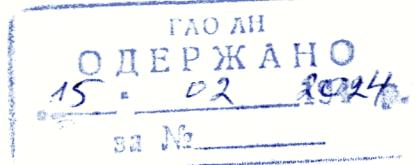


ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертацію Шатохіної Світлани Вадимівни
“Позиційні та фотометричні характеристики астероїдів за редукцією
спостережних даних з оцифрованих астронегативів УКРВО”
подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-
математичних наук за спеціальністю 01.03.01 – Астрометрія і небесна механіка
10 – Природничі науки, 104 – Фізика та астрономія

Дисертаційна робота Шатохіної Світлани Вадимівни присвячена визначенню позиційних та фотометричних характеристик астероїдів за редукцією спостережених даних з оцифрованих астронегативів Української віртуальної обсерваторії. Робота є узагальненням результатів досліджень, які були виконані особисто авторкою або за її безпосередньої участі. Автору належить ідея проведення пошуку зображень астероїдів аналітичним методом з використанням онлайнових інтернет-сервісів і результатів редукційної обробки оцифрованих астронегативів. Частину роботи з пошуку та ідентифікації астероїдів, повторної обробки ранніх спостережень малих планет в ГАО НАНУ та їх аналіз було виконано безпосередньо авторкою. Основні результати роботи викладено у 12 наукових статтях та 9 тезах міжнародних конференцій. Слід відзначити, що у 9 з 12 наукових статей Шатохіна С.В. є першим автором.

Уточнення орбіт малих тіл Сонячної системи (МТСС), таких як супутники планет, астероїди, комети, пошук аномалій у власному русі зірок, аналіз змін яскравості довгоперіодичних змінних, пошук астрофізичних транзитів тощо – це все задачі, які вирішуються за рахунок аналізу спостережень на довгих проміжках часу. Відповідно, наразі розв'язати такі задачі можливо лише через аналіз даних старих наземних фотографічних спостережень, які містять інформацію про положення та яскравість астрономічних об'єктів в найбільш ранні періоди часу. Власне, це було однією з причин створення Української віртуальної обсерваторії (УкрВО). Однак точність таких спостережень, визначається точністю старих каталогів, і, на сьогоднішній день, недостатня для уточнення сучасних теорій руху та виявлення тонких ефектів у рухах, наприклад, супутників планет. Тому обробка та підвищення точності проведених у минулому тривалих серій спостережень є наразі актуальним завданням. Відтак актуальність теми дисертаційної роботи не викликає сумнівів.

Дисертаційна робота складається з двох анотацій українською та англійською мовами, списку публікацій за темою дисертації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку із 131 використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг дисертації складає 140 сторінок, 35 рисунків та 5 таблиць.



У першому розділі коротко викладено основні характеристики астероїдів, їх просторовий розподіл у Сонячній системі, класифікацію, кількісні показники щодо астероїдів та їх спостережені в світі. Проаналізовано дані щодо архівів фотографічних спостережень астрономічних обсерваторій України, які є основою УкрВО. Увага приділена етапам створення УкрВО та її об'єднаному цифровому архіву (ОЦА), який акумулює всі скани астронегативів і забезпечує широкий доступ до них. Також у розділі подана інформація про сканери, які були застосовані в процесі оцифрування астронегативів, їх дослідження та виявлені інструментальні похибки. Також приділена увага програмному забезпечення для обробки зображень оцифрованих астронегативів, яке разом з методикою оцифрування є тими засобами, які покращать астрометричну точність минулих фотографічних спостережень небесних тіл.

У другому розділі приведено короткий опис програми Фотографічного огляду північного неба (ФОН) і деяких етапів її реалізації. Увагу зосереджено на подібності методик оцифрування й опрацювання спостережних даних трьох обсерваторій, задіяних у виконанні програми ФОН, і, за результатами яких, були створені як каталоги координат і зоряних величин зірок і галактик, так і каталоги МТСС. Для ідентифікації останніх дисертанткою було запроваджено аналітичний підхід, що полягав у порівнянні визначених екваторіальних координат всіх наявних об'єктів на сканах із ефемеридами МТСС, які генеруються за допомогою онлайнових інтернет-сервісів. Проаналізовані переваги й недоліки такого підходу.

Слід відмітити, що роботу з опрацювання з оцифрованих архівів УкрВО всіх спостережень Плутона, дисертантка вважає тестовою для подальших досліджень позиційних та фотометричних характеристик МТСС, зокрема астероїдів. Детально описано використані оцифровані дані, отримані зі спостережень на шести телескопах трьох обсерваторій України і обсерваторії в Балдоне (Латвія), положення і зоряні величини Плутона, наведено середні значення О-С та їхні відхилення, виконано спробу дослідити на тривалому інтервалі спостережень фотографічних зоряних величин Плутона інші фотометричні характеристики, зокрема отримати довгочасовий тренд зміни його зоряної величини.

У третьому розділі за результатами ідентифікації МТСС по оцифрованим платівкам з програм ФОН-Київ, ФОН-Кітаб і ФОН-Душанбе проаналізовано створені 3 каталоги загальною кількістю 7289 положень і зоряних величин об'єктів, переважно астероїдів. З аналізу парних одночасних спостережень отримано випадкові похибки визначення координат і зоряних величин астероїдів. З вимірюваних та ефемеридних положень пораховано різниці О-С, виконано порівняльний аналіз даних каталогів трьох частин програми ФОН-Київ, ФОН-Кітаб і ФОН-Душанбе. Серед усіх даних виявлені астероїди, характеристики яких мають особливий інтерес, такі як «передвідкриті», подвійні або кратні системи.

Четвертий розділ присвячено порівняльному аналізу і систематизації всіх даних про астероїди, які були отримані в ГАО НАН України за весь період фотографічних спостережень. З аналізу О-С астероїдів було з'ясовано, що на довгофокусному астрографі ГАО точність найстаріших спостережень 1951–1986 рр. є досить низькою, очевидно за рахунок похибок, які виникають при використанні в якості опорних старих зоряних каталогів. Була виконана переобробка таких спостережень з використанням сучасних каталогів Tycho-2, Gaia DR2 та Gaia EDR3, внаслідок чого точність визначення координат положень астероїдів значно покращилася.

У **Висновках** по пунктах наведено основні результати, які становлять новизну роботи, а саме:

1. Створено три каталоги положень і зоряних величин астероїдів, отриманих за програмою «Фотографічного огляду північного неба» 1981–1996 рр. з архіву оцифрованих астронегативів УкрВО: ФОН-Київ містить 2292, ФОН-Кітаб містить 2728, ФОН-Душанбе містить 2269 положень і зоряних величин малих тіл Сонячної системи, переважно астероїдів. Перші два з зазначених каталогів увійшли до міжнародних баз астрономічних даних.

2. Вперше для пошуку зображень астероїдів та їх ідентифікації застосовано аналітичний підхід на основі порівнянь ефемеридних даних астероїдів і визначених з оцифрованих спостережень даних всіх зафікованих об'єктів. Проведено його апробацію, виявлено переваги й недоліки та використано для подальшого пошуку 4 зображень малих тіл Сонячної системи за оцифрованими даними різних архівів спостережень.

3. Каталог ФОН-Київ, у частині спостережень програми в Голосієві, є суттєвим доповненням до загальної кількості положень астероїдів, отриманих в ГАО НАН України в 1951–1996 рр. За оцифрованими даними оцінено зоряні величини астероїдів, які є результатом калібрування отриманих фотографічних величин з фотоелектричними стандартами зір для всіх, без винятку, зафікованих об'єктів на астронегативах.

4. Зібрано і систематизовано всі позиційні дані астероїдів, отримані в минулі часи із спостережень за допомогою астрографів DLA і DWA в ГАО НАН України. З метою осучаснення даних ранніх спостережень з телескопом DLA виконано нову редукційну обробку минулих вимірювань астронегативів з новими опорними каталогами Gaia DR2, Gaia EDR3 і Tycho-2.

5. Виявлено, що за оцифрованими даними програми ФОН в Києві середні значення О-С астероїдів становлять -0.09 ± 0.05 arcsec за координатами RA і Dec, а їх стандартні відхилення становлять 0.74 ± 0.66 arcsec. Відповідні значення для DWA-спектрографічних спостережень астероїдів становлять $+0.01 \pm 0.12$ та 0.52 ± 0.46 arcsec, оновлені відповідні значення для DLA-спектрографічних спостережень астероїдів у 1951–1986 рр. становлять

0.00 і +0.07 та 0.34 і 0.29 arcsec. Така позиційна точність є достатньо високою і типовою для фотографічних спостережень, але не може бути порівняною з сучасними високоточними ПЗЗ-спостереженнями астероїдів.

Всі результати отримані вперше та мають наукову новизну та практичну цінність. Автореферат повністю відображає зміст дисертації. Дисертація та автореферат відповідають вимогам щодо оформлення відповідно до наказу МОН України №40 від 12 січня 2017 року.

Зауваження до змісту та оформлення дисертаційної роботи:

1. Методи дослідження. Не можуть оцифровані зображення чи астронегативи бути методом, оскільки методи дослідження – це процес. 4 пункт методів звучить як результат.
2. Стор. 70-71. “За власними програмами порівняння й аналізу отриманих даних та з урахуванням значень FWHM і інтенсивностей зображень на сканах астронегативів”. Бажано було б розписати, яким чином програми визначають тотожність об’єктів в базі даних і на зображені, особливо з великою кількістю зореподібних об’єктів в кадрі. В роботі часто в подібних випадках читач відсилається на певну статтю.
3. В роботі порівнюються зоряні величини, які були отримані з різних джерел, в тому числі й баз даних. Однак не зрозуміло, чи приводилися вони до однієї фотометричної системи.
4. Варто було б обґрунтовувати певний вибір тієї чи іншої величини. Наприклад, на стор. 66 у формулі для виключення впливу змін гео- і геліоцентричних відстаней планети і фазових кутів береться лінійний фазовий коефіцієнт рівний 0.041 зор.вел./град з роботи (Аврамчук та ін., 1992). Однак сам фазовий коефіцієнт та його фізичне тлумачення дається на прийняту фотометричну модель, яка залежить від якості даних і того, наскільки добре вибрана фазова крива. Тому таке вибране значення мало б бути обґрунтовано, наприклад, сумісністю результата з даними Аврамчук та ін., але чи вплинув би інший коефіцієнт на результат визначення вікового тренду з порівняння, наприклад, з іншими авторами.
5. В тексті дисертації зустрічаються граматичні помилки, неточності та не зовсім вдало сформульовані речення. Кілька прикладів:
 - стор. 28, підпис до Рис. 1.1. “Кількість відкриттів Near-Earth Asteroids різними супутниковими апаратами за роками.” На рисунку наведені результати не космічних, а наземних спостережень різних проектів.
 - стор. 29. “параметр світності” у застосуванні до альбедо
 - стор. 31. “Рис. 1.2. Розподіл спектральних **типов** астероїдів ...”
 - стор. 32. “Д.Ф. Лупишка”

стор. 40 "Основна складова цього інформаційного ресурсу - це неоцифровані скляні бібліотеки обсерваторій України, які становлять собою важкодосяжне сховище великого обсягу астрономічних даних, найчастіше оброблених на кілька відсотків від їх справжнього потенціалу."

Однак зроблені зауваження не впливають на науковий зміст роботи та не зменшують наукову та практичну цінність результатів.

Відтак, вважаю що, дисертаційна робота Шатохіної Світлани Вадимівни "Позиційні та фотометричні характеристики астероїдів за редукцією спостережних даних з оцифрованих астронегативів УКРВО", є повністю завершеним науковим дослідженням, виконаним на високому науковому рівні, повністю відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її авторка, Шатохіна Світлана Вадимівна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.01 – Астрометрія і небесна механіка, 10 – Природничі науки, 104 – Фізика та астрономія.

15 лютого 2024 року.

Офіційний опонент

Завідувач сектором астрометрії та малих тіл Сонячної системи
Астрономічної обсерваторії Київського національного
університету імені Тараса Шевченка,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Ігор ЛУК'ЯНИК

Підпис Лук'яника І.В. ЗАСВІДЧУЮ
Директор Астрономічної обсерваторії
Київського національного
університету імені Тараса Шевченка,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Володимир ЄФІМЕНКО

