конкретні завдання, які треба виконати для досягнення цієї мети. Вказано на новизну, достовірність та практичне значення роботи. Наведено публікації та конференції, де оприлюднювалися результати дисертаційної роботи. Вказано на зв'язок роботи з науковими програмами та темами, виділено особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячено огляду літератури. Наведено основні характеристики астероїдів та їх класифікація, відзначено вагомий внесок українських вчених в дослідженнях малих тіл Сонячної системи. Особливу увагу приділено фотографічним спостереженням минулих років в обсерваторіях України та історії створення Української віртуальної обсерваторії, її мети, задач, цілей та досягнень. Представлено інформацію про сканери, які були застосовані в процесі оцифрування астронегативів УкрВО, програмне забезпечення для обробки сканованих астронегативів.

У другому розділі наведено опис програми ФОН і деяких етапів її реалізації у вигляді 3 каталогів зір і галактик: ФОН-Київ, ФОН-Кітаб, ФОН-Душанбе. Наведено оцінки точності положень і зоряних величин для кожного з них. Докладно викладено обробку оцифрованих спостережень Плутона, яку можна вважати тестовою для подальших масових ототожнень астероїдів аналітичної процедурою пошуку з використанням ефемеридного сервісу HORIZONS лабораторії JPL.

Третій розділ присвячено основним результатам, що отримано у роботі, та їх аналізу. Наведено детальний опис процесу створення каталогів топоцентрічних положень і зоряних величин малих тіл Сонячної системи, що отримано за масивами спостережень ФОН-Київ, ФОН-Кітаб і ФОН-Душанбе. Зроблено аналіз точності отриманих екваторіальних координат та зоряних величин для кожного з каталогів, виконано порівнянне отриманих положень з даними ефемеридного сервісу HORIZONS. Аналіз залишкових різниць О – С показав добре узгодження отриманих положень астероїдів у каталогах ФОН-Київ і ФОН-Кітаб з ефемеридним сервісом HORIZONS та виявив, що система каталогу ФОН-Душанбе розходитьться з ефемеридними значеннями. Зроблено припущення, що це пов'язано з неточним моментом експозиції для астронегативів, що містять спостереження Гіссарської обсерваторії, але нажаль, остаточну причину цього не було знайдено.

Четвертий розділ присвячено систематизації даних фотографічних спостережень астероїдів, що виконувались у ГАО НАНУ протягом 1951-1996рр. з використанням двох різних телескопів. Порівнянне даних каталогу ФОН-Київ з результатами, що були отримані раніше, показало, що головним джерелом похибки фотографічних спостережень є застарілі опорні каталоги, що було використано у той час. Повторна астрометрична редукція даних спостережень телескопа ПДА з високоточним каталогом Gaia EDR3 суттєво покращила точність отриманих положень. Виконано порівняння каталогів, що отримано за трьома рядами спостережень астероїдів в ГАО НАНУ.

У Висновках наведено результати, які становлять новизну роботи:

- ✓ Виконано пошук зображень малих тіл на оцифрованих астронегативах фотографічних спостережень програми ФОН, за результатами яких створено 3 каталоги (ФОН-Київ, ФОН-Кітаб, ФОН-Душанбе). Каталоги містять 7289 топоцентричних положень і зоряних величин тіл Сонячної системи, переважну більшість серед яких складають астероїди головного поясу. Каталоги ФОН-Київ, ФОН-Кітаб розміщено на веб-сайтах УкрВО та Страсбурзького центру астрономічних даних.
- ✓ Для виявлення зображень астероїдів та їх ідентифікації на астронегативах розроблено методологію пошуку на основі порівнянь ефемеридних даних тіл Сонячної системи он-лайн сервісу HORIZONS і даних цифрового сканування спостережень за програмою ФОН.
- ✓ Проведено систематизацію даних та отримані оцінки точності положень астероїдів для масиву фотографічних спостережень, що було отримано на телескопах ПІША та ПДА ГАО НАНУ протягом 1951- 1996 рр. Виконано повторну астрометричну редукцію даних спостережень телескопа ПДА з метою отримання положень у системі сучасних високоточних опорних каталогів. За результатами обробки точність положень астероїдів була покращена як у випадковому, так і систематичному відношенні і склала близько 0.3 секунди дуги по обох координатах.

Отримані у дисертації результати мають наукову новизну та практичне значення. Каталоги положень астероїдів, що отримані авторкою дисертації, містять нові оригінальні дані спостережень та, для деяких об'єктів, розширяють період спостережень. Це є дуже важливим для створення ефемеридного забезпечення та вивчення орбітального руху малих тіл Сонячної системи. Представлення цих каталогів у публічно доступних астрономічних базах даних дає можливість їх подальшого використання фахівцями астрономічних установ України і світу, де проводяться дослідження малих тіл Сонячної системи. Достовірність та обґрунтованість отриманих в дисертації результатів ґрунтуються на застосуванні загальноприйнятих та добре перевірених математичних та статистичних методах отримання та обробки даних. Достовірність положень астероїдів, отриманих зі спостережень, доведено шляхом порівняння з високоточною ефемеридою Лабораторії реактивного руху США (Horizons).

Автореферат дисертації має обсяг 24 сторінок. Зміст автореферату повністю відображає зміст дисертації та основних положень. Дисертація та автореферат відповідають вимогам щодо оформлення відповідно до наказу МОН України від 12 січня 2017 року №40.

Зauważення до змісту дисертації та її оформлення.

1. Вважаю, що об'єктом дослідження даної дисертації є малі тіла Сонячної системи, а не астрометрія малих тіл Сонячної системи, як визначено у

авторефераті і тексті дисертації.

2. На **стор. 3** в анотації до дисертації стверджується, що «*Створені каталоги внесено до бази Міжнародного центру астрономічних даних, Міжнародного центру малих планет та інших публічно доступних баз даних*». Чому в основному тексті дисертації немає згадок про відправку отриманих положень до Міжнародного центру малих планет?
3. Чому нижня межа розміру астероїдів на **стор.26** вказана як 30 м, а для навколоземних об'єктів 50 м?
4. На **стор.26** зазначено, що «*група Аполлона (найчисленніша, велика піввісь орбіти яких більша за 1 а.о., а відстань у перигелії менша 1.017 а.о., – тобто практично всі вони є потенційно небезпечними)*» - Група Аполлона дійсно найчисленніша і складає згідно останнім дослідженням (Tommy Grav *et al* 2023 *Planet. Sci. J.* 4 228) 51.2% (17,600 об'єктів) від усієї чисельності відомих навколоземних об'єктів, але під визначення потенційно-небезпечних астероїдів з них підпадає тільки 1943 (згідно статистики <https://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/PHAs.html> на лютий 2024р.)
5. **Стор.28** Неправильний підпис малюнку 1.1 (*Кількість відкриттів Near-Earth Asteroids різними супутниковими апаратами за роками*) За винятком телескопа NEOWISE на малюнку представлена статистика відкриття навколоземних астероїдів наземними телескопами, що працюють або працювали у режимі оглядів зоряного неба.
6. **Стор.35** Автор стверджує, що результати Миколаївської обсерваторії «*з визначення положень малих тіл Сонячної системи визнавались за точністю й чисельністю найкращими в Україні та другими (після ГАО РАН) серед обсерваторій колишнього CPCP*». Насправді, згідно з даними онлайн інформаційного сервісу AstDyS-2 (<https://newton.spacedys.com/astdys/index.php?pc=0>), миколаївський та пулковській масиви положень астероїдів є порівнянними за чисельністю, а точність миколаївських спостережень краща.
7. **Стор.54** «*Зазвичай, плоске поле на ПЗЗ-кадрах знаходиться шляхом окремого експонування ділянки зоряного неба на окремому кадрі, знаходження середнього значення фону і врахування його при обчисленнях*» – кадр плоского поля враховує нерівномірність чутливості окремих пікселів, тому з кадру плоского поля отримуються нормовані коефіцієнти чутливості для кожного пікселя ПЗЗ матриці.
8. На **стор.56** вказується, що «*в процесі визначення координат астероїдів програмним забезпеченням CoLiTec отримано кращі оцінки точності ніж пакетом “Astrometrica”*». – це не зовсім вірно: автори приходять до висновку, що CoLiTec може знайти більше слабких об'єктів з тих, що важко розрізнити оком, але для об'єктів з відношенням сигнал/шум більше 6 результати

однакові.

9. Стор. 56 «просторовий розподіл за динамічними класами» – незрозуміло, що таке динамічний клас?
10. Стор. 68 -69 стверджується, що «*масштаб телескопа DLA, який майже втричі більший (ніж у телескопа DWA)*» - Масштаб зображення телескопу визначається як 206265"/F, тому в даному випадку повинно бути навпаки?
11. Автор пише: Стор.63 «*При порівнянні з ефемеридою середні значення різниць (O-C) за всіма 59 положеннями Плутона становили +0.05" та -0.19", а їх середні квадратичні відхилення становили 0.68" і 0.52" відповідно за координатами RA i Dec.*»
- Всього масив спостережень Плутона містить **10024** положення, з них на період **1961-1990** приходиться **548**. Так що їх внесок **10%** - що зовсім непогано! Середні квадратичні відхилення (O-C) по всім 548 спостереженням за цей період становили **0.61"** і **0.52"** відповідно за координатами RA і Dec. Так що автори по скануванню отримали досить добрий результат із **середньою точністю** для цього періоду спостережень. Але далі автор розповідає, що вони знайшли ще 30! зображень Плутона (основна частина була з архіву в Балдоне), виконали нову обробку, отримали практично такий же результат, але в MPC ці 30 положень чомусь не відправили!!!? – тільки в Страсбург і на сайт УкрВО. Так що, можливо, це і можна вважати «*хорошою астрометричною точністю*», але з тексту дисертації цього не видно.
12. На **стор.69** за результатами обробки астронегативів із зображеннями Плутона зроблено висновок, що «*отримано положення і зоряні величини Плутона з хорошою астрометричною точністю*», але, нажаль, автор ніде не наводить порівняння отриманих результатів з результатами обробки спостережень Плутона іншими авторами.
13. Стор.82 Аналіз залишкових різниць О-С показав, що середні значення О-С для положень астероїдів, що отримано за астронегативами Гіссарської обсерваторії, відрізняються від нуля на величину більше 1". В роботі зроблено припущення, що це є наслідком неточного визначення моментів експозиції астронегативів. Похибка часу достатньо легко виділяється при переході з екваторіальних різниць до різниць вздовж та впоперек руху астероїда по орбіті. Нажаль, це не було перевірено.
14. Стор.101 «*виявлено відмінності систематичного характеру між цими двома рядами спостережень у середніх різницях O-C астероїдів*», цей висновок був би більш доказовим, якщо б до цих даних були застосовані статистичні критерії типу t-критерію Стьюдента.

Ці зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи і не применшують її наукової і практичної цінності.

Таким чином дисертаційна робота Шатохіної Світлани Вадимівни «Позиційні та фотометричні характеристики астероїдів за редукцією спостережних даних з оцифрованих астронегативів УкрВО» є завершеною науково-дослідною роботою, відповідає профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.208.01, паспорту спеціальності 01.03.01 - Астрометрія і небесна механіка. Дисертаційна робота не містить елементів plagiatu, відповідає вимогам п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою КМУ від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, Шатохіна Світлана Вадимівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.01 – Астрометрія і небесна механіка 10 — Природничі науки, 104 — Фізика та астрономія.

Офіційний опонент

директор науково-дослідного інституту

“Миколаївська астрономічна обсерваторія”

доктор фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник

Олександр ШУЛЬГА

Підпис Шульги О.В. засвідчує

Заступник директора з наукової роботи

Юрій ПРОЦЮК

15.02.2024

