

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання
Кафедра Медіасистеми та технології
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Комп'ютерні технології та системи
видавничо-поліграфічних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри МСТ _____

(підпис)

« 25 » листопада 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Плігунової Ельвіри Володимирівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів обробки астрономічного відео
в завданні розпізнавання об'єктів

затверджена наказом по університету від _____ 18 листопада 2024 р. № 190 Стз

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 18 січня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Методи обробки астрономічного відео; Критерії оцінки якості відео; Методи обробки
зображень


4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Вступ; Аналіз стану проблеми обробки астрономічного відео; Постанова задачі дослідження;
Експериментальна частина; Розробка рекомендацій; Економічна частина; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Титульний слайд; Вступ; Мета та актуальність; Задачі; Формування гіпотези; Проблеми
і виклики в обробці астрономічного відео; Основні параметри відео; Оптимальна кількість
кадрів; Вибір методів обробки та їх реалізація; Перевірка отриманих результатів;
Ототожнення об'єктів; Розроблені рекомендації; Економічна частина; Виноски;
Публікації.

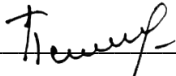
6. Консультанти розділів роботи

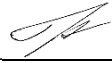
| Найменування розділу | Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові) | Позначка консультанта про виконання розділу | |
|----------------------|---|--|------------|
| | | підпис | дата |
| Основна частина | проф. Григор'єв О.В. |  | 10.01.2025 |
| Економічна частина | ас. Помогалова Н.В. | | 03.01.2025 |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---|----------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз стану проблеми | 06.11.2024 | виконано |
| 2 | Постановка задачі дослідження | 11.11.2024 | виконано |
| 3 | Вибір методів дослідження | 15.11.2024 | виконано |
| 4 | Проведення дослідження | 20.11.2024 | виконано |
| 5 | Перевірка отриманих результатів | 05.12.2024 | виконано |
| 6 | Розробка рекомендацій | 15.12.2024 | виконано |
| 7 | Економічна частина | 25.12.2024 | виконано |
| 8 | Оформлення пояснювальної записки | 31.12.2024 | виконано |
| 9 | Оформлення графічної частини | 09.01.2025 | виконано |

Дата видачі завдання 25 листопада 2024 р.

Здобувач  Плігунова Е.В.
(підпис)

Керівник роботи  проф. Григор'єв О.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 56 с., 5 табл., 7 рис., 14 джерел.

АСТРОНОМІЧНЕ ВІДЕО, ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ; КАДР, МЕТОД ЛАПЛАСА, МЕДІАНІЙ ФІЛЬТР, ФІЛЬТР ГАУСА, ФІЛЬТР БАТТЕРВОРДА; ІДЕАЛЬНИЙ ВИСОКОЧАСТОТНИЙ ФІЛЬТР; МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методів обробки астрономічного відео для ефективного ототожнення небесних об'єктів.

Актуальність теми дослідження зумовлена постійним зростанням обсягу астрономічних даних, які потребують обробки, а також необхідністю точного ототожнення об'єктів для подальших наукових досліджень. Сучасні технології та методи обробки відео дозволяють отримати нові знання про структуру та динаміку Всесвіту, що робить це дослідження важливим для астрономії.

Об'єктом дослідження є процес обробки астрономічного відео, Він включає в себе технології, алгоритми та методи, які використовуються для аналізу відеоматеріалів з метою ототожнення астрономічних об'єктів.

Предметом дослідження є конкретні методи та алгоритми обробки астрономічного відео. Вони дозволяють зменшити кількість помилкових сигналів і підвищити точність ототожнення об'єктів.

Гіпотезою даного дослідження є припущення, що адаптація алгоритмів обробки астрономічного відео до специфічних умов спостережень здатна підвищити точність ототожнення небесних об'єктів. Це, у свою чергу, сприятиме зниженню кількості помилкових виявлень, оптимізації ідентифікації об'єктів та зробить процес доступнішим для широкого спектра користувачів, включаючи аматорів астрономії.

ABSTRACT

The explanatory note contains 56 p., 5 tabl., 7 fig., 14 sources.

ASTRONOMICAL VIDEO, IMAGE PROCESSING; FRAME, LAPLACE METHOD, MEDIAN FILTER, GAUSSIAN FILTER, BUTTERWORTH FILTER; IDEAL HIGH-FREQUENCY FILTER, STATISTICAL ANALYSIS METHODS.

The purpose of this qualification work is to study methods for processing astronomical video to ensure the effective identification of celestial objects.

The relevance of the research topic is determined by the constant growth in the volume of astronomical data requiring processing, as well as the necessity for precise identification of objects for further scientific investigations. Modern technologies and video processing methods enable the acquisition of new insights into the structure and dynamics of the Universe, making this research vital for the field of astronomy.

The object of the research is the process of astronomical video processing. It encompasses technologies, algorithms, and methods used to analyze video materials with the aim of identifying astronomical objects.

The subject of the research is specific methods and algorithms for processing astronomical video. These methods aim to reduce the number of false signals and improve the accuracy of object identification.

The hypothesis of this research suggests that adapting astronomical video processing algorithms to the specific conditions of observations can enhance the accuracy of celestial object identification. This, in turn, will contribute to reducing the number of false detections, optimizing object identification, and making the process more accessible to a broader range of users, including amateur astronomers.

ЗМІСТ

| | С. |
|---|----|
| СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ | 7 |
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОБРОБКИ АСТРОНОМІЧНОГО ВІДЕО... 10 | 10 |
| 1.1 Загальні аспекти обробки астрономічного відео | 10 |
| 1.2 Історія розвитку обробки астрономічного відео | 12 |
| 2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ | 15 |
| 2.1 Обґрунтування доцільності дослідження та визначення ключових завдань | 15 |
| 2.2 Визначення критеріїв для оцінювання | 18 |
| 2.3 Визначення основної гіпотези дослідження | 20 |
| 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ | 22 |
| 3.1 Опис експериментальних умов та підготовка даних..... | 22 |
| 3.2 Основні параметри відеозйомки для астрономічних спостережень..... | 24 |
| 3.3 Вибір оптимальної кількості кадрів | 25 |
| 3.4 Вибір методів обробки та їх реалізація | 27 |
| 3.5 Ототожнення об'єктів за допомогою ПЗ..... | 36 |
| 4 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ..... | 42 |
| 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА | 45 |
| 5.1 Характеристика науково-дослідної роботи..... | 45 |
| 5.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата | 45 |
| 5.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР..... | 47 |
| 5.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи..... | 51 |
| 5.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР | 52 |
| ВИСНОВКИ | 54 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 55 |

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

AIPS – Astronomical Image Processing System.

CPU – центральний процесор (Central Processing Unit).

IRAF – Image Reduction and Analysis Facility.

GPU – графічний процесор (Graphics Processing Unit).

FN – помилка другого роду (False Negatives).

FP – помилка першого роду (False Positives).

FPS – частота кадрів (Frames Per Second).

НДР – науково-дослідна робота.

ШІ – штучний інтелект.

ВСТУП

У сучасному науковому світі високотехнологічні засоби спостереження значно розширюють можливості астрономічних досліджень. Зокрема, методи обробки астрономічного відео є важливою частиною роботи у сфері космічних спостережень, що дозволяє підвищити ефективність виявлення та ідентифікації об'єктів. Зважаючи на обмеженість стандартних підходів до обробки астрономічного відео, актуальним є вивчення і вдосконалення методів, що забезпечують зменшення хибних сигналів та високу точність ідентифікації об'єктів у великому масиві відеоданих.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методів обробки астрономічного відео для ефективного ототожнення небесних об'єктів. Дослідження фокусується на вивченні та аналізі існуючих підходів до обробки відеоданих, визначенні оптимальних методів, що сприяють зменшенню кількості помилкових об'єктів, а також розробці ефективних алгоритмів для подальшої обробки даних.

Актуальність теми дослідження зумовлена постійним зростанням обсягу астрономічних даних, які потребують обробки, а також необхідністю точного ототожнення об'єктів для подальших наукових досліджень. Сучасні технології та методи обробки відео дозволяють отримати нові знання про структуру та динаміку Всесвіту, що робить це дослідження важливим для астрономії.

Об'єктом дослідження є процеси обробки астрономічного відео, що включають технології, алгоритми та методи, які використовуються для аналізу відеоматеріалів з метою ототожнення астрономічних об'єктів.

Предметом дослідження є конкретні методи та алгоритми обробки астрономічного відео, які дозволяють зменшити кількість помилкових сигналів і підвищити точність ототожнення об'єктів. Це також включає аналіз ефективності різних підходів до обробки кадрів відео та їх зіставлення з існуючими каталогами астрономічних об'єктів для ідентифікації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- аналіз сучасних методів обробки астрономічного відео для ідентифікації об'єктів;
- визначення найбільш доцільних методів, які мінімізують кількість хибних виявлень;
- поділ відео на кадри з оптимальною кількістю кадрів;
- застосування обраних методів обробки до відеокадрів для ідентифікації об'єктів;
- ототожнення об'єктів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення;
- перевірка отриманих результатів;
- розробка рекомендацій щодо обробки астрономічного відео для підвищення точності ототожнення об'єктів.

Теоретична значущість полягає в поглибленні знань щодо методів обробки астрономічного відео та їхнього впливу на процес ототожнення об'єктів. Практична значущість полягає в розробці рекомендацій щодо оптимізації методів обробки відео, що можуть бути впроваджені в астрономічні дослідження та сприяти точнішому ідентифікації небесних об'єктів.

Для досягнення мети були використані такі методи дослідження, як аналіз літературних джерел, систематизація зібраного за темою матеріалу, класифікація і узагальнення, виявлення структури, проектування, практичне опрацювання. Інформаційну базу проекту складають літературні і навчальні джерела, довідники, ресурси в мережі Інтернет.

За темою роботи були написані тези доповідей на ІХ Міжнародну науково-технічну конференцію «Поліграфічні, мультимедійні та web-технології».

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ОБРОБКИ АСТРОНОМІЧНОГО ВІДЕО

Сучасний світ астрономії переживає революційні зміни, зокрема завдяки розвитку технологій, що дозволяють аматорам та професіоналам отримувати та аналізувати астрономічні дані [1]. Серед цих технологій особливе місце займає обробка астрономічного відео, яка відкриває нові горизонти в дослідженні небесних об'єктів. Зі збільшенням доступності телескопів та камер, що підтримують запис відео, зростає число любителів астрономії, які активно беруть участь у наукових дослідженнях. Завдяки цьому, обробка астрономічного відео стає важливим інструментом для виявлення та ідентифікації об'єктів, що дозволяє розширити наші знання про Всесвіт.

1.1 Загальні аспекти обробки астрономічного відео

Обробка астрономічного відео має значення не тільки для професійних астрономів, але й для широкої громадськості, адже вона дозволяє кожному, хто має доступ до технологій, долучитися до наукової діяльності. Сьогодні багато аматорських астрономів мають можливість знімати відео з небесними об'єктами, такими як планети, комети та інші астрономічні явища, і проводити їх аналіз. Цей процес не лише приносить задоволення від спостереження, але й допомагає виявляти нові об'єкти та аномалії в космосі, що раніше могли залишитися непоміченими.

Обробка астрономічного відео включає в себе використання різних методів і технологій, що допомагають покращити якість отриманих даних і виявити на них небесні об'єкти. Сучасні підходи базуються на алгоритмах комп'ютерного зору, машинного навчання та інших інтелектуальних системах, які здатні аналізувати великі обсяги інформації, швидко виявляти об'єкти та здійснювати їх ідентифікацію. Завдяки цим методам, аматори можуть не лише

спостерігати за небом, але й вносити свій внесок у наукові дослідження, підтверджуючи або спростовуючи існуючі теорії.

Важливим елементом є й те, що з кожним роком з'являються нові інструменти і ресурси, які допомагають в обробці та аналізі астрономічних даних, що робить цю діяльність більш доступною та зрозумілою.

Обробка астрономічного відео розпочинається з запису, в якому камера захоплює світло, що відбивається або випромінюється небесними об'єктами. Цей процес може включати в себе як стаціонарні, так і мобільні телескопи, а також камери, що підтримують високі швидкості зйомки. Після запису, дані підлягають обробці, яка може включати в себе різноманітні етапи, такі як фільтрація шуму, корекція кольору, виділення об'єктів та їх класифікація.

Процеси обробки астрономічного відео зазвичай включають наступні етапи:

- обробка даних: цей етап передбачає усунення шуму [2], корекцію спотворень та підвищення якості зображення. Використання різних фільтрів та алгоритмів дозволяє покращити чіткість та контрастність зображення;

- аналіз кадрів: на цьому етапі відео розбивається на окремі кадри для детального аналізу кожного з них. Це дозволяє виявити навіть невеликі зміни в положенні об'єктів та зафіксувати їх рух;

- виявлення об'єктів: на цьому етапі застосовуються алгоритми комп'ютерного зору для виявлення небесних об'єктів, таких як зірки, планети та інші астрономічні явища. Це може включати в себе використання методів, таких як сегментація зображення, яка допомагає розділити об'єкти від фону;

- порівняння з астрономічними каталогами: отримані дані про виявлені об'єкти порівнюються з наявними каталогами небесних тіл, що дозволяє підтвердити або спростувати їхню ідентифікацію. Це важливий крок, оскільки він забезпечує наукову основу для ототожнення виявлених об'єктів;

- зворотний зв'язок і валідація: після аналізу та ідентифікації, результати обробки можуть бути піддані перевірці та валідації з боку професіоналів або дослідницьких груп, що підтверджує їхню точність та надійність.

Ці етапи демонструють, наскільки важливою є обробка астрономічного відео для досягнення точних результатів у виявленні та ідентифікації небесних об'єктів. Однак, поряд із цими перевагами, існують і виклики, які потребують уваги. Однією з основних проблем є наявність хибних спрацьовувань – ситуацій, коли алгоритми помилково вважають, що виявлені об'єкти є небесними тілами, тоді як насправді це може бути просто шум або артефакти зображення.

Важливо також відзначити, що з розвитком технологій, таких як штучний інтелект та машинне навчання, процеси обробки астрономічного відео стають все більш автоматизованими і точними. Ці технології дозволяють навчати системи на основі попередніх даних, покращуючи їх здатність виявляти і класифікувати об'єкти в реальному часі. Завдяки цьому, аматори астрономії мають можливість не лише робити спостереження, але й активно долучатися до наукової роботи, зменшуючи навантаження на професійних астрономів. Таким чином, обробка астрономічного відео є важливою та динамічно розвивається галуззю, що відкриває нові можливості для дослідження Всесвіту.

1.2 Історія розвитку обробки астрономічного відео

Обробка астрономічного відео є динамічною і важливою галуззю астрономії, яка зазнала значних змін з моменту свого виникнення. Ця технологія стала можливістю для астрономів, як професіоналів, так і аматорів, отримувати, аналізувати та інтерпретувати дані з небесних тіл, вивчаючи їхні властивості та поведінку. Історія розвитку обробки астрономічного відео можна розглядати в кількох основних етапах.

Витоки обробки астрономічного відео можна простежити до часів, коли астрономи почали використовувати телескопи для спостереження небесних об'єктів. Перші телескопи, створені в XVII столітті, дозволили вивчати зорі, планети і місяці з новою точністю [3]. Проте обробка зображень у той час обмежувалася ручним малюванням і спостереженням, що не давало можливості для точного збереження та аналізу даних.

З початком ХХ століття астрономи почали використовувати фотографічні пластини для запису зображень. Цей етап можна вважати першим кроком до цифрової обробки. Використання фотографій дало можливість зберігати спостереження для подальшого аналізу, хоча обробка зображень була вкрай обмеженою. Астрономи змушені були покладатися на фізичні методи для аналізу даних, що вимагало багато часу і зусиль.

Справжній прорив стався в середині ХХ століття, коли з'явилися перші електронні камери та відеотехнології. Використання відеокамер замість традиційних фотографічних пластин відкрило нові можливості для астрономії. Астрономи змогли знімати рухомі зображення небесних об'єктів, що дало змогу досліджувати їхню динаміку та зміну з часом.

Перші астрономічні відеоспостереження були обмежені якістю зображення та роздільною здатністю камер. Однак, незважаючи на ці обмеження, астрономи почали отримувати цінні дані про метеорні потоки, зміни в кольорах зірок і інші астрономічні явища. Це був етап, коли з'явилась необхідність в обробці відео для аналізу та збереження даних.

З переходом до цифрових технологій у 1980-х і 1990-х роках обробка астрономічного відео зазнала кардинальних змін. З'явилися нові типи цифрових камер, які забезпечували високу роздільну здатність і можливість зберігати великі обсяги даних. Цифрові технології дозволили астрономам не лише знімати зображення, але й обробляти їх за допомогою комп'ютерних алгоритмів.

Цей період ознаменувався розвитком програмного забезпечення для обробки зображень, яке стало доступним для астрономів. Астрономи почали використовувати такі інструменти, як IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) та AIPS (Astronomical Image Processing System), для аналізу астрономічних даних. Ці програми дозволяли проводити калібрування, фільтрацію, злиття та інші операції з зображеннями, що значно покращило якість обробки даних.

У 2000-х роках обробка астрономічного відео отримала новий поштовх завдяки розвитку нових технологій, таких як штучний інтелект (ШІ) та

машинне навчання. Ці інновації дозволили астрономам автоматизувати процеси обробки та аналізу даних. Наприклад, алгоритми машинного навчання почали використовуватися для виявлення та класифікації астрономічних об'єктів на зображеннях, що значно спростило роботу дослідників.

Водночас зростаюча популярність астрономії серед аматорів призвела до збільшення кількості астрономічних відео, які знімалися за допомогою доступних відеокамер і телескопів. Аматори почали використовувати доступні програми для обробки відео, що дозволило їм ідентифікувати та вивчати небесні об'єкти. Це призвело до збільшення кількості внесків від аматорів у наукові дослідження.

Сьогодні обробка астрономічного відео є важливою складовою сучасної астрономії [4]. Використання нових технологій, таких як високошвидкісні камери, адаптивна оптика, та інші інновації, продовжує вдосконалювати якість зображень. Зростання обсягу даних, які отримуються з астрономічних спостережень, вимагає нових підходів до обробки та аналізу, що відкриває нові горизонти для дослідників.

Крім того, розробка нових алгоритмів для обробки даних, які базуються на принципах машинного навчання, дозволяє автоматизувати виявлення астрономічних об'єктів і скоротити час, необхідний для їх аналізу. Системи на основі штучного інтелекту здатні швидко обробляти величезні обсяги даних, виявляти закономірності та робити висновки, що допомагає астрономам зосередитися на важливіших питаннях досліджень.

Обробка астрономічного відео пройшла значний шлях розвитку, починаючи з перших спостережень за допомогою телескопів до сучасних технологій, що використовують штучний інтелект і машинне навчання. Сьогодні ця галузь є невід'ємною частиною астрономічних досліджень, яка дозволяє отримувати нові знання про Всесвіт, зокрема про його структуру, еволюцію та динаміку. Продовження інновацій у цій сфері відкриває нові можливості для подальших відкриттів і досліджень, а також сприяє залученню нових ентузіастів до астрономії.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування доцільності дослідження та визначення ключових завдань

В умовах швидкого розвитку технологій спостереження за космічними об'єктами зростає потреба у вдосконаленні методів обробки астрономічного відео для надійного ідентифікування та класифікації об'єктів. Застосування сучасних алгоритмів для автоматизації цих процесів не тільки підвищує точність ідентифікації, але й знижує вплив людського фактора, мінімізуючи кількість помилкових виявлень. Це особливо актуально для аматорів астрономії, які завдяки доступності обладнання можуть брати участь у виявленні нових об'єктів і здійснювати значний внесок у розвиток науки.

Основна мета даного дослідження полягає у розробці оптимальних рекомендацій із застосуванням відомих методів для обробки астрономічного відео з метою підвищення точності та ефективності ідентифікації небесних об'єктів. Для досягнення цієї мети визначено низку ключових завдань, виконання яких дозволить комплексно оцінити та вдосконалити існуючі методики обробки відео, а також запропонувати нові підходи, що можуть забезпечити надійніші результати. Нижче наводиться перелік завдань дослідження разом із поясненням їхньої доцільності та ролі у досягненні загальної мети роботи.

Аналіз сучасних методів обробки астрономічного відео для ідентифікації об'єктів. Провести ґрунтовний огляд актуальних методів обробки відео, які застосовуються для автоматичного виявлення об'єктів у космічних спостереженнях. Передбачає вивчення існуючих алгоритмів, що використовуються для ідентифікації об'єктів на астрономічних зображеннях, таких як методи фільтрації шумів, виділення контурів та аналізу руху об'єктів. Необхідно визначити, які алгоритми демонструють найвищу ефективність для

виявлення слабких або малопомітних об'єктів у складних умовах, таких як зашумлене зображення або малий розмір об'єкта. Також важливо розглянути їх здатність швидко обробляти великі обсяги відеоданих, що особливо актуально для реальних спостережень:

- визначення найбільш доцільних методів, які мінімізують кількість хибних виявлень. Здійснити порівняльний аналіз методів, що дозволяють мінімізувати ймовірність хибного спрацювання при ідентифікації об'єктів. Це завдання потребує дослідження методів, які дозволяють ефективно відокремити реальні об'єкти від артефактів або шуму, що виникає під час зйомки або обробки зображень. Сюди відносяться методи адаптивної фільтрації, відокремлення фонового шуму, а також алгоритми класифікації об'єктів, які допомагають визначати об'єкти, що можуть помилково ідентифікуватися як небесні тіла. Вибір оптимальних алгоритмів дозволить забезпечити точніше розпізнавання об'єктів та уникнути зайвих помилкових спрацювань;

- поділ відео на кадри з оптимальною кількістю кадрів. Розробити підходи до розбиття відеозапису на окремі кадри, щоб оптимізувати частоту обробки і знизити навантаження на систему. Необхідно визначити оптимальний інтервал між кадрами для збереження всіх необхідних даних про рухомі об'єкти, уникаючи надмірної кількості кадрів, що можуть бути зайвими. Оптимізація частоти обробки дозволить зменшити загальний обсяг інформації, що потребує аналізу, при цьому зберігши всі необхідні дані для подальшої ідентифікації об'єктів. Важливо знайти баланс між кількістю кадрів і точністю відображення руху об'єктів у відео;

- застосування обраних методів обробки до відеокадрів для ідентифікації об'єктів. Після вибору методів обробки необхідно провести їхнє практичне застосування до отриманих відеокадрів з метою ідентифікації небесних об'єктів. Передбачає розробку або адаптацію алгоритмів для автоматичної обробки відеокадрів, виділення об'єктів та їхню початкову класифікацію [5];

– ототожнення об'єктів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, провести аналіз та ототожнення виявлених об'єктів. Кожен ідентифікований об'єкт зіставляється з базами даних астрономічних каталогів для перевірки його унікальності та визначення, чи є він відомим або новим небесним тілом. Програмне забезпечення дозволяє автоматизувати цей процес, використовуючи потужні алгоритми обробки та порівняння даних. Завдяки цьому можна досягти високої точності ототожнення, що є важливим для астрономічних досліджень;

– перевірка отриманих результатів. Здійснити комплексну перевірку отриманих результатів для забезпечення їхньої надійності та точності. Цей етап передбачає статистичний аналіз ідентифікованих об'єктів, що включає обчислення показників, таких як помилки першого роду (хибно позитивні) та другого роду (хибно негативні), а також загальний час обробки кадрів. Результати будуть представлені у вигляді таблиці з порівнянням ключових показників для кожного обробленого кадру або сукупності кадрів, що дозволить оцінити ефективність обраних методів обробки відео. У випадку виявлення суттєвих розбіжностей або сумнівних результатів, рекомендується проведення додаткової верифікації з використанням фахівців або автоматизованих експертних систем для мінімізації кількості помилкових виявлень і підвищення точності ідентифікації;

– розробка рекомендацій щодо обробки астрономічного відео для підвищення точності ототожнення об'єктів. На основі отриманих результатів дослідження, будуть розроблені рекомендації щодо оптимізації процесів обробки, що включатиме вибір найбільш ефективних методів, алгоритмів і технологій. Це дозволить зменшити кількість помилкових сигналів, покращити точність ототожнення та забезпечити більш ефективне використання наявних астрономічних каталогів у практиці обробки астрономічного відео.

2.2 Визначення критеріїв для оцінювання

Для оцінювання ефективності та точності методів обробки астрономічного відео у процесі ідентифікації об'єктів розроблено низку критеріїв. Серед основних критеріїв – кількість та типи помилок, швидкість обробки даних, а також точність ідентифікації об'єктів. Ці показники дозволяють провести всебічний аналіз ефективності алгоритмів, виявляючи їх сильні та слабкі сторони, а також допомагають у виборі найбільш відповідних для астрономічних досліджень методів.

Оцінка помилок першого (хибно-позитивних) і другого роду (хибно-негативних) є важливим індикатором ефективності обраних методів обробки астрономічного відео. Помилки першого роду (хибно-позитивні) означають випадки, коли система помилково визначає об'єкт, якого насправді не існує, або приписує властивості, що не відповідають дійсності. Це може статися, коли програма реагує на фоновий шум, космічні промені, або артефакти зображення, приймаючи їх за об'єкти. Хибно-позитивні помилки призводять до неефективної витрати ресурсів на додаткову обробку та аналіз цих об'єктів, що затягує процес верифікації та впливає на загальну точність спостережень.

Помилки другого роду (хибно-негативні) трапляються, коли система не виявляє реальний об'єкт, який присутній у кадрі. Цей тип помилок є серйозною проблемою, оскільки призводить до втрати даних і може завадити виявленню рідкісних або важливих астрономічних явищ, таких як нові зірки чи швидкоплинні події. Такі помилки знижують ефективність методу обробки, оскільки програма не виконує свою основну функцію – виявлення об'єктів.

Для зниження помилок обох типів необхідно використовувати складніші алгоритми, які можуть відрізнити фон від об'єктів, враховувати специфіку обробки низької якості зображень і мінімізувати вплив шумів. Наприклад, методи машинного навчання, такі як згорткові нейронні мережі, показують високу ефективність у навчанні розрізнення істинних та хибних об'єктів, але потребують значного обсягу навчальних даних та потужних обчислювальних ресурсів.

Час обробки відеоданих відіграє важливу роль у роботі з астрономічною інформацією, особливо при аналізі великих обсягів відео. У сучасній практиці важливим є здатність алгоритму забезпечувати швидку обробку даних без значної втрати точності. Час обробки залежить від багатьох факторів, основні з яких наведено нижче:

- обчислювальна потужність використовуваного обладнання. Прискорення процесу обробки часто досягається завдяки використанню сучасних високопродуктивних процесорів (CPU) або графічних процесорів (GPU), що можуть обробляти великі обсяги даних паралельно;

- складність алгоритму. Більш детальні або багаторівневі алгоритми, що враховують широкий спектр параметрів, можуть забезпечити високу точність, але одночасно значно збільшують час обробки;

- оптимізація програмного забезпечення. Використання оптимізованих алгоритмів з можливістю паралельної обробки даних або адаптації до конкретних завдань дозволяє підвищити швидкість роботи системи.

Ідеальним варіантом є досягнення балансу між швидкістю і точністю. Для оцінки цього критерію доцільно використовувати тестування з різними налаштуваннями та сценаріями, щоб визначити оптимальні параметри для збереження точності і швидкості обробки. Наприклад, порівняльний аналіз часу обробки для кількох варіантів налаштувань або різних алгоритмів допоможе виявити, який із них є найефективнішим для обраної мети.

Час обробки є особливо важливим для випадків, коли потрібно проводити спостереження за швидкоплинними подіями, такими як спалахи нових зірок, що мають короткий термін життя. У таких випадках можливість швидкої обробки і реагування на нові події стає ключовою для отримання цінної наукової інформації.

Точність ідентифікації є критерієм, що визначає ефективність алгоритму обробки відео для виявлення реальних об'єктів і їх правильного ототожнення. Точність вимірюється відсотком правильно ідентифікованих об'єктів із загальної кількості можливих. Висока точність є показником того, що метод

здатний ефективно виявляти об'єкти, враховуючи умови зйомки, якість зображення, наявність шумів та артефактів.

Для досягнення високої точності метод повинен включати такі фактори:

- здатність ідентифікувати об'єкти різного розміру та яскравості.

Алгоритм повинен мати високу чутливість, щоб виявляти як великі, так і слабо освітлені об'єкти. Це особливо важливо для астрономічних спостережень, де одні й ті самі методи мають працювати з різноманітними типами об'єктів;

- стійкість до умов зйомки. Часто астрономічне відео знімається в умовах, що можуть призводити до погіршення якості зображення: підвищена вологість, світлове забруднення або низька якість обладнання. Алгоритм має бути стійким до таких умов та зберігати високий рівень точності ідентифікації;

- адаптивність до зміни параметрів зображення. Часто об'єкти можуть мати мінливу яскравість, форму, або контрастність у різних кадрах відео. Алгоритм повинен враховувати ці зміни та підлаштовуватися для забезпечення постійної точності.

Висока точність є основою для успішного ідентифікування об'єктів, і вона може бути досягнута за допомогою комбінації різних методів обробки, таких як згладжування зображення, видалення шуму, а також використання адаптивних алгоритмів ідентифікації.

Для контролю точності можуть використовуватися симуляції з уже відомими параметрами, щоб перевірити, чи правильно алгоритм визначає об'єкти, і проводити порівняння з результатами, отриманими іншими методами.

2.3 Визначення основної гіпотези дослідження

Астрономічні спостереження та відеозйомка небесних об'єктів останніми роками стали доступними не лише для наукових установ, але й для аматорів, які мають доступ до сучасного обладнання та програмного

забезпечення. Однак, наявні методи обробки таких відео часто стикаються з численними викликами, серед яких ключовими є хибні спрацьовування та висока складність ідентифікації об'єктів у мінливих умовах спостережень (погана видимість, фоновий шум, світлове забруднення тощо). Це підвищує вимоги до алгоритмів обробки, які мають бути здатними адаптуватися до різних умов, щоб зберегти високу точність результатів.

Гіпотезою даного дослідження є припущення, що адаптація алгоритмів обробки астрономічного відео до специфічних умов спостережень здатна підвищити точність ототожнення небесних об'єктів. Це, у свою чергу, сприятиме зниженню кількості помилкових виявлень, оптимізації ідентифікації об'єктів та зробить процес доступнішим для широкого спектра користувачів, включаючи аматорів астрономії.

Для перевірки цієї гіпотези в ході дослідження буде проведено серію експериментів із використанням різних алгоритмів обробки відео. Буде проаналізовано, наскільки адаптація цих алгоритмів до різних умов спостережень здатна підвищити точність ідентифікації об'єктів, а також зменшити кількість хибних виявлень. Це дозволить оцінити доцільність використання адаптивних алгоритмів у різних сценаріях, зокрема в умовах обмежених ресурсів, з якими стикаються аматори астрономії.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Опис експериментальних умов та підготовка даних

Проведення експериментальної частини дослідження потребує ретельної підготовки, оскільки якість початкових даних та умови проведення експериментів безпосередньо впливають на результати та достовірність висновків. Далі буде представлено огляд підготовки даних, обладнання та програмного забезпечення, яке використовувалося для обробки астрономічного відео, а також специфікації умов проведення експериментів.

Перш за все, для проведення експериментів було обрано реальні астрономічні відеозаписи, зняті за допомогою аматорських та професійних телескопів. Такі відео містять дані про зорі, планети, супутники, комети та інші небесні об'єкти, а також можливі артефакти, що виникають у процесі зйомки через атмосферні коливання, шуми матриці камер та впливи навколишнього середовища. Використання реальних даних дозволяє адекватно оцінити точність і надійність алгоритмів ідентифікації, що є основною метою дослідження. На першому етапі було проведено аналіз наявних відеоматеріалів для визначення їхньої якості та придатності для обробки. Відеозаписи були відсортовані за такими критеріями:

- чіткість зображення та рівень шуму;
- тривалість відео та кількість кадрів у ньому;
- наявність атмосферних спотворень;
- відсутність значних механічних вібрацій під час запису.

Для мінімізації впливу шумів було проведено попередню обробку відеозаписів із використанням методів фільтрації та підвищення контрастності. Це дозволило підвищити якість вхідних даних, зменшивши кількість помилкових сигналів при подальшій обробці.

Для аналізу та обробки відеозаписів використовувалося спеціалізоване програмне забезпечення, здатне працювати з великими обсягами даних та забезпечувати високу швидкість обчислень. У процесі підготовки до експерименту було налаштовано програмні засоби для автоматичного розбиття відео на окремі кадри з вибором оптимальної частоти кадрів. Цей підхід дозволяє значно скоротити час обробки та підвищити ефективність ідентифікації об'єктів.

Паралельно з цим було підготовлено набір баз даних астрономічних каталогів, які використовуватимуться для зіставлення ідентифікованих об'єктів із вже відомими небесними тілами. Це включає, зокрема, каталоги зірок (наприклад, Gaia DR3), комет, супутників та астероїдів. Наявність актуальних каталогів є важливим чинником для верифікації отриманих результатів.

На основі аналізу літератури та попереднього досвіду було обрано кілька алгоритмів для проведення експериментів, серед яких методи на основі машинного навчання, а також класичні алгоритми обробки зображень. Для кожного з алгоритмів було налаштовано параметри для забезпечення максимальної точності ідентифікації.

Підготовка до експерименту включала також тестування алгоритмів на синтетичних даних, що містять моделювання типових умов спостереження. Це дозволило оцінити їхню здатність виявляти небесні об'єкти в умовах низької видимості та при наявності різних шумів.

Таким чином, підготовчий етап експерименту дозволив забезпечити необхідні умови для проведення об'єктивного дослідження ефективності методів обробки астрономічного відео та встановити базу для подальшого аналізу результатів. Наступним кроком буде безпосереднє застосування обраних алгоритмів до підготовлених відеоданих, що дозволить оцінити їхню ефективність у реальних умовах.

3.2 Основні параметри відеозйомки для астрономічних спостережень

Астрономічні спостереження, виконувані за допомогою відеозапису, вимагають врахування кількох важливих параметрів, серед яких найбільше значення мають роздільна здатність, частота кадрів, а також якість зйомки. Кожен з цих параметрів має безпосередній вплив на точність і ефективність процесу ідентифікації небесних об'єктів. При цьому для аматорських спостережень, що дозволяють ідентифікувати хоча б 50% видимих об'єктів, параметри можуть бути менш суворими, тоді як для професійних досліджень, де точність виявлення повинна досягати 90% і вище, вимоги до якості зйомки стають значно вищими.

Роздільна здатність є одним з основних параметрів, що визначають здатність камери фіксувати деталі зображення. Для аматорських астрономічних спостережень достатньо буде роздільної здатності 1080p (Full HD), що дозволяє зафіксувати основні об'єкти, а також дає можливість побачити більш яскраві об'єкти на фоні небесної сфери. Для більш точних спостережень, особливо якщо метою є виявлення слабших, віддалених або малих об'єктів (наприклад, астероїдів, комет), зйомка в 4K (Ultra HD) або навіть 8K дозволяє отримати набагато більше деталей і покращує точність виявлення.

Використання занадто низької роздільної здатності (наприклад, 720p) значно зменшує кількість деталей, що ускладнює ідентифікацію об'єктів, особливо тих, що мають малу яскравість або перебувають на великій відстані. З іншого боку, надмірно висока роздільна здатність (як, наприклад, 16K) може створити непотрібне навантаження на систему зберігання та обробки даних без суттєвого покращення якості зображення.

Частота кадрів (FPS) відіграє важливу роль у зйомці рухомих об'єктів. Вона повинна бути достатньо високою, щоб захоплювати рух небесних тіл без втрати важливих моментів. Частота 30 кадрів на секунду (fps) є стандартом для більшості відеокамер і забезпечує оптимальний баланс між якістю зображення та обсягом оброблюваних даних. Якщо частота кадрів занадто низька (менше

ніж 30 fps), це може призвести до втрати чітких зображень швидко рухаючих об'єктів. Занадто висока частота кадрів (наприклад, 120 fps або 240 fps) може створити значне навантаження на систему обробки даних і вимагати більше ресурсів для зберігання відеофайлів, при цьому перевага в точності виявлення може бути мінімальною.

Щодо формату відео, для астрономічних спостережень найчастіше використовуються формати, які забезпечують високу якість при помірному стисненні, наприклад, MP4, MOV або AVI. Важливо, щоб формат забезпечував достатню якість зображення без втрат, що може бути критичним для подальшого аналізу даних. Для більш точних і детальних вимірів в астрономії рекомендується використовувати безпосередньо необроблені кадри з відео, оскільки обробка відео для стиснення може призвести до втрати важливих деталей. Ідеальним форматом для цього є RAW або TIFF, хоча такі файли займають значно більше місця.

3.3 Вибір оптимальної кількості кадрів

Вивчення та ідентифікація небесних об'єктів за допомогою астрономічного відео вимагає використання оптимальних методів обробки зображень, що дозволяють досягти високої точності та швидкості аналізу. Вибір кількості кадрів для обробки є ключовим етапом у цьому процесі, оскільки він безпосередньо впливає на точність ідентифікації об'єктів та ефективність обробки даних. Зокрема, коли мова йде про рухомі об'єкти, такі як комети, необхідно враховувати їх швидкість і траєкторію, щоб уникнути пропуску важливих спостережень.

У 15 секундне відео з частотою 30 fps міститься 450 кадрів.

Земля обертається зі швидкістю приблизно 15 кутових градусів на годину або 0,00417 градуса на секунду. Для аматорських спостережень зазвичай допустиме зміщення може бути 0,01 градуса, тоді як для професійних спостережень може бути 0,001 градуса або навіть менше.

Звідси випливає що допустимий часовий інтервал для аматорів становить:

$$\frac{0,01}{0,00417} = 2,4. \quad (3.1)$$

Для професіоналів:

$$\frac{0,001}{0,00417} = 0,24. \quad (3.2)$$

Враховуючи, що відео зняте з частотою 30 fps, визначимо, кожен який кадр слід обробляти.

Для аматорів:

$$2,4 \times 30 = 72. \quad (3.3)$$

Тобто потрібно обробляти кожен 72 кадр.

Для професіоналів:

$$0,24 \times 30 \approx 7. \quad (3.4)$$

Тобто для більш точного професійного аналізу необхідно обробляти кожен 7-й кадр.

Тепер за аналогією зробимо розрахунки для відео на яких є рухомі малі тіла Сонячної системи, тобто комети.

Комети, видимі з Землі, можуть мати значно вищу швидкість кутового зміщення порівняно з фоновими зірками, які зміщуються через обертання Землі. Швидкість комети на небі залежить від її орбітальних параметрів та близькості до Землі. Візьмемо для прикладу кілька реальних комет.

Комета NEOWISE (C/2020 F3). У 2020 році її швидкість на небосхилі досягала приблизно 2,5 градуса на годину в момент найбільшого зближення. Це становить 0,0417 градуса на хвилину або 0,000695 градуса на секунду.

Для аматорів необхідно обробляти кожен 432-й кадр. Для професійного аналізу – кожен 43-й кадр.

Комета Галлея (1P/Halley). Під час проходження перигелію її кутова швидкість може досягати 0,2 градуса на годину, що дорівнює 0,00333 градуса на хвилину або 0,0000555 градуса на секунду.

Для аматорів необхідно обробляти кожен 5405-й кадр. Для професійного аналізу – кожен 541-й кадр.

Тобто для відстеження комет необхідно знімати більш довгі відео, або декілька відео з однаковими первами.

Наведені вище розрахунки показують, яким чином можна оптимально обробляти відео для різних сценаріїв використання, зберігаючи баланс між точністю та ефективністю обробки.

3.4 Вибір методів обробки та їх реалізація

У цьому дослідженні проведено пошук найбільш ефективних методів обробки зображень для аналізу астрономічного зображення з відео. Основна мета полягала у виявленні небесних об'єктів та їх ідентифікації на основі існуючих каталогів. Обраний підхід базується на використанні класичних фільтрів обробки зображень, які забезпечують простоту реалізації та доступність як для професійних астрономів, так і для аматорів.

Для цього розглянуто такі методи обробки, як медіанна фільтрація, фільтр Лапласа, фільтр Баттерворда, фільтр Гауса, ідеальний високочастотний фільтр та адаптивні алгоритми на основі машинного навчання [6]. Надалі найкращі фільтри було випробовано у різних послідовностях, щоб визначити найефективніший порядок їх застосування.

Медіанна фільтрація є популярним методом для видалення шуму, зокрема імпульсного, однак вона не завжди підходить для астрономічних зображень, оскільки може розмивати тонкі деталі зображень [7]. В астрономії, де важливе точне виявлення небесних об'єктів, навіть незначне спотворення може призвести до помилок у визначенні позицій зірок або інших астрономічних об'єктів. Більш того, медіанна фільтрація не є адаптивною і не враховує контекст зображення, що може стати проблемою при роботі з різними типами астрономічних об'єктів або різними умовами спостережень (рис. 3.1).

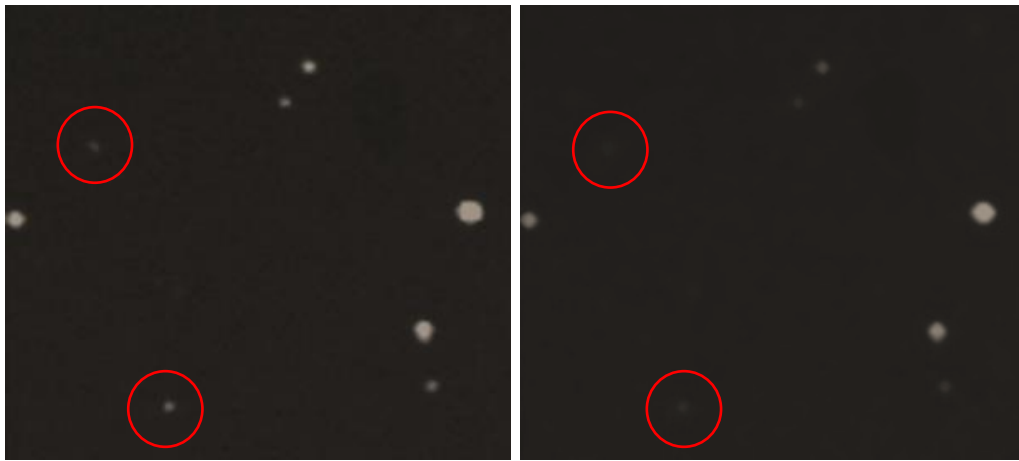


Рисунок 3.1 – Приклад застосування медіанної фільтрації
(зліва – до; справа – після)

Як можна побачити з рисунка 3.1 хоча шум і став менш помітним, але і деякі об'єкти також майже пропали з зображення.

Фільтр Лапласа є одним із найбільш популярних операторів для виявлення різких змін інтенсивності пікселів в зображенні, що дозволяє ефективно визначати контури та деталі, які можуть бути важливими для задач ідентифікації астрономічних об'єктів. Це диференціальний фільтр другого порядку, який виявляє локальні зміни в інтенсивності пікселів [8]. Основною перевагою є те, що він дозволяє швидко виявляти кордони об'єктів, що є важливим етапом у процесі ідентифікації зірок, планет або інших небесних тіл (рис. 3.2).

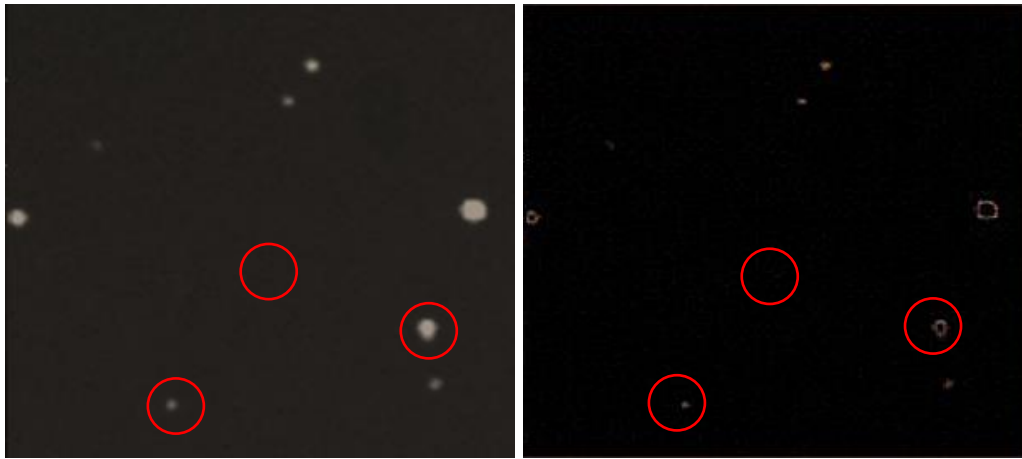


Рисунок 3.2 – Приклад застосування фільтра Лапласа
(зліва – до; справа – після)

Однак при застосуванні фільтра Лапласа (рис. 3.2) для астрономічних зображень виникає кілька проблем. Однією з основних є підвищена чутливість до шуму, особливо на зображеннях з низьким контрастом або на тих, що містять багато високочастотних компонентів, таких як електронні шуми або артефакти від обладнання. Це може призвести до того, що навіть слабкі шумові пікселі будуть вважатися важливими об'єктами, що ускладнює точну ідентифікацію астрономічних тіл. Крім того, фільтр Лапласа не завжди ефективний для виявлення об'єктів з м'якими або нечіткими межами, таких як туманності чи слабкі зірки. У таких випадках фільтр може не виявляти важливі деталі або контури об'єкта, що призводить до пропуску важливої інформації.

Іншим недоліком є можливість втрати інформації через розмиття. Під час використання фільтра Лапласа зображення може стати більш розмитим, що зменшує точність при визначенні положення астрономічних об'єктів. Якщо контури зірок або галактик розмиваються під час фільтрації, це може ускладнити подальшу обробку та аналіз даних. Також фільтр Лапласа не є адаптивним до різних типів об'єктів або умов спостережень. Астрономічні зображення можуть містити об'єкти з різними характеристиками, такими як розміри, яскравість та контрастність, і стандартний фільтр Лапласа не враховує ці варіації, що робить його менш ефективним для точного визначення об'єктів у складних умовах спостережень.

Адаптивні алгоритми машинного навчання, зокрема методи класифікації та регресії, показують високу ефективність у багатьох галузях, однак для задачі астрономічної ідентифікації ці методи виявилися недостатньо стабільними через складність і варіативність даних. Астрономічні зображення часто містять різноманітні артефакти, які можуть бути результатом атмосферних змін, різних спектральних характеристик об'єктів або нестабільності інструментів спостереження. Це вимагає застосування більш спеціалізованих методів, здатних враховувати такі фактори, а не лише навчатися на великих наборах даних, як це зазвичай відбувається у випадку з класичними алгоритмами машинного навчання. Крім того, адаптивні алгоритми можуть вимагати великої кількості навчальних даних для забезпечення високої точності, що не завжди можливо в умовах астрономічних спостережень, де збір достатньо великої кількості якісних даних може бути складним або навіть неможливим.

Перш ніж визначити оптимальну комбінацію, проведено серію експериментів, спрямованих на дослідження характеристик кожного фільтра окремо та у різних послідовностях їх застосування.

На першому етапі було випробувано кілька конфігурацій, починаючи з ідеального високочастотного фільтра, однак цей метод виявився недостатньо ефективним через значну кількість артефактів, таких як ефект Гіббса, які з'являлися на початкових етапах обробки. Цей варіант підходить для задач, де важливо чітко виявляти межі об'єктів, наприклад, в автоматичних системах детекції. Однак, через агресивне видалення низькочастотних компонентів, можуть виникнути артефакти, такі як «переусилені» контури, а застосування Гаусова фільтра на фінальному етапі може призвести до втрати частини контурів. Це створювало серйозні перешкоди для подальшої обробки та робило ідентифікацію об'єктів ненадійною.

У другому підході почали з фільтра Баттерворта, що дозволило краще працювати із середньочастотними компонентами, однак високочастотний шум залишався невирішеною проблемою [9]. Така послідовність дає плавне

зображення з підвищеною контрастністю. Вона м'якше впливає на зображення в порівнянні з іншими варіантами, тому може бути корисною, якщо потрібно зберегти природність зображення і при цьому виділити основні деталі. Проте, через застосування фільтра Гауса на кінцевому етапі частина високочастотної інформації може бути втрачена, що позначиться на чіткості контурів.

Лише після третього підходу, коли першим етапом обробки став фільтр Гауса, вдалося досягти стабільних та якісних результатів. Фільтр Гауса працює за принципом згладжування зображення за допомогою Гаусової функції [10], яка зменшує вагу пікселів із підвищеною амплітудою, таким чином усуваючи високочастотний шум. У ході експериментів було виявлено, що цей метод ідеально підходить для попереднього оброблення зображень, оскільки він забезпечує баланс між видаленням шуму та збереженням важливих деталей. Ефективність фільтра була перевірена на даних із різними рівнями шуму, і встановлено, що він найкраще працює з ядром середнього розміру, що дозволяє зберігати контури об'єктів без значних спотворень. Використання фільтра Гауса (рис 3.3) на першому етапі підвищило точність подальших методів обробки.

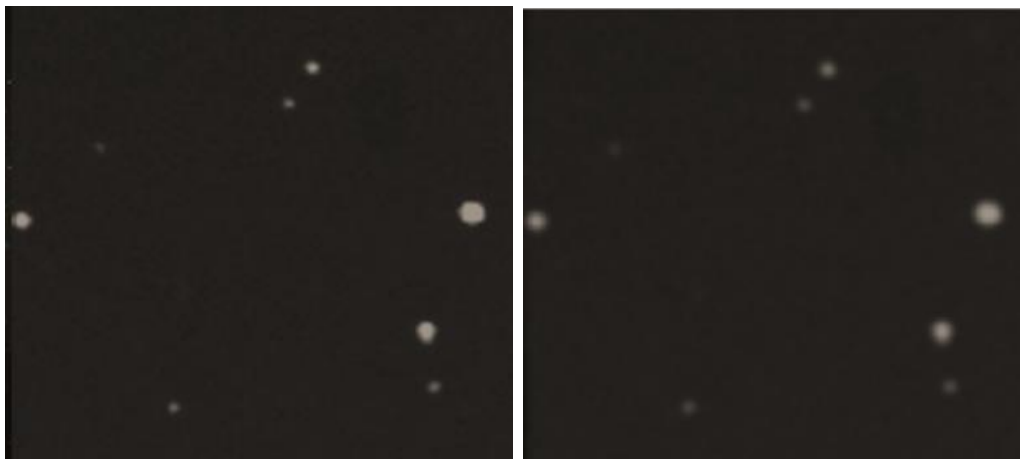


Рисунок 3.3 – Приклад застосування фільтра Гауса (зліва – до; справа – після)

Фільтр Баттерворта вирізняється своєю гнучкістю та здатністю забезпечувати плавні переходи між частотами, які пропускаються або відсікаються. Він працює шляхом зважування частотного спектра, що

дозволяє зберігати важливі середньочастотні компоненти. Важливо зазначити, що фільтри другого порядку забезпечували м'якіший перехід, тоді як фільтри четвертого порядку посилювали деталізацію, але водночас могли створювати артефакти. Було виявлено, що найкращі результати досягаються при використанні фільтрів другого порядку для кадрів із великою кількістю слабких об'єктів, таких як астероїди або туманності, тоді як для яскравих зоряних полів доцільно застосовувати фільтри вищого порядку. Це дозволило забезпечити деталізацію без значних втрат у якості зображення.

Ідеальний високочастотний фільтр застосовується для виділення найдрібніших деталей у зображеннях, наприклад, хвостів комет або слабких структур галактик. Він функціонує шляхом різкого відсікання низькочастотних компонентів, залишаючи лише високочастотні деталі. Проте через природу різкого обрізання частот цей фільтр часто створює ефект Гіббса, що проявляється у вигляді рядів артефактів навколо контурів. Щоб мінімізувати цей ефект, ми оптимізували параметри частотного обрізання, а також застосовували фільтр лише після попереднього згладжування Гаусовим фільтром та середньочастотної обробки Баттерворта. Це дозволило зменшити кількість артефактів і зберегти критично важливі деталі зображень.

Класичні фільтри, такі як Гаусф, Баттерворта та ідеальний високочастотний, продемонстрували стабільні результати незалежно від умов спостережень, що робить їх універсальними для широкого спектра задач астрономічного аналізу. Комбінуючи ці методи, розроблено оптимальну послідовність фільтрації: Гаусів фільтр, фільтр Баттерворта, ідеальний високочастотний фільтр. Такий підхід дозволив досягти високої точності та мінімізувати кількість артефактів. Крім того, ця методика виявилася ефективною не лише для професійних спостережень, але й для аматорської астрономії, оскільки її реалізація не потребує складного обладнання або дорогих обчислювальних ресурсів.

Одним із ключових результатів стало підтвердження універсальності запропонованої методики. Її можна адаптувати для аналізу даних із різних

телескопів і камер, а також для роботи в різних умовах освітлення та атмосферного впливу. Наприклад, у випадках слабких об'єктів на тлі значного шуму фільтр Гауса забезпечував необхідну згладженість, а фільтр Баттерворта дозволяв підсилити ключові деталі. Ідеальний фільтр у свою чергу забезпечував виняткову деталізацію для задач, що вимагають фіксації тонких структур. Завдяки цьому підходу отримано нові можливості для аналізу астрономічного відео, що значно розширює горизонти як для наукових досліджень, так і для спостережень любителів.

У підсумку, запропонована методика не лише підвищує якість обробки зображень, але й створює умови для більш надійної ідентифікації об'єктів, що особливо важливо у сучасних умовах зростання обсягу астрономічних даних. Вона також спрощує процес роботи з астрономічними відео, роблячи його доступним навіть для користувачів із базовим рівнем підготовки, і сприяє залученню нових учасників до вивчення космосу.

Приклад використання цих фільтрів показано на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Результат послідовного використання фільтрів
(зліва – до; справа – після)

Для порівняння на рисунку 3.5 наведено фрагмент кадру зображеного вище, де можна побачити рух об'єкту до та після фільтрації.

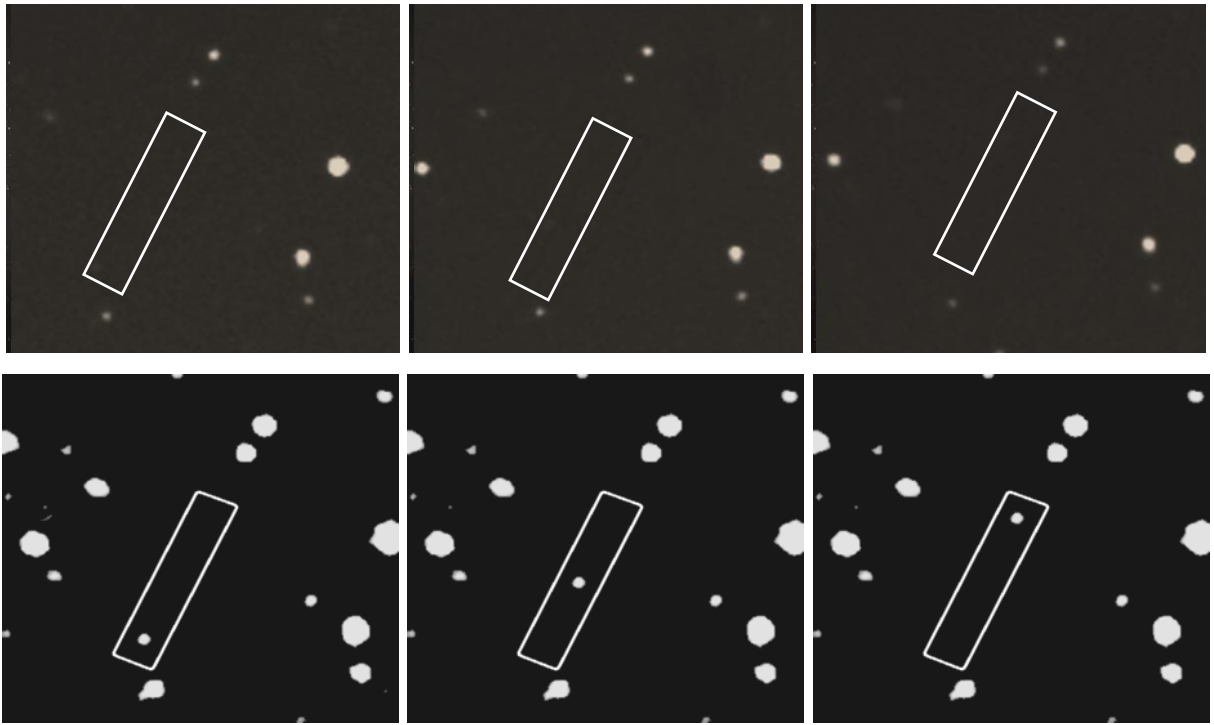


Рисунок 3.5 – Рухомий об'єкт

Також на рис. 3.6 наведена гістограма [11] обох зображень відповідно.

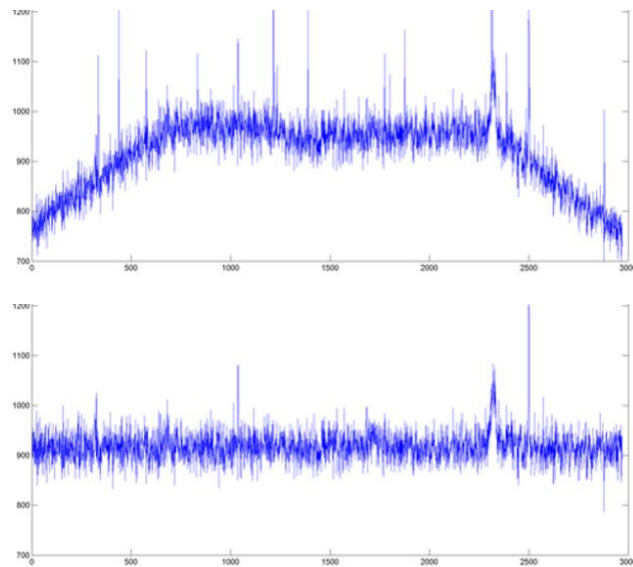


Рисунок 3.6 – Гістограми кадру до та після обробки

Початкова гістограма зображення зоряного неба мала нерівномірний характер із численними локальними піками, що свідчило про значну варіативність інтенсивності пікселів. Така структура є типовою для

необроблених астрономічних даних, які містять не лише корисний сигнал від небесних об'єктів, але й значний внесок шумів, фонових градієнтів та артефактів оптичної системи. Подібна нерегулярність є результатом складного поєднання сигналів різної природи, включаючи світіння зір, розсіяне фонове випромінювання та потенційні технічні похибки, пов'язані із сенсором або процесом зйомки.

Після проведення обробки зображення форма гистограми зазнала суттєвих змін. Вона стала значно впорядкованішою, з чітко вираженими піками, що вказує на ефективну корекцію вихідного сигналу. Зменшення кількості піків відображає усунення впливу небажаних шумів та фонового випромінювання, що дозволило ізолювати основні джерела сигналу, зокрема зорі. Централізація інтенсивностей навколо певних значень демонструє покращення однорідності яскравості окремих областей зображення, а також підвищення контрастності між фоновими та яскравими об'єктами.

Наявність одного або кількох домінантних піків у гистограмі після обробки свідчить про точніше відображення фізичних характеристик зоряного неба. Така трансформація можлива завдяки послідовному застосуванню фільтрації, компенсації фонового випромінювання та нормалізації інтенсивностей. В результаті зображення набуло не лише естетичної виразності, але й стало більш придатним для подальшого кількісного аналізу. Покращення співвідношення сигнал/шум забезпечує вищу точність ідентифікації об'єктів та вимірювання їхніх фотометричних параметрів.

Таким чином, перетворення гистограми від початкової нерівномірної форми з численними піками до впорядкованої структури з чіткими максимумами є прямим свідченням високої ефективності використаних методів обробки. Це демонструє значне покращення якості даних та відкриває можливості для їх точнішого наукового аналізу.

Обрана послідовність застосування фільтрів – від м'якого згладжування до поступового посилення контрасту та виділення деталей – дозволяє оптимально збалансувати якість обробки та зберегти всі ключові особливості

зображення. У результаті отримуємо кадри, які готові до подальшого аналізу та ідентифікації небесних об'єктів, зокрема для фіксації слабких та швидкорухомих об'єктів, таких як комети або астероїди.

3.5 Ототожнення об'єктів за допомогою ПЗ

Процес ототожнення небесних об'єктів у астрономічних відео є важливим етапом для забезпечення точності спостережень та аналізу. Одним із найбільш відомих і ефективних програмних засобів для цієї мети є *Astrometry.net*, яка використовує алгоритми для автоматичної ідентифікації зірок і об'єктів на основі порівняння з відомими астрономічними каталогами. Цей інструмент дозволяє швидко та ефективно визначати координати об'єктів на небесній сфері, що є особливо корисним для аматорських спостережень, де точність координат може варіюватися.

Astrometry.net працює за принципом порівняння з базою даних каталогу зірок та небесних об'єктів. Кожен оброблений кадр порівнюється з мапою зірок, що дозволяє точно визначити розташування відомих небесних об'єктів. Після процесу калібрування зображення в програмі користувач може отримати дані про координати, яскравість та інші характеристики виявлених об'єктів, що дає змогу ідентифікувати їх з високою точністю.

Однак, для більш складних завдань, таких як обробка даних із великими масивами кадрів або для роботи з менш яскравими об'єктами, можна використовувати інші програмні засоби, такі як *Starlink Astrometry* або *AstroImageJ*. Обидва ці програмні продукти також забезпечують потужні функції для астрометрії, а також мають більш широкі можливості для роботи з різноманітними типами даних, включаючи астрономічні зображення з різними характеристиками.

Starlink Astrometry – це програмний пакет, що включає інструменти для обробки зображень, їхнього калібрування та порівняння з каталогами зірок. Він орієнтований на професіоналів і надає можливість точно визначати позиції

навіть для малих і слабких об'єктів. Це рішення відоме своєю здатністю працювати з великими даними та обчислювальними ресурсами, що робить його підходящим для використання в наукових дослідженнях.

AstroImageJ є розширенням для популярної платформи ImageJ, спеціально призначеним для обробки астрономічних зображень. Цей інструмент дозволяє виконувати обробку зображень на основі передових математичних методів, таких як згладжування та виявлення країв, що особливо корисно при роботі з об'єктами, які можуть бути злегка розмитими через атмосферні умови. Також програма включає функції для калібрування астрономічних зображень, що дозволяє точно визначати їх координати.

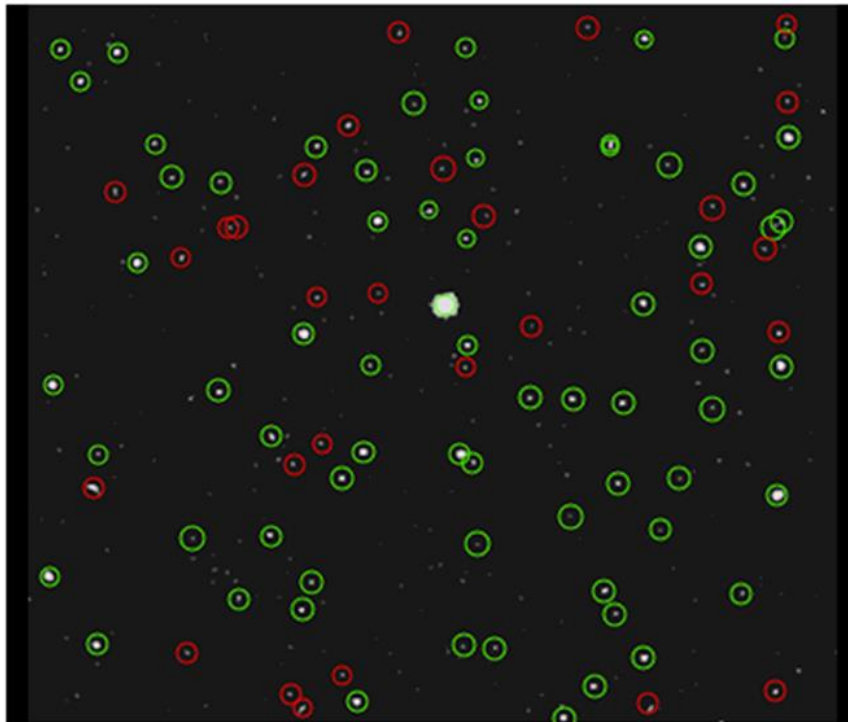
Усі ці програми мають спільні принципи роботи, однак кожна з них має свої специфічні переваги в залежності від типу задачі. Вибір програмного забезпечення залежить від специфіки дослідження, доступних ресурсів та вимог до точності результатів. Для аматорів астрономії програми, такі як Astrometry.net [12], є оптимальними завдяки простоті використання та потужним можливостям автоматичного калібрування зображень (рис. 3.7).

3.6 Перевірка отриманих результатів

У процесі дослідження важливим етапом є перевірка отриманих результатів для визначення ефективності обраних методів обробки відео та точності ідентифікації небесних об'єктів. Для забезпечення надійності та об'єктивності отриманих даних застосовуються методи статистичного аналізу, зокрема обчислення помилок першого та другого роду, а також вимірювання часу обробки даних.

Помилки першого та другого роду є основними показниками для оцінки ефективності процесу ідентифікації астрономічних об'єктів, оскільки вони дозволяють кількісно визначити точність і надійність методів обробки відеоданих.

Images > 1.jpg



Submitted by anonymous (1)
on 2025-01-04T15:29:25Z
as "1.jpg"
(Submission 11514045)
under Attribution 3.0 Unported

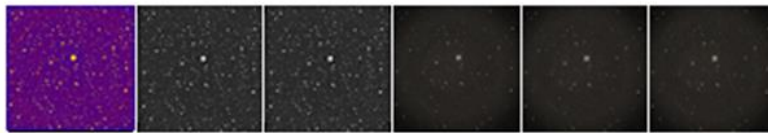
Job Status

Job 12341208:
Success

Calibration

Center (RA, Dec): (289.150, 30.184)
Center (RA, hms): 19^h 18^m 35.904^s
Center (Dec, dms): +30° 11' 03.892"
Size: 95.9 x 53.8 arcmin
Radius: 0.916 deg
Pixel scale: 3 arcsec/pixel
"Orientation", may be incorrect, use at your own risk: Up is 284.3 degrees E of N
WCS file: [wcs.fits](#)
New FITS image: [new-image.fits](#)
Reference stars nearby (RA,Dec table): [rdls.fits](#)
Stars detected in your images (x,y table): [axy.fits](#)
Stars detected in your images, converted to RA,Dec (FITS table): [image-radec.fits](#)
Correspondences between image and reference stars (table): [corr.fits](#)
Legacy Surveys sky browser: [browse the sky](#)
KMZ (Google Sky): [image.kmz](#)
World Wide Telescope: [WorldWideTelescope](#)

Nearby Images ([View All](#))



Comments

No comments.

Please [Sign In](#) to post comments.

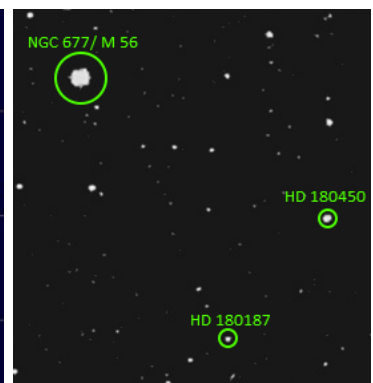
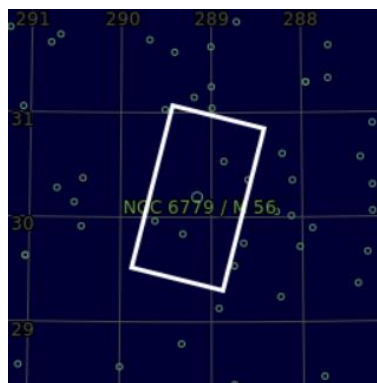
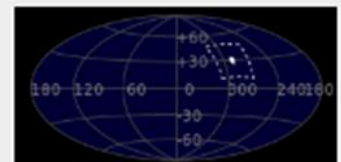


Рисунок 3.7 – Приклад ототожнення об’єктів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення

Помилка першого роду (FN) виникає у випадках, коли реальний об'єкт не виявлений або не ідентифікований. Це означає, що небесне тіло, наприклад, комета або астероїд, фактично було присутнє в полі зору, але через недосконалість обраного методу обробки чи неточності програмного забезпечення воно залишилось непоміченим. Така помилка може призвести до втрати важливих даних, особливо якщо об'єкт має високу наукову цінність або потенційно небезпечний для Землі. Основними причинами виникнення цієї помилки є низька роздільна здатність відео, недостатня частота кадрів або некоректно налаштовані алгоритми фільтрації.

Помилка другого роду (FP), навпаки, характеризується тим, що система неправильно ідентифікує об'єкт або видає помилковий сигнал про його присутність. Наприклад, програмне забезпечення може розпізнати яскравий фон, шум або оптичний артефакт як об'єкт, що насправді не існує. Це може спричинити хибні спостереження, витрату ресурсів на аналіз неіснуючих об'єктів або внесення зайвих корекцій у процес подальшого аналізу. Подібні помилки часто пов'язані з високим рівнем шуму на відео, недосконалістю алгоритмів розпізнавання або недостатнім рівнем адаптації методів до специфічних умов спостереження.

Нормативні значення для цих показників можуть змінюватися в залежності від специфіки зображень та мети обробки. В астрономії зазвичай вважається допустимим рівень помилок першого роду не більше 5-10%, тоді як помилки другого роду повинні бути мінімальними, оскільки їх наявність призводить до втрати важливої інформації про об'єкти. Розглянемо ці показники на прикладі конкретних астрономічних зображень.

Для дослідження було відібрано кілька відео зоряного неба. З кожного відео було обрано по кадру та застосовано рекомендований спосіб обробки зображень. Після обробки виконано аналіз кількості видимих об'єктів до та після застосування цих методів. Також за допомогою спеціаліста було пораховано кількість помилково виявлених об'єктів, та об'єктів які мали б бути але вони зникли. Отримані результати представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Отримані результати кількості об'єктів

| Назва | Кількість об'єктів до обробки | False Positives | False Negatives | Кількість об'єктів після обробки | False Positives | False Negatives |
|-----------|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|
| Orion | 1183 | 85 | 25 | 1237 | 67 | 20 |
| MWC | 2478 | 100 | 32 | 2543 | 85 | 25 |
| Pleiades | 398 | 15 | 6 | 390 | 13 | 5 |
| Andromeda | 1792 | 95 | 15 | 1843 | 72 | 10 |

Для більш точної оцінки результатів обробки, розрахуємо відсоткові показники помилок для кожного з наведених зображень за формулами наведеними нижче:

$$FP = \frac{n_{FP}}{n_{obj}} \times 100\%, \quad (3.1)$$

де n_{FP} – кількість об'єктів, не виявлених або не ідентифікованих;

n_{obj} – загальна кількість об'єктів кількість об'єктів, що система неправильно ідентифікує об'єкт або видає помилковий сигнал про його присутність, до обробки.

$$FP = \frac{n_{FN}}{m_{obj}} \times 100\%, \quad (3.2)$$

де n_{FN} – кількість об'єктів, що система неправильно ідентифікує об'єкт або видає помилковий сигнал про його присутність;

m_{obj} – загальна кількість об'єктів кількість об'єктів, що система неправильно ідентифікує об'єкт або видає помилковий сигнал про його присутність, до обробки.

Підставивши числа у (3.1)-(3.2) отримаємо результати, які наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Отримані показники ефективності

| Назва | | False Positives | False Negatives | | False Positives | False Negatives |
|-----------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | | | | | | |
| Orion | До обробки | 7,19 | 2,11 | Після обробки | 5,42 | 1,62 |
| MWC | | 4,04 | 1,29 | | 3,34 | 0,98 |
| Pleiades | | 3,77 | 1,51 | | 3,33 | 1,28 |
| Andromeda | | 5,30 | 0,84 | | 3,91 | 0,54 |

Для більшості зображень спостерігається зменшення кількості помилок першого роду після обробки, що свідчить про успішне видалення шуми та артефактів. Це підвищує точність виявлення об'єктів і зменшує ймовірність помилкового визначення небажаних елементів як астрономічних об'єктів. Щодо помилок другого роду хоча для деяких зображень кількість об'єктів після обробки збільшилася, рівень помилок другого роду покращився, що підтверджує збереження точності виявлення важливих об'єктів без їх втрати. Загальна кількість виявлених об'єктів збільшилася, це свідчить про те, що обробка дозволила виявити додаткові деталі, які були невидимі на необроблених зображеннях. Це доводить, що застосовані методи обробки зображень дійсно поліпшили результат.

Крім того, важливим аспектом є час обробки. Час, витрачений на обробку відео, впливає на загальну ефективність системи. Оскільки для обробки великих обсягів відео з численними кадрами необхідно зберігати баланс між швидкістю обробки і точністю результатів, час обробки є важливим параметром для оцінки оптимальності використаних алгоритмів. Швидкість обробки повинна бути достатньою для того, щоб забезпечити ефективне ідентифікування об'єктів у реальному часі, але без втрат точності.

Для комплексної перевірки результатів необхідно здійснювати аналіз помилок першого та другого роду, оцінюючи точність ідентифікації, а також вимірювати час обробки, щоб забезпечити оптимальну ефективність процесу та мінімізувати помилки. Ретельне застосування цих статистичних методів дозволить отримати надійні та достовірні результати, що є важливими для успішного застосування астрономічних відео в наукових дослідженнях.

4 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ

Після ретельного аналізу та експериментальної частини представлено детальний набір рекомендацій, які спрямовані на оптимізацію процесу обробки астрономічного відео для забезпечення максимальної точності ідентифікації небесних об'єктів. Ці рекомендації сформовано на основі комплексного аналізу факторів, що впливають на результати спостережень, та експериментальних досліджень, проведених у межах роботи. Особливу увагу приділено вибору обладнання, яке визначає якість первинних даних, а також оптимальним налаштуванням параметрів обробки, що дозволяють зменшити рівень шуму та виділити необхідні деталі.

Вибір обладнання для зйомки є одним із ключових чинників. Камери з високою роздільною здатністю та низьким рівнем шуму забезпечують отримання чіткіших зображень навіть за складних умов освітлення або атмосферних перешкод. Не менш важливим є використання стабільних оптичних систем, які мінімізують спотворення. Рекомендується також враховувати параметри запису відео, зокрема частоту кадрів та експозицію, оскільки ці параметри визначають чутливість до слабких об'єктів та можливість їхньої фіксації. Для зйомки в умовах міського освітлення чи підвищеної турбулентності атмосфери доцільно використовувати вузькосмугові фільтри, які ефективно блокують небажане фонове випромінювання.

Наступним важливим аспектом є вибір методів обробки, які дозволяють досягти балансу між збереженням ключових деталей і усуненням шуму. Використання фільтра Гауса на початковому етапі допомагає зменшити високочастотний шум, водночас зберігаючи природність зображення. Фільтр Баттерворта, завдяки своїй здатності працювати з середньочастотними компонентами, забезпечує підсилення ключових деталей, таких як слабкі контури або яскраві зірки, без створення значних артефактів. Ідеальний

фільтр, хоча й потребує особливої обережності через ризик виникнення ефекту Гіббса, дає змогу виділити найдрібніші деталі, що є важливим для наукових досліджень, таких як аналіз астероїдів або комет.

Рекомендації також охоплюють ефективне використання спеціалізованого програмного забезпечення для ідентифікації об'єктів.

Використання баз даних зоряного неба дозволяє співставити отримані дані з існуючими каталогами та автоматизувати процес розпізнавання об'єктів. Особливо важливим є налаштування програмного забезпечення для мінімізації помилкових спрацьовувань. Встановлення оптимальних порогових значень для виявлення об'єктів та використання алгоритмів перевірки дозволяє значно підвищити надійність результатів. Для аматорів, які не мають доступу до складних систем, розроблено рекомендації щодо використання доступних інструментів із простими інтерфейсами.

Ці рекомендації є універсальними та адаптованими до різних умов спостережень. Вони дозволяють досягти оптимального співвідношення між якістю обробки та швидкістю отримання результатів, що є важливим як для професійних дослідників, так і для ентузіастів.

Усі рекомендації структуровано у вигляді блок-схеми (рис. 4.1), яка відображає послідовність етапів обробки, починаючи від підготовки обладнання та запису відео, закінчуючи аналізом результатів і ідентифікацією об'єктів.

Ця схема слугує практичним посібником, що полегшує реалізацію запропонованого підходу та забезпечує ефективність астрономічних спостережень.

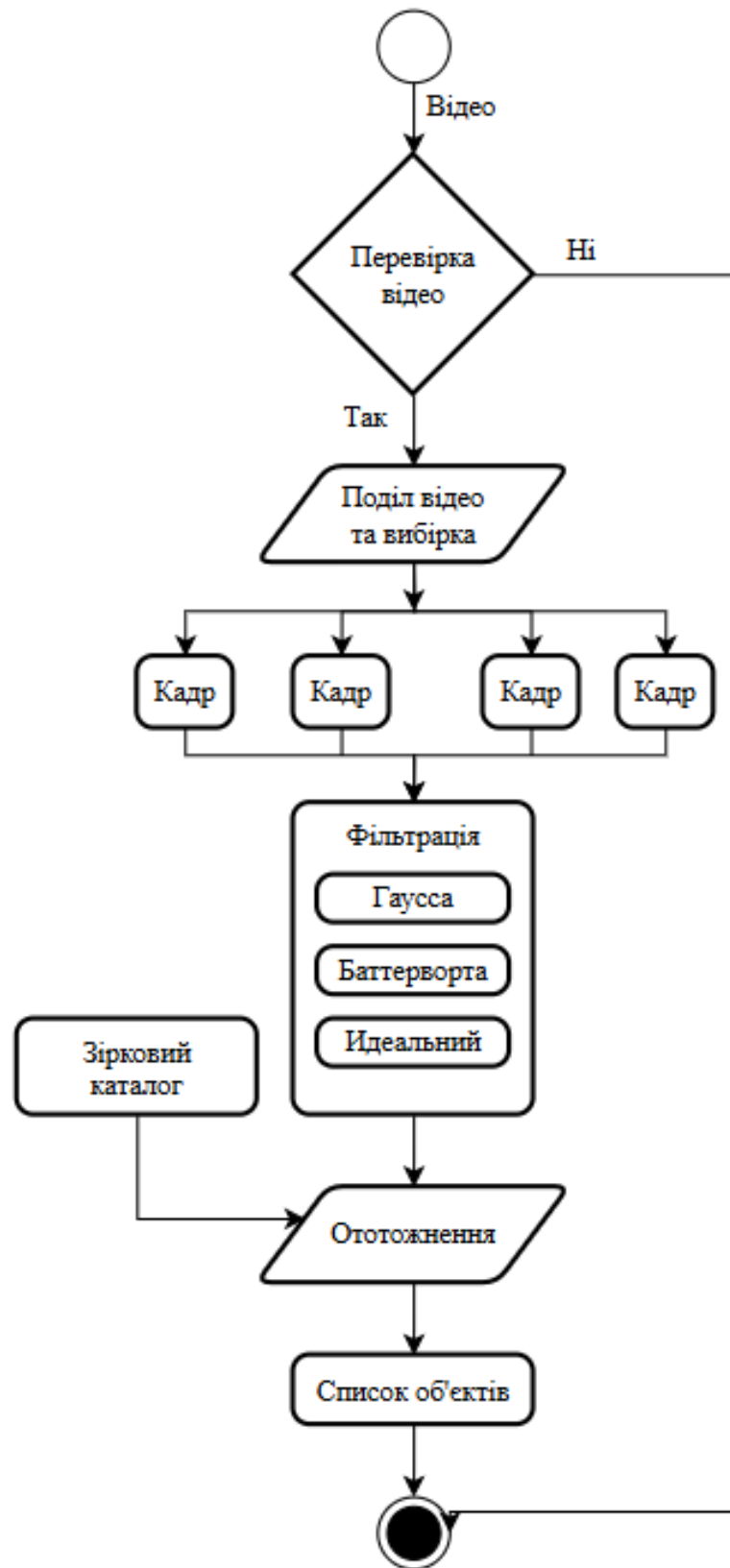


Рисунок 4.1 – Розроблені рекомендації

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Характеристика науково-дослідної роботи

В економічній частині кваліфікаційної роботи обґрунтовано економічну доцільність застосування методів обробки астрономічного відео для ідентифікації небесних об'єктів. У ході дослідження було проаналізовано сучасні методи обробки відеоматеріалів у сфері астрономії, визначено недоліки існуючих підходів і запропоновано оптимізовану методику, що враховує специфіку аматорських і професійних спостережень. Проведено розрахунок економічної ефективності запропонованого рішення.

Реалізація запропонованої методики дозволяє:

- зменшити витрати часу на обробку відеоматеріалів шляхом оптимізації кількості оброблюваних кадрів;
- підвищити точність ідентифікації небесних об'єктів завдяки застосуванню спеціалізованого програмного забезпечення;
- знизити ресурсомісткість обробки за рахунок використання адаптованих алгоритмів, що враховують специфіку об'єктів спостереження.

5.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

Під час виконання науково-дослідної роботи (НДР) [13] було проведено огляд існуючих методів обробки астрономічного відео, що включають обробку кожного кадру для ідентифікації небесних об'єктів. Досліджено основні типи алгоритмів обробки відео та їх ефективність у виявленні астрономічних об'єктів, а також розглянуті проблеми, що виникають при використанні стандартних методів і запропоновано альтернативні методики. Для оцінки ефективності розроблених методів було проведено експеримент, в

якому визначено час, необхідний для обробки кадрів відео, а також оцінено точність і швидкість роботи розробленої системи.

Умовно НДР можна поділити на три етапи: підготовчий, основний та заключний.

На підготовчому етапі було здійснено огляд існуючих методів обробки астрономічних зображень, розглянуто основні типи систем контролю версій та їх застосування в астрономії. Було вивчено поточні проблеми в ідентифікації небесних об'єктів за допомогою відео та з'ясовано труднощі, які виникають при використанні стандартних методів обробки.

Основний етап включав розробку методики обробки астрономічного відео для точної ідентифікації небесних об'єктів, а також створення спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизації цього процесу.

Заключний етап передбачає експериментальну перевірку розроблених методик та програмного забезпечення, а також оцінку часу, необхідного для виконання основних задач, порівняння отриманих результатів з існуючими методами, підготовку звіту та захист результатів НДР.

Для виконання роботи було залучено 3 особи: астроном, спеціаліст з обробки зображень та керівник роботи. Заробітна плата кожного учасника на місяць була визначена таким чином: астроном – 12000,00 грн./міс., спеціаліст з обробки зображень – 15000,00 грн./міс. та керівник – 20000,00 грн./міс.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ($Z_{cp.дн.}$):

$$Z_{cp.дн.} = \frac{Z_{cp.міс.}}{n}, \quad (5.1)$$

де $Z_{cp.міс.}$ – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

n – число робочих днів у місяці, ($n = 22$).

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавців робіт представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт

| Перелік робіт | Кіл-ть виконавців | Посада виконавця | Трудо-місткість робіт, люд.-днів | Середньоденна заробітна плата, грн | Сума заробітної плати, грн |
|--|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Підготовчий етап | | | | | |
| Аналіз проблеми обробки астрономічного відео | 1 | Астроном | 5 | 545,46 | 2727,30 |
| Визначення параметрів обробки, визначення параметрів обробки | 1 | Спеціаліст з обробки зображень | | 681,82 | 3409,10 |
| Координація роботи, визначення плану дій | 1 | Керівник | 2 | 909,10 | 1818,20 |
| Основний етап | | | | | |
| Вибір необхідної кількості кадрів. Розробка критеріїв для ідентифікації об'єктів | 1 | Астроном | 2 | 545,46 | 1090,92 |
| Програмування фільтрів, обробка зображень | 1 | Спеціаліст з обробки зображень | 5 | 681,82 | 3409,10 |
| Перевірка проміжних результатів | 1 | Керівник | 2 | 909,10 | 1818,20 |
| Заключний етап | | | | | |
| Перевірка точності ідентифікації об'єктів, верифікація результатів | 1 | Астроном | 4 | 545,46 | 2181,84 |
| Коригування параметрів обробки, обробка додаткових зображень | 1 | Спеціаліст з обробки зображень | 2 | 681,82 | 1363,64 |
| Фінальна організація проєкту | 1 | Керівник | 1 | 909,10 | 909,10 |
| Усього | | | 23 | | 18727,40 |

Таким чином, сума витрат на заробітну плату в межах виконання НДР складе 18727,40 грн.

5.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);

- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

Витрати на оплату праці розраховуються, виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати [14]. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 18727,40 грн.

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) є об'єднаним внеском, який регулярно і обов'язково сплачується до системи загальнообов'язкового державного соціального страхування. Цей внесок має на меті забезпечити соціальний захист у випадках, визначених законодавством, та гарантувати право на страхові виплати для застрахованих осіб та членів їхніх сімей у рамках різних видів державного соціального страхування. Ставка ЄСВ складає 22 % від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 4120,03 грн.

Витрати на електроенергію розраховуються, виходячи зі споживаної потужності пристрою і тарифу на електроенергію. У даному випадку передбачається використання 3-ох комп'ютерів потужністю 0,7 кВт/год. Вартість однієї кВт/год електроенергії прийнято у розмірі 4,32 грн. Витрати на використану обладнанням електроенергію (B_e) розраховуються за формулою:

$$B_e = M \times t \times T_{кВт}, \quad (5.2)$$

де M – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

t – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи;

$T_{кВт}$ – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

Підставивши значення у (5.2), визначимо величину витрат (B_e) на спожиту електроенергію, розрахунки проводились з урахуванням того, що кожен спеціаліст має свій комп'ютер та працює за ним увесь робочий день:

$$B_e = (0,7 \times 88 \times 4,32) + (0,7 \times 96 \times 4,32) + (0,7 \times 40 \times 4,32) = 677,38 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування ЕОМ визначаються з вартості ЕОМ і часу її експлуатації, після закінчення якого, вона підлягає заміні (звичайно цей час не перевищує 3-х років), протягом року ЕОМ використовується 254 робочих дні. Отже амортизація основних засобів розраховується:

$$AB = \sum_{k=1}^L \frac{BO_k}{TE_k} \times T, \quad (5.3)$$

де AB – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення НДР;

BO_k – вартість основних засобів k -го виду;

TE_k – термін експлуатації основних засобів k -го виду, днів;

T – термін НДР, днів;

L – кількість видів обладнання.

Загальна вартість обладнання, що використовується під час виконання НДР, дорівнює 150000,00 грн. Для даної роботи необхідні ноутбуки що мають високу продуктивність, тому вони мають більш високу ціну.

$$AB = \frac{150000 \times 23}{762} = 4527,56.$$

До інших статей витрат відносяться такі:

- адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20 % від витрат на оплату праці;
- вартість оплати послуг зв'язку.

Адміністративні витрати складатимуть 20 % від витрат на оплату праці, тобто дорівнювати 3745,48 грн.

Вартість оплати послуг зв'язку, а саме Інтернет – 250,00 грн. за 23 дні виконання НДР.

За період виконання НДР витрати на відрядження, аутсорсинг, інформаційні послуги та маркетингові заходи не мали місця. Протягом розробки матеріальні витрати також не мали місця.

Для виконання НДР використовувалося кілька програмних засобів та онлайн платформ. Для обробки та аналізу астрономічних зображень застосовувався програмний пакет AstroImageJ, що надає потужні інструменти для обробки астрономічних зображень і даних.

Для ідентифікації небесних об'єктів та порівняння отриманих зображень з каталогами зірок використовувалась система astrometry.net. Для аналізу та обробки відео застосовувався VirtualDub – популярний інструмент для роботи з відеофайлами. Крім того, для написання та оформлення звітів, а також підготовки текстових матеріалів використовувалась Google Docs, яка забезпечує зручний доступ до документації та можливість спільної роботи.

Все програмне забезпечення та онлайн сервіси, використані в роботі, є безкоштовними.

Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР, наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Кошторис витрат на розробку НДР

| № | Стаття витрат | Сума, грн |
|-----|---|-----------|
| 1 | Заробітна плата | 18727,40 |
| 2 | Єдиний соціальний внесок (22 % від п.1) | 4120,03 |
| 3 | Матеріальні витрати | – |
| 4 | Амортизація основних засобів | 4527,56 |
| 5 | Витрати на спожиту електроенергію | 677,38 |
| 6 | Інші витрати | |
| 6.1 | Адміністративні витрати (20 % від п.1) | 3745,48 |
| 6.2 | Вартість послуг зв'язку | 250,00 |
| 7 | Усього витрати | 32047,85 |

Таким чином, кошторис витрат на виконання даної НДР складає 32047,85 грн.

5.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це наслідок послідовності дій, виконаних під час НДР, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем.

Відповідно до теми даного дослідження у якості результату впровадження НДР визначено зменшення часу при використанні розробленої методики для обробки астрономічного відео.

Результат від впровадження НДР визначається за формулою:

$$\Delta P_j = |X_{б_j} - X_{н_j}|, \quad (5.4)$$

де ΔP_j – покращення j -ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ($j = 1, m$);

m – кількість досліджуваних характеристик;

$X_{б_j}$ – базове значення j -ої характеристики;

$X_{н_j}$ – нове значення j -ої характеристики після впровадження НДР.

У експериментальній частині досліджено час, необхідний для виконання операцій покадрової обробки астрономічного відео та ідентифікації небесних об'єктів. Спочатку було розглянуто стандартний метод обробки, що полягає в обробці всього відео без застосування спеціалізованих фільтрів та оптимізації процесу. Далі було досліджено застосування методики, яка включає обробку кожного n -го кадру відео, в залежності від відео, з використанням високочастотних фільтрів (ідеального, Баттерворта та Гауса) для покращення якості зображень та зменшення шумів.

Це дозволяє не лише поліпшити точність ідентифікації, але й значно знизити час, необхідний для ототожнення того чи іншого небесного об'єкта.

Також не менш важливим показником ефективності впровадженої методики є показники помилок першого та другого роду (розрахунки наведено у розділі 5). Отримані результати тестування часу наведено у таблиці 5.3. Час наведено для 15 секундного відео.

Таблиця 5.3 – Час, необхідний для ототожнення небесного об'єкта

| | До методики, час у секундах | Після впровадження, час у секундах |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Перевірка відео | - | 60 |
| Поділ на кадри та вибірка | - | 90 |
| Фільтрація/обробка | 240 | 70 |
| Ототожнення | 300 | 180 |
| Усього | 540 | 400 |

Підставивши отриманий час у формулу 5.4, отримаємо, що 15 секундне відео можна обробити на 140 секунд швидше.

5.5 Визначення економічної ефективності результатів НДР

Для визначення економічної ефективності результатів НДР необхідно порівняти витрати на розробку НДР з отриманими результатами.

Основним показником економічної ефективності науково-дослідної роботи є коефіцієнт «ефект-витрати», який розраховується за формулою:

$$K_{ев} = \frac{\Delta P_j}{B_p}, \quad (5.5)$$

$$K_{ев} = \frac{140}{32047,85} \times 100\% = 0,44\%$$

де B_p – витрати (кошторисна вартість) на виконання НДР, грн;

$K_{ев}$ – коефіцієнт «ефект-витрати», який відбиває, наскільки кожна гривня витрат НДР змінює j -ту характеристику досліджуваного процесу.

У результаті проведених досліджень, можна зробити висновок про те, що дана НДР має позитивний показник економічної ефективності. Використовуючи розроблену методику для обробки астрономічного відео в завданні розпізнавання об'єктів, можна стверджувати, що кожна гривня витрат на розробку забезпечує зменшення часу для опрацювання відео і цей показник дорівнює 0,44 %. Роботу можна вважати ефективною та такою, що має науковий і технічний рівень.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження були визначені оптимальні методи для обробки астрономічного відео з метою ідентифікації небесних об'єктів. Враховуючи технічні можливості аматорських і професійних астрономічних камер, основна увага була приділена таким аспектам, як частота кадрів, роздільна здатність відео, а також застосування статистичних методів для оцінки точності результатів. Для забезпечення високої точності ідентифікації об'єктів рекомендовано використовувати відео з частотою 30 кадрів на секунду, що дозволяє зберегти баланс між якістю зображення та обсягом даних. Цей параметр є універсальним для більшості доступних камер і забезпечує достатню чіткість при спостереженнях за рухомими об'єктами на небесній сфері.

Вибір методів обробки відео включав застосування високочастотних фільтрів, таких як ідеальний, Баттерворта та Гауса, у їхній оптимальній послідовності для видалення шумів та збереження важливих характеристик зображень. Для таких об'єктів було рекомендовано обробляти кожен 10-й або 15-й кадр, щоб не втратити важливу інформацію і не створити зайвого навантаження на систему. Для ідентифікації небесних об'єктів доцільно використовувати спеціалізовані програмні засоби, зокрема Astrometry.net, що дозволяють точно визначити координати об'єктів на основі зображень. Перевірка результатів за допомогою статистичних методів, таких як помилок першого та другого роду, дозволяє виявити потенційні проблеми та підвищити точність ідентифікації. Розроблені рекомендації для обробки астрономічного відео можуть бути корисними як для аматорів, так і для професіоналів, зокрема для тих, хто займається спостереженнями за рухомими об'єктами, такими як комети. Використання запропонованих методів і підходів дозволить значно підвищити точність ідентифікації та зменшити кількість помилкових виявлень, що є важливим кроком у розвитку астрономії для широкої аудиторії.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Хламов С.В., Плігунова Е.В. Особливості обробки астрономічного відео // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. 2024. Т. 1. С. 138-139.
2. Апальков І.В., Хрящів В.В. Видалення шуму з зображень на основі нелінійних алгоритмів з використанням рангової статистики // GraphiCon. 2007. 6 с.
3. Peres M.R. The focal encyclopedia of photography. Boston: Focal Press, 2007. 846 p.
4. Національне управління з аеронавтики і дослідженню космічного простору. URL: <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/fitsio/> (дата звернення 05.01.2024).
5. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital image processing. New York: Person, 2009. 1122 p.
6. Khlamov S.V., Savanevych V.E., Briukhovetskyi O.B., Dikov E.N., Vavilova I.B., Trunova T.O. Development and improvements of computational methods implemented to CoLiTec software // Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology, Cosmomicrophysics, Astroparticle Physics, Radioastronomy and Astrobiology: 18-th Gamow Conference-School. 2018. P. 28.
7. Gupta G. Algorithm for image processing using improved median filter and comparison of mean, median and improved median filter // International Journal of Soft Computing and Engineering. 2011. Issue 1(5). P. 304-311.
8. Gong Y., Tang W., Zhou L., Yu L., Qiu G. Quarter Laplacian filter for edge aware image processing // IEEE International Conference on Image Processing. 2021. P. 1959-1963.
9. Putri N.P. Analysis of Noise Removal Performance in Speech Signals through Comparison of Median Filter, Low FIR Filter, and Butterworth Filter: Simulation and Evaluation // Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer. 2024. № 16(2). P. 56-62.

10. Afshari H. H., Gadsden S. A., Habibi S. Gaussian filters for parameter and state estimation: A general review of theory and recent trends. // Signal Processing. № 135. P. 218-238.

11. Перегляд гістограм і значень пікселів. URL: <https://helpx.adobe.com/ua/photoshop/using/viewing-histograms-pixel-values.html> (дата звернення 05.11.2024).

12. Astrometry.net. URL: <https://astrometry.net/> (дата звернення 05.11.2024).

13. Бізюк А.В., Вовк О.В., Ткаченко В.П. Основи наукових досліджень: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ. 2018. 180 с.

14. Методичні рекомендації до виконання економічної частини дипломних проектів, робіт для студентів денної та заочної форми навчання усіх спеціальностей / Л.В. Соколова, О.І. Горбач, С.В. Гришко, Є.В. Діденко, Л.В. Левченко, Г.М. Путятіна, В.Г. Харченко. Харків: ХНУРЕ. 2015. 49 с.