

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

«На правах рукопису»
УДК УДК 535.2 : 004.93.12

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

«__» травня 2021р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: « Аналіз фотометричних зображень методами глибинного
навчання »**

Виконав :
студент II курсу, групи ПБ-92мн
Нагорний Андрій Іванович

Керівник:
д.т.н., професор, Безуглий М.О.

Консультант з розроблення стартап-проекту:
Професор кафедри менеджменту,
д.е.н., доцент, Бояринова К.О.

Рецензент:
д.т.н., професор, Чиж І.Г.

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2021 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою
Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма (спеціалізація): Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Віктор Антонюк

(підпис)

«__» _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Нагорному Андрію Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Аналіз фотометричних зображень методами глибинного навчання

науковий керівник Безуглий Михайло Олександрович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «22» 03 2021 р. № 841

2. Термін подання студентом дисертації 18 травня 2021 р.

3. Об'єкт дослідження: процеси обробки та аналізу зображень отриманих за допомогою фотометру із еліпсоїдальними рефлекторами.

4. Предмет дослідження: автоматизована система для вибору зон інтересу фотометричних зображень та обчислення значення інтенсивності, із відповідним інтерфейсом користувача.

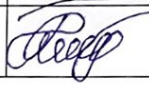
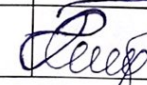
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) Розглянути особливості дослідження фотометричних величин; 2) Розглянути елементи оптичних систем, що формують фотометричне зображення; 3) Розглянути існуючі програмні рішення для аналізу та обробки фотометричних зображень; 4) Провести аналіз методів глибинного навчання, та підібрати найбільш

відповідний для автоматизації обрахунку інтенсивності пікселів фотометричного зображення 5) Розробити програмне забезпечення для автоматизованої роботи. 6) Провести експеримент використовуючи фотометр із еліпсоїдальними рефлекторами, на отриманих зображеннях провести випробування запропонованого методу.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: зображення, графіки, таблиці

7. Орієнтовний перелік публікацій: доповіді на конференціях, статті

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова К.О., д.е.н., доцент		

9. Дата видачі завдання _____ 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд методів фотометрії, та існуючого ПЗ для обробки фотометричного зображення.	15.03.2021	
2	Аналіз методів глибинного навчання.	29.03.2021	
3	Розробка автоматизованого алгоритму	12.04.2021	
4	Створення візуального інтерфейсу	19.04.2021	
5	Проведення експерименту із використанням розробленого алгоритму	26.04.2021	
6	Розробка стартап-проекту	03.05.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	10.05.2021	
8	Оформлення додатків	15.05.2021.	

Студент

(підпис)

А.І. Нагорний

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

М.О БЕЗУГЛИЙ

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Обсяг роботи: 91 сторінок

Кількість ілюстрацій: 30

Кількість таблиць: 27

Кількість формул: 7

Кількість джерел за переліком посилань: 55

Актуальність теми. Аналіз фотометричних зображень більш притаманний дослідженню космічних об'єктів, але також може бути використаний в біомедичних при для контролі якості оптичного просвітлення, вимірюванні рівня глюкози в крові, контролю потужності лазерного випромінювання при виведенні татуювань, та інших дослідженнях яких зображення отримується фотометром з еліпсоїдальними рефлекторами. З огляду на існуючі програмні рішення мала частина дозволяє аналізувати зображення отримані фотометром з ЕР, при цьому слабкими сторонами є ручний процес визначення зон інтересу, що в свою чергу призводить до зниження точності та часу затраченого на дослідження.

В даній роботі запропоновано алгоритм, що дозволить автоматизувати процес пошуку плями розсіювання на зображенні за допомогою методів комп'ютерного зору, а саме алгоритму Кенні. Знайдена пляма розбивається на зони інтересу відповідно до правил, в яких обчислюється середнє значення інтенсивності, що таким чином підвищує точність обчислення та зменшує затрати часу.

Мета дослідження: Розробка програмного рішення на основі комп'ютерного зору яка дозволить автоматизувати процес аналізу фотометричних зображень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі:**

1. Розглянути особливості отримання фотометричних зображень та існуючі методи для аналізу;
2. Проаналізувати методи глибинного навчання та вибрати найдоцільніший;
3. Для покращення роботи алгоритму дослідити усі кроки алгоритму Кенні на фотометричному зображенні отриманому фотометром з ЕР ;
4. Розробити алгоритм детекції зон.
5. Створити візуальний інтерфейс.
6. Провести оптичне просвітлення, та апробацію розробленого ПЗ.

Об'єкт дослідження: процеси обробки та аналізу зображень отриманих за допомогою фотометру із еліпсоїдальними рефлекторами.

Предмет дослідження: процеси обробки та аналізу зображень отриманих за допомогою фотометру із еліпсоїдальними рефлекторами.

Методи дослідження – методи для визначення зон інтересу, методи отримання фотометричних зображень, методи комп'ютерного зору.

Наукова новизна – використання комп'ютерного зору для автоматизації процесу вибору плями розсіювання.

Практична цінність – розроблене ПЗ дозволяє покращити точність, швидкість та спростити процес аналізу.

Практичні та теоретичні результати даної роботи, використовуються в навчальному процесі кафедри виробництва приладів КПІ ім. Ігоря Сікорського при проведенні лекційних та лабораторних занять з дисципліни «Біофотоніка».

Апробація результатів дослідження: основні положення роботи були висвітлені на наступних наукових конференціях:

1. 12 Міжнародна науково-технічна конференція «Нові напрями розвитку приладобудування» – 17-19 листопада 2019 року, БНТУ, м. Мінськ, Білорусь.
2. 17 Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15 -16 травня 2019, Київ, Україна.

3. 18 Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 19 - 20 травня 2020 Київ, Україна.

Публікації за темою дисертації наведено в додатку В.

Ключові слова: фотометрія, комп'ютерний зір, OpenCV, еліпсоїдальний рефлектор, зона інтересу фотометричне зображення, програмне забезпечення.

ABSTRACT

This dissertation includes: 91 pages

Number of illustrations: 30

Number of tables: 27

Number of formulas: 7

Sources: 55

The relevance of master's thesis. Analysis of photometric images is more common in the study of space objects, but can also be used in biomedical research to control the quality of optical lighting, measuring blood glucose, controlling the power of laser radiation during tattooing, as well as others receiving photometers from ellipsoidal reflexes. Given the existing software solutions, a small part allows you to analyze the image obtained by a photometer with EP, using these weaknesses - this is a manual process of determining interests, which in turn will reduce the accuracy and time of the study.

This paper proposes an algorithm that will automate the process of finding image scattering spots using computer vision techniques, namely the Kenny algorithm. The spot found expands in the area of interest according to the rules in which the average intensity value is calculated, thus increasing the accuracy of the calculation and reducing the time delay.

The main goal of the work: Development of a software solution based on computer vision that will automate the process of analyzing photometric images.

To achieve this goal, it is necessary to solve a number of **tasks**:

1. Consider the features of obtaining photometric images and existing methods for analysis;
2. Analyze the methods of in-depth learning and choose the most appropriate;

3. To improve the algorithm, investigate all the steps of the Kenny algorithm on a photometric image obtained by a photometer with EP;
4. Develop a zone detection algorithm.
5. Create a visual interface.
6. Conduct optical illumination, and test the developed software in practice, draw conclusions about the accuracy of the method.

Object of research: the processes of handling and analysis of the image taken behind the auxiliary photometer from the electronic reflectors.

Subject of research: processes of processing and analysis of images obtained with a photometer with ellipsoidal reflectors.

Research methods - methods for determining areas of interest, methods for obtaining photometric images, methods of computer vision.

Scientific novelty: the use of computer vision to automate the process of selecting a scattering spot.

Practical value: the developed software allows to improve accuracy, speed, and simplify the analysis process.

Practical and theoretical results of this thesis, are used educational process of the Department of Device Production KPI. Igor Sikorsky during lectures and laboratory classes in the discipline "Biophotonics".

Approbation of research results: the main provisions of the work were covered at the following scientific conferences:

1. 12th International Scientific and Technical Conference "New Directions of Instrument Making Development" - November 17-19, 2019, BNTU, Minsk, Belarus.
2. 17 All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Look into the future of instrument making", May 15-16, 2019, Kyiv, Ukraine.

3. 18th All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Look into the future of instrument making", May 19 - 20, 2020 Kyiv, Ukraine.

Key words: photometry, computer vision, OpenCV, ellipsoidal reflector, area of interest photometric image, software

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ТА АНАЛІЗУ ФОТОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	13
1.1 Особливості фотометрії.	13
1.2 Фотометричні детектори	16
1.2.1 Людське око.....	16
1.2.2 Фотографічні емульсії	17
1.2.3 Пристрій з зарядовим зв'язком.....	17
1.2.3 КМОС - структури	19
1.3 Комп'ютерна обробка зображень	21
1.3.1 Основна арифметика та комбінування зображень.....	22
1.3.2 Згладжування зображень.....	23
1.3.3 Зсув та обертання зображення.....	23
1.4. Огляд існуючих програм для обробки зображень після фотометрії.....	24
1.5 Методи глибинного аналізу	29
1.6 Алгоритми детекції комп'ютерного зору	31
1.4 Постановка задачі.....	35
Висновки до розділу 1	36
РОЗДІЛ 2 АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ОТРИМАНИХ ПРИ ФОТОМЕТРІЇ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ	37
2.1 Отримання фотометричних зображень	37
2.2 Вибір програмного середовища для реалізації алгоритму.....	40
2.3 Програмна реалізація алгоритму	42
2.5 Розробка візуального інтерфейсу.	52
Висновки до розділу 2	54
РОЗДІЛ 3 ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСВІТЛЕННЯ З МЕТОЮ АПРОБАЦІЇ РОЗРОБЛЕНОГО АЛГОРИТМУ	56
3.1. Просвітлення і сутність його застосування	56
3.2. Отримання експериментальних зображень при проведенні просвітлення тканини свині.....	57

Висновки до розділу 3	62
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	63
4.1 Опис ідеї проекту	63
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	65
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску сатрап-проекту	67
4.4. Розроблення ринкової програми та маркетингової стратегії проекту	74
4.5 Організація реалізації стартап-проекту.....	80
Висновки до розділу 4	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИСЕРТАЦІЇ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86
ДОДАТКИ	92

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

БС – біологічне середовище

ПЗ – програмне забезпечення

GUI – graphical user interface

ЕР – еліпсоїдальний рефлектор

ПЗЗ – прилад із зарядовим зв'язком

КМОС - комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник

РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ТА АНАЛІЗУ ФОТОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Людство вже давно цікавить питання, що таке світло, як його виміряти і що для цього потрібно. Створення та активний розвиток науки фотометрії, як науки починаючи в 1760х роках з формулювання законів поглинання світла та дифузного відбиття [1].

1.1 Особливості фотометрії.

Фотометрія - наукова дисципліна, спільна для всіх галузей прикладної оптики, на основі якої проводяться кількісні вимірювання енергетичних характеристик поля випромінювання. Дослівно перекладаючи термін фотометрія означає “міряю світло”. Фотометрія як наука базується на теорії світлового поля, яка була розроблена А. Гершуном, а на практиці положення теорії світлового поля реалізуються інженерною дисципліною - світлотехніка. До винаходу фотоелектричних приймачів випромінювання дослідження в цій області ґрунтувалися на візуальних методах, але з їх появою границі досліджень значно розширилися.

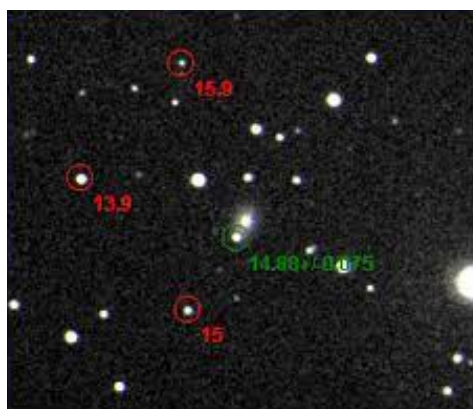
Фотометричні вимірювання за їх можливими видами можна класифікувати так:

- вимір енергетичних величин;
- вимір ефективних величин;
- вимір світлових величин;
- колориметричні вимірювання;
- спектральні методи вимірювання та прилади;
- вимірювання оптичних характеристик тіл;

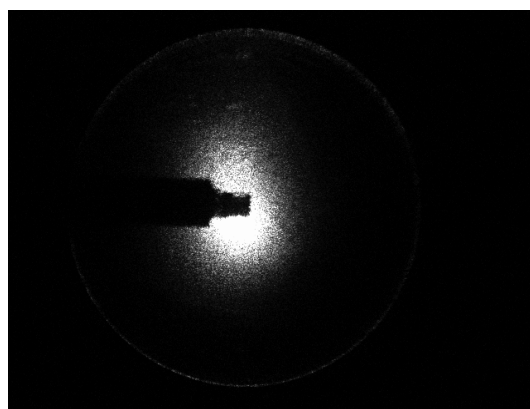
- оптична пірометрія, та ін.

Всі вимірювання в залежності від засобів які були використані для вимірювання фотометричних величин в загальному можна поділити на візуальні та фотоелектричні. При візуальному вимірюванні приймачем випромінювання є людське око, а при фотоелектричному вимірювання це технічний пристрій який заснований на різних фізичних принципах. Звичайно, за для зручності та точності вимірювання на даний час основний обсяг всіх вимірювання проводиться за допомогою фотоелектричної фотометрії.

Як експериментальні так і теоретичні методи фотометрії застосовуються в багатьох галузях науки та техніки, наприклад, в освітлювальній техніці та сигналізації, в астрономії та для дослідження космічних джерел випромінювання, в медичних та виробничих лабораторних дослідженнях, при розрахунках теплообміну та перенесення випромінювання у середовищах (рис.1.1) [2-7].



а)



б)

Рисунок 1.1 Приклад застосування фотометрії, а) – в комічній сфері, б) - медицині.

Фотометричне вимірювання складається з трьох основних компонентів, які можна уявити схематично, як показано на рис.1.2.



Рисунок. 1.2 Спрощена схема фотометричного вимірювання:

- 1 – джерело випромінювання;
- 2 – проміжне середовище;
- 3 – приймач випромінювання

Використовуване в схемі джерело випромінювання може мати відомі параметри або бути досліджуваним об'єктом. У відносних вимірах можна використовувати джерела, параметри яких невідомі, але мають високий рівень стабільності параметрів протягом усього процесу вимірювання.

Проміжна середовище - це середовище, в якому випромінювання розповсюджується. До складу середовища також входять різні оптичні елементи, за допомогою яких можна змінювати потік випромінювання по потужності, напрямку в просторі і спектру.

Приймачі випромінювання - це пристрої, за допомогою яких можна перетворити енергію оптичної області спектра в інші види енергії. Під час проведення вимірювань параметри приймачів фотометричного випромінювання повинні бути достатньо точно відомі, а в разі відносних вимірювань - стабільними під час вимірювання. На практиці вимірювань, як правило, застосовуються фотоелектричні приймачі, що здатні перетворити енергію оптичної області спектра в електричну, тобто електричний сигнал.

Одні з найвідоміших фотоелектричних приймачів - термостовпчики, фоторезистори, фотодіоди, вакуумні фотоелементи та фотоелектронні помножувачі.

Варто відмітити, що кожен з трьох вищезазначених елементів можна досліджувати. У цьому випадку повинні бути відомі два інших, а також щоб вони мали стабільні параметри протягом усього часу вимірювання (при відносних вимірюваннях).

1.2 Фотометричні детектори

1.2.1 Людське око

«Природним» детектором видимих фотонів є сітківка ока людини. Людське око - дивовижна річ, яке виконує свою заплановану роботу - надає нам панорамні види під великим суцільним кутом з роздільною здатністю у величезному діапазоні освітлення, від повного пустельного сонця до темряви нічного неба опівночі. Однак око не є дуже хорошим фотометричним приладом, в сенсі можливості робити кількісні вимірювання потоку. Крім того, око не є інтегруючим пристроєм, тобто сигнал не накопичується з часом, а також око не забезпечує постійного запису того, що бачить.

В даний час людське око не використовується як основний пристрій виявлення на професійних телескопах. Одне поле, де корисно око, - це бачення дрібних деталей на планетарних поверхнях. Око може скористатися короткими моментами, коли атмосфера стає стабільною, а зір або різкість зображення на мить стає дуже хорошим. Також використовують очі, щоб проводити спостереження за яскравістю змінних зірок, порівнюючи яскравість змінної зірки з яскравістю порівняльних зірок відомої величини. Око може зробити таким чином кілька корисних, але обмежених, фотометричних вимірювань.

Кутова роздільна здатність людського ока обмежена невеликими розмірами кришталика. У темних умовах лінза має діаметр близько 7 мм. Теоретична роздільна здатність становить приблизно 16 дугових секунд

(приблизно чверть дугової хвилини), але мало хто має зір, який наближається до цієї роздільної здатності.

Око чутливе лише до невеликого зрізу довжин хвиль електромагнітного поля. Діапазон чутливості довжини хвилі дещо залежить від того, чи спостерігає око в умовах яскравого світла (фотопик) або в умовах дуже низького рівня освітлення (“адаптований до темряви” або скотопічний).

1.2.2 Фотографічні емульсії

Першим технологічним прогресом астрономічних детекторів стала фотоемульсія. Фотоемульсії можуть зробити постійний запис астрономічних об'єктів, зображених телескопами. Однак фотоемульсії не є дуже хорошим фотометричним приладом для астрономії через кілька недоліків. Коротко це: фотоемульсії реєструють лише невелику частку (близько 1%) фотонів, які потрапили в емульсію; через аналоговий (а не цифровий) характер запису зображення на емульсії важко зробити кількісні вимірювання яскравості зірок.

Фотоемульсії також нелінійні - подвійне вхідне світло не дає подвоєного виходу на плівці. Ця особливість називається відмовою взаємності. Однією з переваг фотопластинки є те, що її можна зробити більшою, ніж найбільші ПЗЗ (але ПЗЗ з часом стає більше). Однак це є спірним питанням, та й попит на астрономічні плити практично зник до нуля.

1.2.3 Пристрій з зарядовим зв'язком

Вибраним детектором для оптичної астрономії зараз є ПЗЗ (пристрій з зарядовим зв'язком). ПЗЗ має багато переваг - це лінійний пристрій для підрахунку фотонів, який реєструє велику частку фотонів, які падають на нього.

Працює він набагато краще, ніж фотопомножувач, оскільки він може записувати двовимірне зображення та має позиційну інформацію. Пристрої з зарядовими зв'язками за останні два десятиліття справді зробили революцію.

ПЗЗ - це сукупність пікселів, розташованих у рядках та стовпцях, а зображення, яке створює ПЗЗ, - це масив пікселів, розташованих у рядки та стовпці. Слово піксель може означати ділянку кремнію на ПЗЗ або один крихітний шматочок зображення. Кожен піксель на зображенні представлений цифрою, яка пов'язана з кількістю світла, що потрапила на кожен піксель. Пікселі на ПЗЗ мають кінцевий розмір. Площа неба, зображена на кожному пікселі, також має кінцевий кутовий розмір, встановлений (лінійним) розміром пікселя та масштабом пластини телескопа.

Зображення ПЗЗ можна розглядати як двовимірний масив чисел. Ми вказуємо один піксель зі значеннями x та y від початку координат. Замість x та y ми часто маємо на увазі рядки та стовпці.

Початок координат (як правило) знаходиться в нижньому лівому куті зображення. Ряди йдуть паралельно підлозі, а стовпці перпендикулярно рядам. У позначеннях x , y рядок - це всі пікселі з однаковим значенням y , а стовпець - усі пікселі з однаковим значенням x .

Яскравість кожного пікселя зберігається як число. Розмір комп'ютерного файлу, що представляє зображення, залежить від типу номера, що використовується для зберігання зображення. Сире зображення, зображення, зчитуване з ПЗЗ, часто зберігається у цілочисельному форматі. Такі зображення часто зберігаються як 2-байтові (або 16-бітові) цілі числа. Таким чином, значення кожного пікселя може приймати лише одне з $2^{16} = 65536$ різних значень. (Ця дискретність на цьому етапі не є проблемою, оскільки вихід ПЗЗ є у цілочисельній формі.)

Однак, коли ми робимо різні кроки обробки зображень, такі як плоске поле, ми виявляємо, що представляти значення пікселів як цілі числа - погана ідея. Це

пояснюється тим, що цілочисельна арифметика усіває числа - розділіть 27 на 7, і (ціле число) відповідь дорівнює 3, а не 3,857 .. або навіть 4, що є округленою відповіддю. Отже, одним із перших кроків у зменшенні зображень є перетворення цілих чисел у реальні числа. Реальні числа зазвичай зберігаються у 4 байтах на більшості комп'ютерів. Таким чином, цілочисельне зображення із ПЗЗ 1024×1024 вимагатиме $1024 \times 1024 \times 2 = 2\,097\,152$ байт (або 2 МБ) пам'яті. Зображення однакового розміру в реальному форматі вимагатиме вдвічі більше місця (4 МБ). Ніч спостережень може створити сотні зображень - можна зрозуміти, чому астрономи завжди шукають більші та швидші жорсткі диски та резервні копії стрічки.

Комп'ютерні файли зображень зазвичай містять деяку інформацію заголовка (з інформацією, наприклад, коли і де зроблені знімки), але простір, який займає інформація заголовка, зазвичай є тривіальним порівняно з місцем, яке займають дані пікселів [7].

1.2.3 КМОС - структури

Аналогічні процеси відбуваються і з матрицями КМОС. Відмінність лише в тому, що ця технологія більш молода і дешева у виробництві. Але через широкого застосування в мегапіксильному спостереженні з малою площею пікселя питання про чутливість варто для них особливо гостро. Чутливість КМОС -сенсорів максимально наблизилася до чутливості ПЗЗ після створення технології Exmor [8]. В цілому методи підвищення чутливості КМОС подібні методам для ПЗЗ:

- Збільшення ефективності мікролінз.
- Зменшення поглинання світла в матеріалі сенсора, оптичних елементах і світлофільтрах.

- Зменшення розсіювання на провідниках структури, для чого використовується матеріал з більшою провідністю (мідь замість алюмінію), але меншого перетину. Це особливо актуально для структури КМОС, що містить велику кількість елементів, включаючи підсилювальні каскади.

Прихід нових форматів зображення 4K і 8K ще більш актуалізував зростання чутливості КМОС -сенсорів. Тут великі надії подає технологія ДЗП (Датчик із зворотним підсвічуванням) і її клони, яка була вперше запропонована компанією Omnivision, проте спочатку мала занадто високу вартість. У "Соні" ця технологія отримала назву ExmorR і ExmorRS. Вперше вона широко стала застосовуватися в мініатюрних камерах для мобільних пристроїв. Взагалі цей сегмент, як і інші побутові напрямки, є двигуном технічного прогресу і в області сенсорів зображень - з огляду на масштабність ринку і крайню зацікавленість в ньому виробників. Головна відмінність цієї технології - принципова зміна розташування самого чутливого елемента з нижнього шару кремнієвої пластини, над яким розташовувалися елементи схеми і сполучні провідники, безпосередньо до лінзових масиву з кольоровими фільтрами RGB. Передбачалося, що чутливість подібних сенсорів матиме принаймні дворазову перевагу щодо попередніх варіантів[9]. В реальності значення питомої чутливості КМОС-сенсорів ExmorR варіанти Starvis лежать в діапазоні 70-140 мВ/мкм². Практичний аналог цієї технології пропонується Omni vision під назвою ДЗП -2. Примітно, що в ній використані конструктивні рішення розводки з міді, аналогічні Exmor, що знову ж таки говорить про єдність технічних рішень.

Методики оцінки чутливості в різних компаніях дещо відрізняються, тому порівняти моделі за цим параметром важко. Але вже показово, що Omni vision стала вказувати чутливість сенсора в переліку технічних характеристик. Спектральні характеристики чутливості сенсорів поки залишаються невідомими, а останнім часом і у "Соні" наводяться нерегулярно. Можна тільки припускати, що вони несильно відрізняються один від одного. Для останнього досягнення

боротьби за чутливість КМОС-сенсорів - технології Starvis, заснованої на структурі ДЗП, - заявляється висока питома чутливість - 2000 мВ/мкм² і більш. Правда, ця величина дана для часу накопичення 1 с, в той час як за типовою методикою цього виробника чутливості зазвичай нормуються для часу накопичення 1/30 с. Іншими словами, питома величина складе більше 70 мВ/мкм². Кращі моделі цієї технології мають максимальне 14-бітове перетворення (для 30 кадр/с). У них використовується технологія брекетинга - зйомка одного і того ж кадру кілька разів з різними настройками основних параметрів. Завдяки цьому можлива реалізація режиму WDR з подвійним скануванням (при 60 кадр/с). Широкі функції посилення дозволяють окреме регулювання посилення кожного пікселя по кожному кольору. Можливо також двухканальне посилення від кожного пікселя з подальшим підсумовуванням, що реалізує кореляційний прийом з поліпшенням відносини сигнал/шум ще в 1,4 рази. Ці заходи дозволяють забезпечити велике посилення сигналу з мінімальним шумом, тобто високу чутливість.

На виході виходить цифрове зображення у відтінках сірого або RGB форматі, що складається з матриці чисел, по одному на піксель, причому кожне число пов'язане з кількістю світла, яке потрапляє на цей піксель.

1.3 Комп'ютерна обробка зображень

Комп'ютерна обробка зображень - загальна назва використання комп'ютера для обробки зображень або вимірювання різних елементів на зображенні. Комерційні програми обробки зображень (наприклад, Photoshop), як правило, стосуються виключно зовнішнього вигляду зображення, наукові програми в свою чергу зазвичай більше займаються створенням деяких кількісних вимірювань чогось на зображенні. Доступна низка програм обробки

зображень, пристосованих до астрономічних зображень. Вони варіюються від невеликих систем для комп'ютерів низького класу до складних систем для найшвидших доступних машин.

Незалежно від того, яку програму ми використовуємо, є кілька основних ідей та концепцій обробки зображень, що застосовуються до ПЗЗ-зображень.

1.3.1 Основна арифметика та комбінування зображень

Ми можемо поєднати два вхідні зображення в одне вихідне зображення, використовуючи основні арифметичні операції. Звичайний випадок, що вхідні та вихідні зображення мають однакові розміри в пікселях. Щоб додати (відняти, розділити, помножити) два зображення, ми просто додаємо (віднімаємо, ділимо, множимо) значення на кожному пікселі. Ми також можемо робити ці операції з постійною заміною одного зображення - наприклад ми можемо створити нове зображення, розділивши кожен піксель зображення на число.

Іншим важливим завданням є усереднення двох або більше зображень на одне зображення. Якщо ми робимо незважене середнє з n зображень, вихідне зображення на кожному пікселі - це просто сума значень цього пікселя, поділена на n . Іноді ми хочемо по-іншому зважити зображення.

Іншим корисним методом комбінування зображень є серединне поєднання. Щоб знайти медіану встановлених чисел, ми впорядковуємо їх і вибираємо середнє значення. Щоб медіана об'єднала 3 зображення, подивіться на значення пікселів 3-х зображень на кожному пікселі, знайдіть середнє значення та помістіть це значення у вихідне зображення. Середнє комбінування особливо корисне для позбавлення від стрибків шуму.

1.3.2 Згладжування зображень

Іноді необхідно згладити зображення. Це допомагає зменшити шум на зображенні, але за рахунок зменшення просторового дозволу. Плавний імпульс замінює значення кожного пікселя на середнє значення прямокутної області навколо пікселя. Кількість пікселів на згладженому зображенні дорівнює кількості на вихідному зображенні. Дещо пов'язана операція в середньому за блоком. Тут нове зображення створюється шляхом усереднення пікселів, які знаходяться у полі на вихідному зображенні. Це змінює розмір (у пікселях) зображення. Скажімо, ми починаємо із зображення, яке має 1024×1024 пікселів, і блокуємо середнє зображення, використовуючи поле розміром 4×4 пікселі. Отримане зображення матиме 256×256 пікселів.

Інший спосіб згладжування зображень - це середнє плавне зображення. Тут кожен піксель замінюється медіаною значень пікселів у прямокутній області вихідного зображення. Середня плавність відрізняється від медіанної комбінації - серединна плавність працює на одному зображенні, комбайн на 3 або більше зображеннях. Медіанні операції корисні тоді, коли ми хочемо позбутися небажаних сигналів. Але треба завжди бути обережними, щоб не позбутися або змінити сигнал, який потрібно було виміряти.

1.3.3 Зсув та обертання зображення

Перегортання або транспонування зображення призводить до того самого зображення, але переглянутого з іншої системи координат. Існують також операції, які призводять до різного зображення шляхом зміщення або обертання. Для будь-якої з цих операцій нам завжди потрібно турбуватися про крайові ефекти. Ми не знаємо, що знаходиться за межею зображення.

Також часто доводиться зміщувати зображення. Один із поширених прикладів - це коли треба поєднати кілька зображень одного поля, які злегка зміщені через дрейф у відстеженні телескопа. Якщо зображення не мають низької вибірки, ми можемо робити зсуви на частку пікселя. Для цього існує кілька математичних прийомів. Той, що добре працює, називається бікубічним сплайном, який приблизно можна вважати "числовою французькою кривою". Якщо зображення не має надмірної вибірки (дуже малі пікселі кутового розміру), лінійний або дволінійний алгоритм зсуву не працює добре, оскільки такий алгоритм не може правильно отримати локальні максимуми (наприклад, вершини зірок). Можна обертати зображення за довільними кутами навколо довільних центрів для цього треба використовувати одну з низки схем інтерполяції зображень, наприклад, бікубічні сплайни.

1.4. Огляд існуючих програм для обробки зображень після фотометрії

IRAF (Interactive Reduction and Analysis Facility) - це великий набір комп'ютерних програм, який використовується астрономами всього світу для роботи з різними видами астрономічних даних. IRAF - не єдина така програма, але вона є однією з найбільш широко використовуваних у США. Основна система IRAF була розроблена протягом останнього десятиліття або близько того групою з близько півдюжини астрономів / програмістів Національної обсерваторії Кітт Пік в Тусоні, Арізона. Астрономи інших установ, відомих Наукового інституту космічного телескопа, штаб-квартири космічного телескопа Хаббла, штат Балтімор, написали великі програми, які займаються власними даними, але працюють із базовою системою IRAF. Набір HST називається STSDAS (Наукова система аналізу даних космічного телескопа). Приклад використання програми показаний на рисунку 1.3.

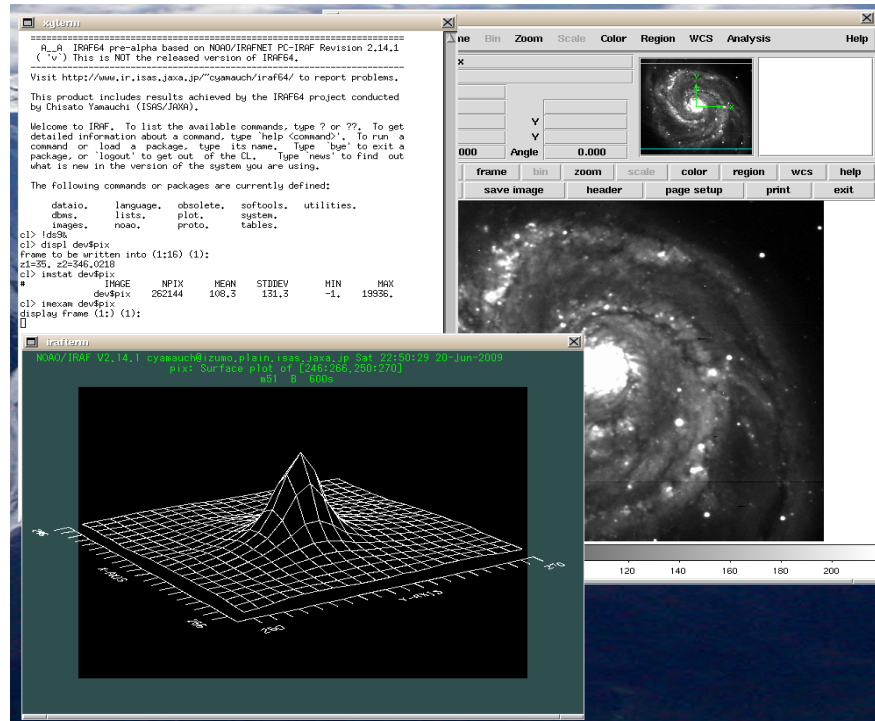


Рисунок 1.3 Робота програми IRAF

IRAF - це складна, потужна система, у порівнянні з багатьма комерційними програмними системами, IRAF не особливо зручний для користувачів. Стати впевненим користувачем та познайомитись з усіма можливостями IRAF та суміжних систем може зайняти декілька років.

Версії IRAF доступні (усі доступні для безкоштовного завантаження в Інтернеті) для ряду різних комп'ютерних операційних систем. IRAF був розроблений в операційній системі UNIX на робочих станціях SUN. Сьогодні багато астрономів використовують IRAF на ПК (Intel або сумісний процесор) за допомогою операційної системи LINUX. ПК LINUX під управлінням IRAF може забезпечити потужну астрономічну систему зменшення даних за відносно невелику суму грошей.

ASTROKIT - ефективна програма для високоточної диференціальної ПЗЗ-фотометрії та пошуку змінних зірок. Програма Astrokit використовується для обробки постфотометричних даних. Всі дані обробляються за єдиною схемою.

Для фотометричного калібрування ПЗЗ-кадрів застосовувалися кадри темного струму і плоского поля. Приклад використання програми показаний на рисунку 1.4.

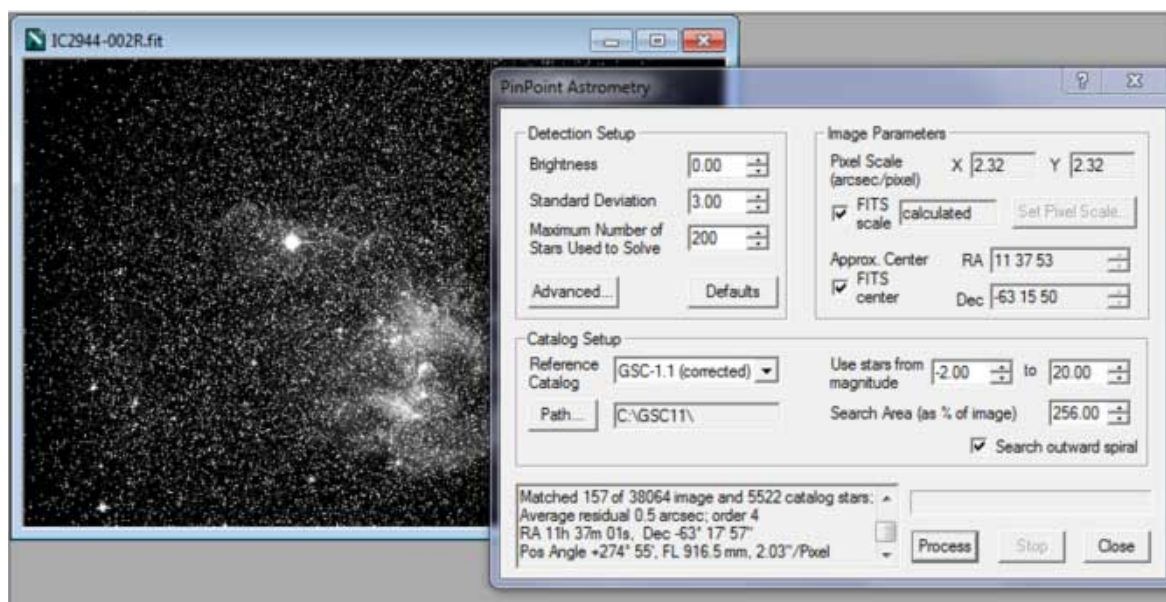


Рисунок 1.4 Програма ASTROKIT

Кадри плоского поля в необхідному фільтрі знімаються автоматично по ранковому сутінковому небі. При цьому годинне ведення телескопа відключається. Діапазон лінійності використовуваних ПЗЗ-детекторів обмежений 40 000 ADU, тому експозиція для кожного фільтра підібрана так, щоб кількість відліків в пікселях не виходило за цю межу. Для кожного з кадрів плоского поля проводиться віднімання підсумкового кадру темного струму з потрібною експозицією. Кадри плоского поля нормуються (відліки кожного пікселя діляться на середнє медіанне значення відліків всіх пікселів), а потім медіанного усереднення формується підсумковий кадр плоского поля. На цей кадр проводиться розподіл ПЗЗ-кадрів з об'єктом дослідження. Використання кадрів плоского поля дозволяє врахувати по-піксельно варіації чутливості і ефект віньєтування оптичної системи.

Після фотометричного калібрування кожного кадру за допомогою програми Astrometry.net створюються коректні параметри, що відповідають за

прив'язку системи координат. Потім в пакеті IRAF виконується апертурна фотометрія за допомогою завдання PHOT/APPHOT, результати якої є вхідними даними для Astrokit. Основним недоліком цієї програми є те, що для коректної роботи програми потрібно файл, який містить екваторіальні координати зірок. За бажанням користувача цей файл також може містити каталожні показники кольору зірок, що буде враховуватися надалі при формуванні ансамблів зірок порівняння [10].

Iris - це програмне забезпечення, написане для запуску під Windows95/98/NT. Він пропонує численні та потужні функції обробки зображень у галузі цифрових астрономічних зображень. Iris особливо оптимізований для використання зображень, отриманих від ПЗЗ-камер. Iris може завантажувати та зберігати зображення у форматах FITS, PIC (власний формат), необробленому або BMP. Iris може також прочитати зображення Атласу Буй-Тувена, компакт-диска, який містить 4649 зображень 6600 об'єктів глибокого неба[11-12]. Приклад використання програми показаний на рисунку 1.5.

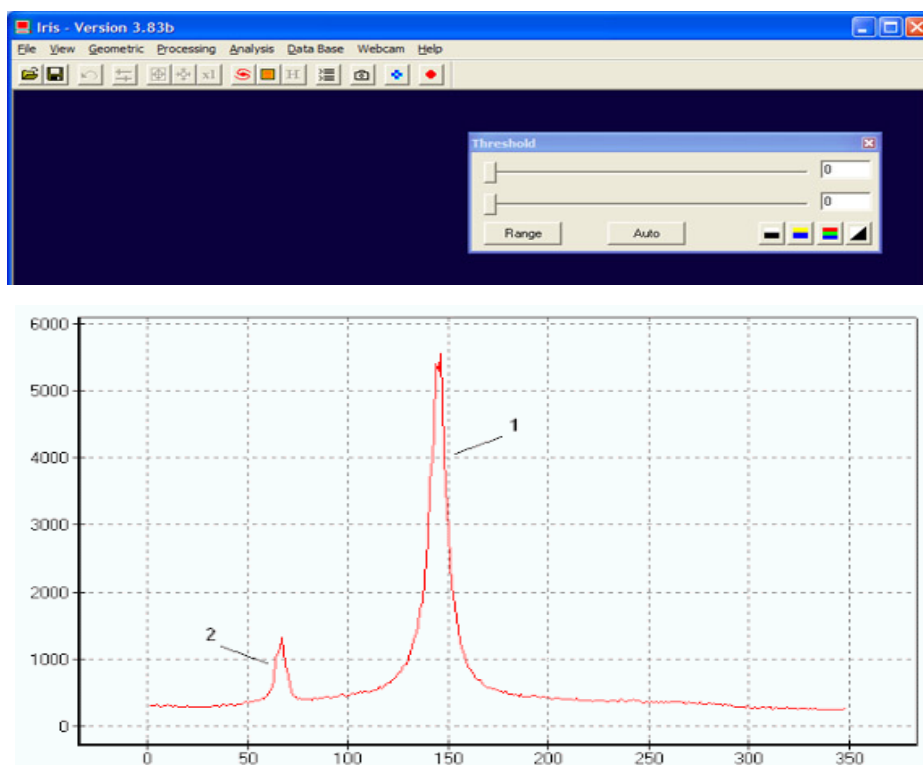


Рисунок 1. 5 Робота програми та вивід графіка в Iris

З вікна Команда можна виконувати численні команди в режимі online. Ці команди є підмножиною команд, доступних у потужному програмному забезпеченні DOS-32 бітів QMiPS32. Он-лайн режим Iris надзвичайно практичний, зокрема для повторення операцій. Коли ви освоїте його, у вас буде в руках потужний інструмент підвищення продуктивності[13].

Нарешті, Iris має функції, що допомагають конструкції камери Audine ПЗЗ. Проект Audine розроблений Асоціацією користувачів електронних детекторів.

Програмне забезпечення містить складні інструменти для швидкого вимірювання величини і положення об'єктів.

Із вищезгаданих програм Iris найкраще підходить для аналізу фотометричних зображень отриманих за допомогою фотометра з еліпсоїдальними рефлекторами. Для цього використовується апертурна фотометрія (див. рис.1.6). Спочатку вибираються радіуси відповідних зон, далі оператор наводить кружки (рис. 1.6).

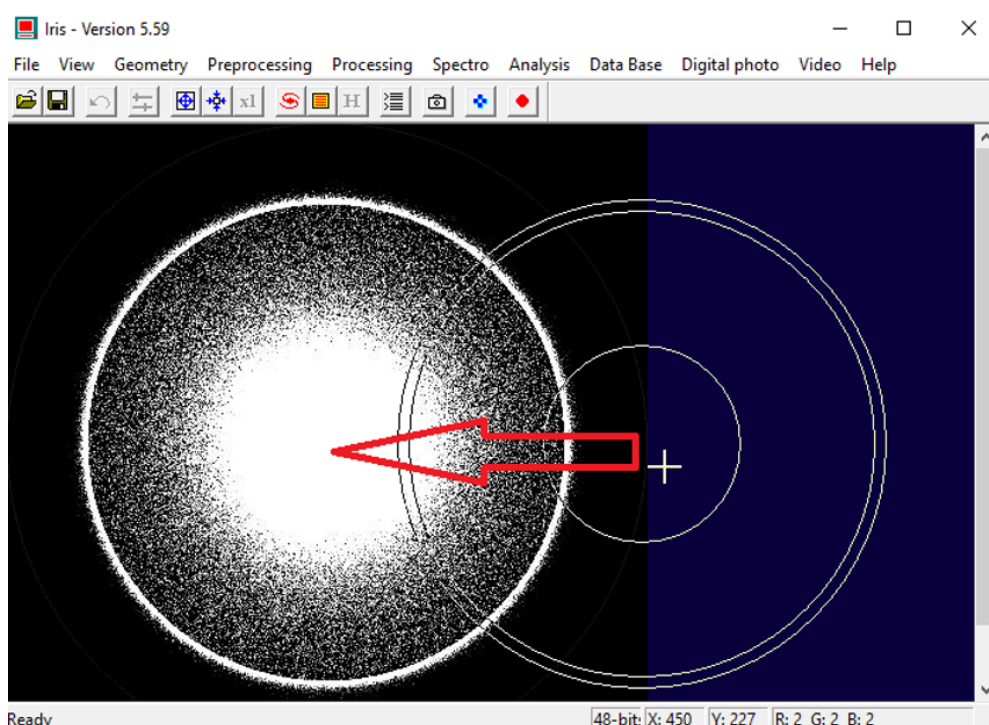


Рисунок 1.6 Процес наведення вибраних радіусів на зони фотометричного зображення в програмі Iris.

Після наведення програма виводить вікно з значенням кількості пікселів та інтенсивності у зоні.

1.5 Методи глибинного аналізу

Аналіз та обробка даних, в тому числі і результатів експерименту, є найважливішим засобом отримання нових знань. Ці дослідження дають критерії оцінки обґрунтованості та прийнятності на практиці будь-яких теорій і теоретичних припущень. Обробка даних спрямована, як правило, на побудову математичної моделі досліджуваного об'єкта або явища, а також на отримання відповіді на питання: «Чи достовірні наявні дані в межах необхідної точності або допусків?». Глибинний аналіз є

Глибинний аналіз або добування даних - це процес, що використовується компаніями для перетворення необроблених даних у корисну інформацію. Видобуток даних залежить від ефективного збору даних, складування та комп'ютерної обробки.

В основі глибинного аналізу лежать методи класифікації і кластеризації, моделювання і прогнозування, генетичні та еволюційні алгоритми, методи «м'яких обчислень» та ін. Не можна залишати в стороні і методи прикладної статистики, які становлять фундамент глибинного аналізу, перш за все це кореляційний і регресійний аналіз, факторний і дискримінантний аналіз і багато іншого.

Глибинний аналіз в загальному являє собою шість класів завдань:

- Виявлення аномалій (відхилень / змін) - виявлення даних з незвичними записами, які можуть зацікавити, або помилок даних, які вимагають подальшого дослідження.

- Навчання правилам асоціацій (моделювання залежностей) - здійснює пошук взаємозв'язків між змінними.
- Кластеризація - це завдання виявити групи та структури в даних, які є тим чи іншим чином "подібними", без використання відомих структур у даних.
- Класифікація - це узагальнення відомої структури для застосування до нових даних.
- Регресія - спроба знайти функцію, яка моделює дані з найменшою помилкою, тобто для оцінки взаємозв'язків між даними або наборами даних.
- Узагальнення - забезпечує більш компактне представлення набору даних, включаючи візуалізацію та генерацію звітів.

Використання глибинного аналізу лежить в основі навчання штучного інтелекту, що в подальшому може бути спрямований на вирішення задач схожим так як це робить людський мозок (рис.1.7).



Рисунок 1.7 Складові штучного інтелекту.

Глибинний аналіз також використовується комп'ютерним зором для формування нейронних мереж, які направляють системи в їх обробці та аналізі зображень

Зважаючи на те, що Комп'ютерний зір поєднує в собі камери, обчислення на базі крайових чи хмарних технологій, програмне забезпечення та штучний інтелект (ШІ), що дозволяє системам „бачити” та ідентифікувати об'єкти. Повністю навчившись, моделі комп'ютерного зору можуть виконувати розпізнавання об'єктів, виявляти та розпізнавати людей і навіть відстежувати рух[14].

1.6 Алгоритми детекції комп'ютерного зору

Комп'ютерний зір - це область інформатики, яка зосереджується на відтворенні частин складності системи людського зору та наданні комп'ютерам можливості ідентифікувати та обробляти об'єкти на зображеннях та відео так само, як це роблять люди. Донедавна комп'ютерний зір працював лише в обмежених можливостях.

Завдяки досягненням у галузі штучного інтелекту та нововведенням у галузі глибокого навчання та нейронних мереж, за останні роки ця галузь змогла зробити значні стрибки і перевершити людей у виконанні деяких завдань, пов'язаних з виявленням та маркуванням об'єктів.

Одним із рушійних факторів зростання комп'ютерного зору є обсяг даних, які ми сьогодні генеруємо, які потім використовуються для навчання та вдосконалення комп'ютерного зору.

Одним з головних відкритих питань як у неврології, так і в машинному навчанні є: як саме працює наш мозок і як ми можемо це наблизити за допомогою власних алгоритмів? Реальність така, що робочих і всебічних теорій обчислення

мозку дуже мало; тому, незважаючи на той факт, що нейронні мережі повинні «імітувати спосіб роботи мозку», ніхто не впевнений, чи це насправді так[15].

Той самий парадокс справедливий і для комп'ютерного зору - оскільки ми не визначилися з тим, як мозок і очі обробляють зображення, важко сказати, наскільки алгоритми, що використовуються у виробництві, наближають наші власні психічні процеси.

На певному рівні комп'ютерний зір - це все для розпізнавання образів. Отже, один із способів навчити комп'ютер розуміти візуальні дані - це подавати йому зображення, багато зображень, тисячі, мільйони, якщо це можливо, які були позначені, а потім піддавати їх різним програмним методам або алгоритмам, що дозволяють комп'ютеру шукати шаблони у всіх елементах, що стосуються цих міток.

Нижче (рис.1.8) наведена проста ілюстрація буфера відтінків сірого, в якому зберігається образ Авраама Лінкольна. Яскравість кожного пікселя представлена одним 8-бітовим числом, діапазон якого становить від 0 (чорний) до 255 (білий)

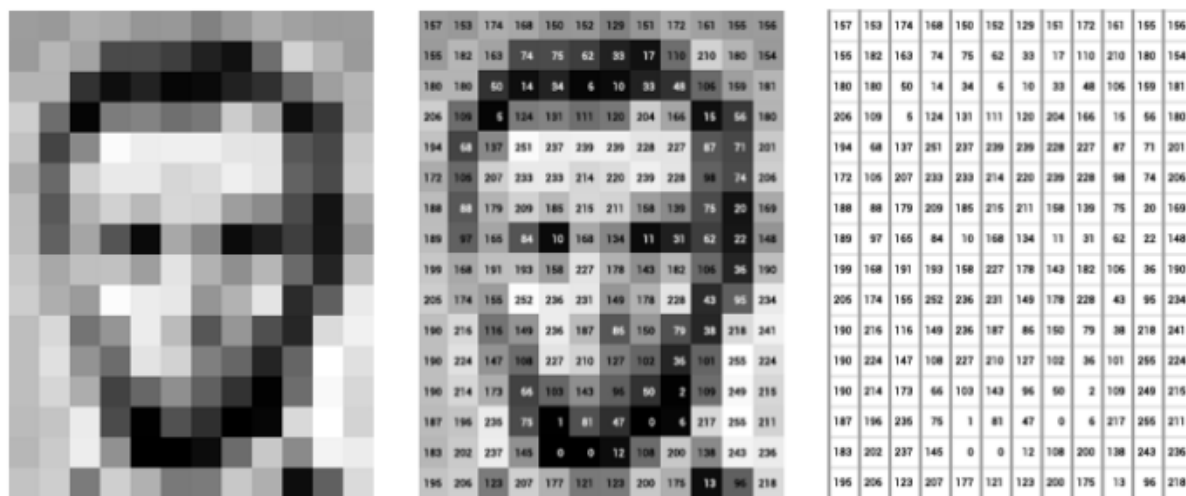


Рис. 1.8 Детекція зображення

Насправді значення пікселів майже універсально зберігаються на апаратному рівні в одновимірному масиві. Наприклад, дані із зображення вище

зберігаються подібним чином до цього довгого списку невідданих символів (рис.1.9)

```
{157, 153, 174, 168, 150, 152, 129, 151, 172, 161, 155, 156,  
155, 182, 163, 74, 75, 62, 33, 17, 110, 210, 180, 154,  
180, 180, 50, 14, 34, 6, 10, 33, 48, 106, 159, 181,  
206, 109, 5, 124, 131, 111, 120, 204, 166, 15, 56, 180,  
194, 68, 137, 251, 237, 239, 239, 228, 227, 87, 71, 201,  
172, 105, 207, 233, 233, 214, 220, 239, 228, 98, 74, 206,  
188, 88, 179, 209, 185, 215, 211, 158, 139, 75, 20, 169,  
189, 97, 165, 84, 10, 168, 134, 11, 31, 62, 22, 148,  
199, 168, 191, 193, 158, 227, 178, 143, 182, 106, 36, 190,  
205, 174, 155, 252, 236, 231, 149, 178, 228, 43, 95, 234,  
190, 216, 116, 149, 236, 187, 86, 150, 79, 38, 218, 241,  
190, 224, 147, 108, 227, 210, 127, 102, 36, 101, 255, 224,  
190, 214, 173, 66, 103, 143, 96, 50, 2, 109, 249, 215,  
187, 196, 235, 75, 1, 81, 47, 0, 6, 217, 255, 211,  
183, 202, 237, 145, 0, 0, 12, 108, 200, 138, 243, 236,  
195, 206, 123, 207, 177, 121, 123, 200, 175, 13, 96, 218};
```

Рис. 1.9 Дані інтенсивностей зображення

Цей спосіб зберігання даних зображень може суперечити очікуванням, оскільки дані, безумовно, здаються двовимірними, коли вони відображаються. Проте це так, оскільки пам'ять комп'ютера складається просто з постійно зростаючого лінійного списку адресних просторів.

Поглиблене навчання є дуже ефективним методом комп'ютерного зору. У більшості випадків створення хорошого алгоритму глибокого навчання зводиться до збору великої кількості позначених навчальних даних та налаштування таких параметрів, як тип і кількість шарів нейронних мереж та епохи навчання. Порівняно з попередніми типами машинного навчання, глибоке навчання одночасно легше і швидше розробляти та застосовувати.

Більшість сучасних програм комп'ютерного зору, таких як виявлення раку, самокеровані машини та розпізнавання обличчя, використовують глибоке навчання. Глибоке навчання та глибокі нейронні мережі перейшли з концептуальної сфери у практичні програми завдяки доступності та досягненню апаратних та хмарних обчислювальних ресурсів.

Одним із базових методів комп'ютерного зору є оператор Кенні був розроблений як оптимальний фронтальний детектор. Він приймає як вхідне зображення масштабу сірого, а як вихід виводить зображення, що показує положення відслідковуваних інтенсивностей (рис. 1.10).



Рисунок 1.9 Приклад роботи алгоритму

Оператор Кенні працює в багатоетапному процесі. Перш за все зображення згладжується гауссовою згорткою. Потім до згладженого зображення застосовується простий 2D оператор першої похідної (дещо схожий на Хрест Робертса), щоб виділити області зображення із високими першими просторовими похідними. На градієнтній величині грані утворюють хребти. Потім алгоритм відстежує вздовж вершини цих хребтів і встановлює на нуль всі пікселі, які насправді не знаходяться на вершині хребта, щоб отримати тонку лінію на виході, процес, відомий як не максимальне придушення. Процес відстеження демонструє гістерезис, керований двома порогами: T_1 і T_2 , при $T_1 > T_2$. Відстеження може розпочатися лише в точці на хребті вище T_1 . Потім відстеження продовжується в обидві сторони з цієї точки, поки висота хребта не опуститься нижче T_2 . Цей гістерезис допомагає гарантувати, що шумні краї не розбиваються на кілька фрагментів країв[16].

Ефект від оператора Кенні визначається трьома параметрами - шириною ядра Гауса, що використовується у фазі згладжування, та верхнім і нижнім порогами, використовуваними трекером. Збільшення ширини ядра Гауса зменшує чутливість детектора до шуму, за рахунок втрати деяких тонших

деталей зображення. Помилка локалізації у виявлених краях також незначно зростає зі збільшенням ширини Гауса [17].

Зазвичай верхній поріг відстеження можна встановити досить високим, а нижній - досить низьким для отримання кращих результатів. Якщо встановити нижній поріг занадто високим, шумні краї розійдуться. Встановлення надто низького верхнього порогу збільшує кількість хибних та небажаних фрагментів краю, що з'являються у вихідних даних.

Однією з проблем основного оператора Кенні є Y-переходи, тобто місця, де на зображенні величини градієнта зустрічаються три хребти. Такі стики можуть відбуватися там, де край частково закритий іншим об'єктом. Трекер буде розглядати два хребти як один сегмент лінії, а третій - як лінію, яка наближається до цього сегмента лінії, але не зовсім підключається до неї.

1.4 Постановка задачі

Виходячи із проаналізованого існуючого програмного забезпечення для аналізу фотометричних зображень отриманих за допомогою фотометра із еліпсоїдальними рефлекторами найкраще підходить програма Iris. Тим не менш да слабких сторін даної програми можна віднести виділення зон вручну за допомогою мишки, що в свою чергу може призводити до зниження точності, вимагати високого рівня кваліфікації від оператора, а також займати досить багато часу при обробці великої кількості зображень.

Розглянувши існуючі методи глибинного навчання для автоматизації процесу аналізу та обробки фотометричних зображень можуть підійти нейронні мережі та комп'ютерний зір. Нейронні мережі передбачають велику кількість зображень із вибраними зонами для навчання. Оскільки усі існуючі зображення

із визначеними зонами інтересу отримані за допомогою Iris, в нейронну мережу одразу закладатимуться систематичні похибки.

Тому доцільно для розробки алгоритму аналізу фотометричних зображень використовувати методи комп'ютерного зору.

Метою даної роботи є розробка алгоритму для детекції зон інтересу методами комп'ютерного зору, та створення графічного інтерфейсу для користування.

Висновки до розділу 1

Проведено огляд літератури який свідчить про те, що фотометрія використовується у різних галузях науки, при цьому аналіз фотометричних зображень використовується у космічній та медичній сфері.

Існуюче програмне забезпечення в основному призначене для аналізу зображень космосу, для аналізу зображень отриманих фотометром з еліпсоїдальними рефлекторами можливе використання програми Iris при цьому основною слабкою стороною є ручний процес вибору зон для аналізу. Саме тому вирішено розробити програмне забезпечення яке дозволить автоматизувати аналіз та обробку, що в свою чергу призведе до підвищення точності та швидкості роботи.

Провівши аналіз існуючих методів глибинного навчання зроблено висновок, що найкраще для розробки алгоритму буде базуватись на існуючих рішеннях комп'ютерного зору, оскільки фотометричні зображення мають різних характер плями розсіювання, а також існуючі результати обробки які можна було б покласти в основу навчання нейронної мережі можуть мати неточності, що одразу закладатиме систематичну похибку.

РОЗДІЛ 2 АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ОТРИМАНИХ ПРИ ФОТОМЕТРІЇ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ

2.1 Отримання фотометричних зображень

Фотометричні зображення можна отримати двома способами, у ході реального експерименту та при моделюванні. Розглянемо перший спосіб. Зображення отримується за допомогою фотометричної установки з еліпсоїдальними рефлекторами (рис.2.1) [18, 19].

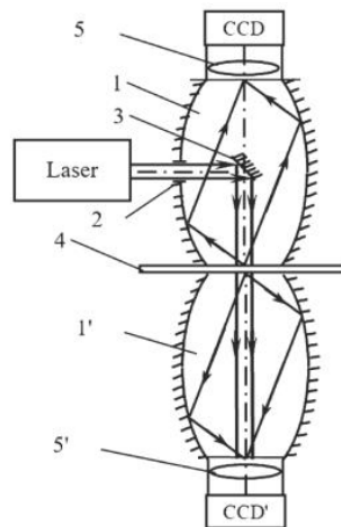


Рисунок 2.1 Схема фотометру з двома еліпсоїдальними рефлекторами [20, 21].

Представлена установка може давати фотометричні зображення відбивання на пропускання. Принцип роботи наступний лазер спрямовує промінь світла колімованого характеру попадає на вхідне вікно (2). Далі світло попадає на дзеркало (3) яке в свою чергу спрямовує пучок на досліджуваний об'єкт. Попадаючи на об'єкт світло зазнає розсіювання, відбиття та поглинання. Завдяки формі рефлектору відбите світло проектується на збиральну систему, і в подальшому попадає на ПЗС камеру, яка в свою чергу підключена до комп'ютера. Таким чином отримується фотометричне зображення (рис.2) яке

характеризує поведінку або відбитого світла на поверхні об'єкту дослідження або світла яке пройшло крізь нього [22-24].

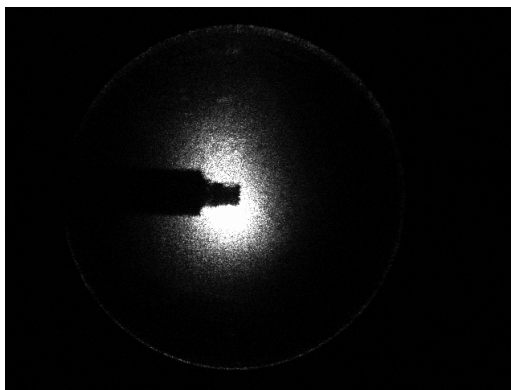


Рисунок 2.2 Фотометричне зображення отримане при проведенні експерименту із просвітленням біологічної тканини.

Другий спосіб отримання зображення є модельний експеримент, отож розглянемо його. Для цього можна використовувати програма BT_MOD (рис. 3) [25].

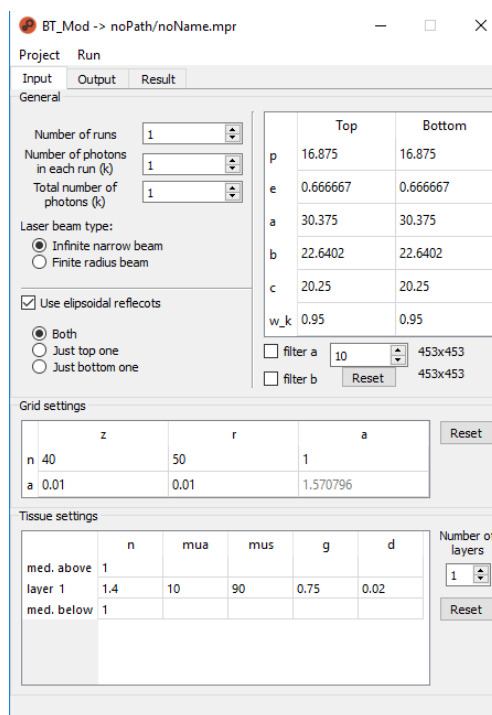


Рисунок 2.2 Вікно програми BT_Mod.

Програма дозволяє задавати геометричні параметри еліпсоїду обертання, кількість випущених фотонів, характеристики випромінювача, особливості досліджуваного зразку такі як кількість шарів тканини, та для кожного окремого шару показник заломлення.

Після введення всіх необхідних параметрів програма створює зображення яке моделює просторове розподілення світла на поверхні досліджуваного зразку. В результаті отримуємо зображення.

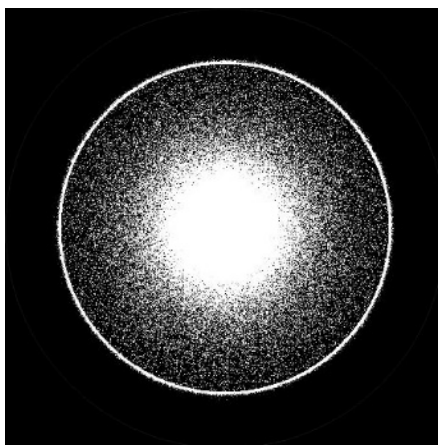


Рисунок 2.3. Зображення отримане при моделюванні.

При порівнянні реального зображення та зображення отриманого в ході модельного експерименту можемо бачити, що розподіл світлих пікселів більш рівномірний, також для реального експерименту частину картинки буде займати дзеркало, що може призводити до втрати інформації. Також варто відмітити що при модельному експерименті на виході завжди буде картинка в якій центр кола буде збігатись із центром зображення оскільки вихідна картинка однакової кількості пікселів в довжину і ширину. При реальному експерименті картинка буде прямокутною що зумовлено особливостями роботи ПЗС матриці, центр кола який представляє собою область інтересу може бути зміщений в будь якому напрямку, що залежить від налаштувань при юстуванні наскільки рівно буде зафіксований досліджуваний зразок, та інші фактори.

Оскільки на модельному зображенні центр круга знаходиться по центру картинки, для пошуку зони інтересу достатньо від краю зображення в циклі йти до центру картинки, при цьому крок буде 1 піксель, при першому відмінному від нуля пікселю можна сказати що ми знайшли радіус найбільшого кільця зони інтересу.

Аналізуючи фотометричні зображення із подальшим застосуванням методу Монте-Карло розраховуються наступні оптичні параметри фактор анізотропії розсіювання, коефіцієнт поглинання, коефіцієнт розсіювання [26, 27].

Вище описані особливості фотометричних зображень отриманих за допомогою фотометру з еліпсоїдальним рефлектором не дають змоги за допомогою простих маніпуляцій визначати зони інтересу, тому для цього буде застосовано алгоритм пошуку простих геометричних фігур в нашому випадку кільця на основі алгоритму Канні.

2.2 Вибір програмного середовища для реалізації алгоритму.

Існує велика кількість бібліотек для комп'ютерного зору, які широко використовуються в багатьох галузях науки. До найбільш поширених належать OpenCV, Tensorflow, Matlab, CUDA, Theano, Keras та інші. OpenCV - є найбільш використовуваною бібліотекою та мультиплатформеним інструментом, який охоплює основні стратегії та алгоритми для відтворення завдань обробки зображень та відео [28]. Вона також є доступною і безкоштовною бібліотекою. Оскільки бібліотека OpenCV написана на мові загального призначення C / C++, то є досить швидкою та має низький показник використання оперативної пам'яті (приблизно 60–70 мб). OpenCV дуже портативна, оскільки може працювати на будь-якому пристрої, на якому підтримується мова програмування C. Використовуючи дану бібліотеку, можна не тільки мати сотні відомих

реалізованих алгоритмів, але також використовувати примітиви та прості функції, які допоможуть, коду працювати швидко та ефективно [29].

OpenCV підтримує широкий спектр мов програмування, таких як C ++, Python, Java тощо, і доступний на різних платформах, включаючи Windows, Linux, OS X, Android та iOS. Як відомо, Python є динамічною типізованою мовою, яка може ускладнити написання проекту. Також, у порівнянні з такими мовами, як C / C ++, Python працює повільніше [30]. У Java різні компоненти імпортуються з бібліотеки OpenCV окремо, що робить написання коду складнішим, а клас з функцією main потрібен для плавної компіляції програми Java, інакше можна зіткнутися з зайвими помилками. Лише потім ядро викличе рідну бібліотеку OpenCV із рядком [31].

Отже, для професійних реалізацій реальних складних проектів потрібно дивитись на мову C або C ++. Мова C, на відміну від мови C++ має багато недоліків, наприклад відсутність принципів ООП, концепція просторів імен, низький рівень абстракції тощо. Саме тому в проекті використовується мова C ++. Написання на C ++ дає вам контроль, можливість працювати з бібліотеками, такими як STL, Boost, Qt, тощо, а також ваш код компілюється до двійкових файлів, які працюватимуть на повній швидкості без потреби у віртуальній машині [32].

Розроблена система виконана з використанням бібліотеки Qt. Qt - це між-платформна структура, написана на C ++, призначена для розробки додатків для настільних і мобільних пристроїв, а також вбудованих систем. Qt поєднує в собі крос-платформну програму для розробки програмного забезпечення, графічний інтерфейс користувача (GUI) та набір інструментів для розробки програм, що використовують стандарт C ++ [32]. Бібліотека Qt є однією з найпотужніших бібліотек GUI.

2.3 Програмна реалізація алгоритму

Досить часто для дослідження фотометричного зображення використовують метод розбиття на так звані зони інтересу — кільця. Суть алгоритму полягає в наступному. Найбільше коло вибирається так щоб окреслювати всю світлу пляму (Рис. 2.4) [33, 34].

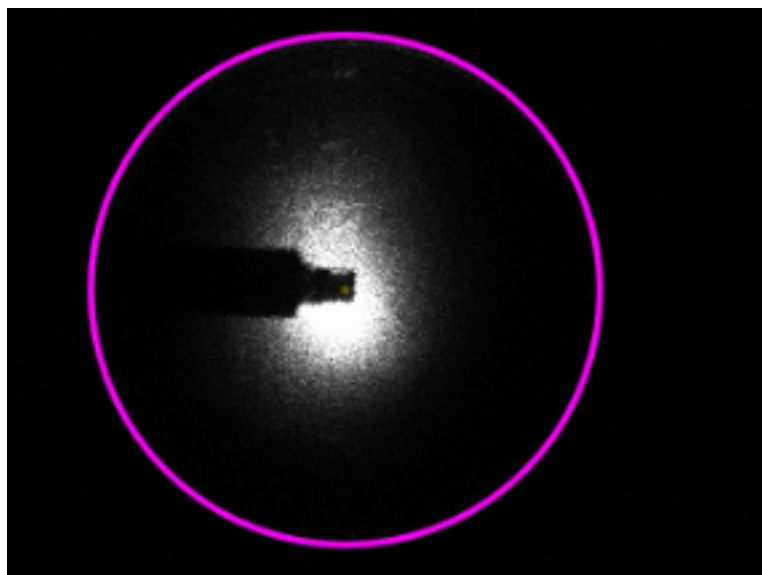


Рисунок 2.4 Фотометричне зображення на відбивання та коло яке окреслює зону інтересу.

Для реалізації пошуку даного кола було використано функцію `HoughCircles` із бібліотеки `OpenCV` яка базується на алгоритмі Кенні [35]. Алгоритм Кенні полягає у відстеження країв за допомогою гістерезису, зменшенні шуму, градієнтний розрахунку, немаксимальному придушенні.

Перш за все перед початком роботи необхідно привести картинку у відтінки сірого кольору [44]. Для цього використовується функція із `OpenCV` — `cvtColor`, в яку останнім аргументом передається параметр `CV_RGB2GRAY` [40]. Результат представлено на рисунку 2.5.

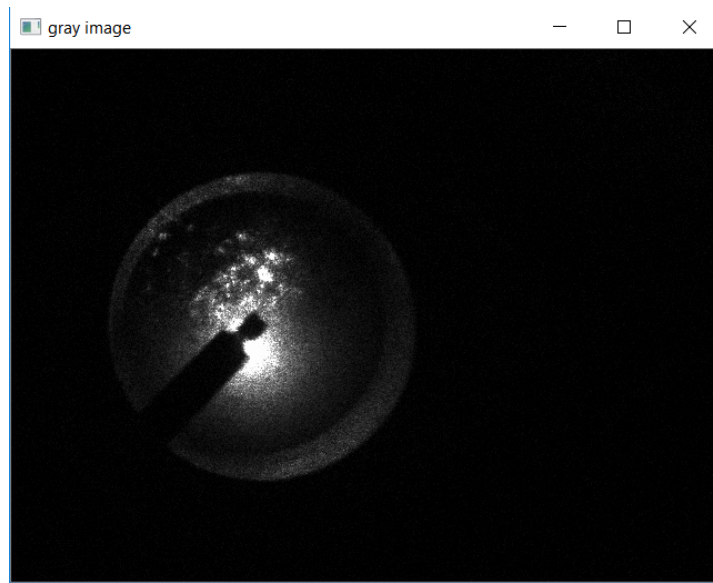


Рисунок 2.5 Зображення у відтінках сірого.

Людське око не може побачити різниці між оригіналом та зображенням у відтінках сірого це зумовлено особливостями проведення експерименту, та фіксації зображення за допомогою ПЗС камери. Цей етап потрібний для того щоб на програмному рівні зображення складалось із пікселів із одним каналом із значенням від 0 – чорний до 255 – білий, зазвичай зображення має три канали r, g, b.

Наступним кроком є вирішення задачі зменшення шуму, та розмиття зображення. Найкраще для цього підходить використання фільтра Гауса. Гаусова фільтрація зображень може бути реалізована з використанням двох однорідних гаусових двовірних ядер або двовірного гаусівського ядра з однією згорткою (1.1) [46].

$$K = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x \cdot x}{2\sigma \cdot \sigma}} \quad (2.1)$$

Наведена вище формула є дискретизованою одновимірною функцією Гауса, і одновимірний вектор ядра може бути отриманий шляхом визначення параметрів.

$$K = \frac{1}{2\pi\sigma \cdot \sigma} e^{-\frac{x \cdot x + y \cdot y}{2\sigma \cdot \sigma}} \quad (2.2)$$

Приведена формула являє собою дискретну двовимірну гаусову функцію, і двовимірний вектор ядра може бути отриманий шляхом визначення параметрів.

Ядро Гаусса може мати розмір 3x3, 5x5, 7x7 і т. д.. Розмір ядра залежить від очікуваного ефекту розмиття. Загалом, чим менше розмір ядра, тим менш помітним буде розмиття. У нашому випадку ми будемо використовувати гауссове ядро 5 на 5 [46, 47].

Рівняння для ядра фільтра Гаусса величиною $(2k + 1) \times (2k + 1)$ задається таким чином (2.3).

$$H_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(i-(k+1))^2 + (j-(k+1))^2}{2\sigma^2}\right); 1 \leq i, j \leq (2k + 1) \quad (1.3)$$

Результат розмиття за допомогою гаусового фільтра показаний на рисунку 2.6.

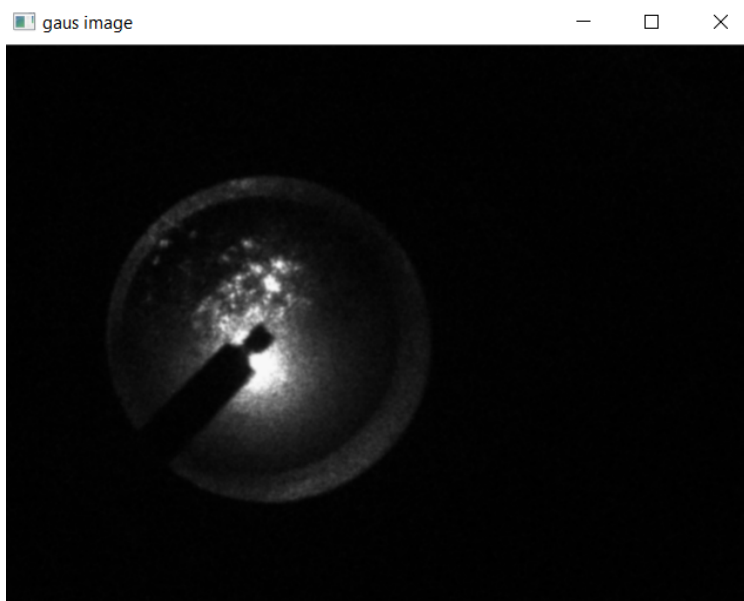


Рисунок 2.6. Результат застосування гаусового фільтра до фотометричного зображення.

Фільтрація зображення Гауса ґрунтується на значенні сірого для фільтрованого пікселя і прилеглих точок відповідно до певних правил параметрів для усереднення. Це може ефективно та істотно фільтрувати високочастотний шум, нанесений на ідеальне зображення [37, 38].

В загальному випадку фільтрація та виявлення кордонів зображення є досить розбіжними поняттями. Приглушення шуму зробить краї або кінці зображення змазаними, що лише додає складності для відшукування краю зображення.

У випадку коли виникає потреба у збільшенні чутливості визначення меж, це також збільшує чутливість до шуму та призводить до проблематичності вирішення тієї чи іншої задачі.

Практика та досвід опрацювання зображення показує, що ядро, яке окреслюється функцією Гаусса, має найкращий компроміс між зниженням шуму і найліпшим виявлення меж [46].

Завдяки обчислення градієнту зображення за допомогою операторів виявлення меж з'ясовується інтенсивність та напрям країв [42].

Найчастіше застосовують так званий оператор Собеля, що використовує два ядра 3×3 , які утворюються отриманою картинкою задля обчислення наближення похідних. Одна з отриманих похідних для горизонтальних значень розмірів та одна для вертикальних.

Якщо ми визначимо A як вихідне зображення, а G_x і G_y - це два зображення, що мають в кожній точці зображення наближення горизонтальної та вертикальної похідної відповідно, то розрахунки набувають наступного вигляду:

$$G_x = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ + & 0 & -1 \end{bmatrix} * A \quad (2.4)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * A \quad (2.5)$$

* позначає операцію згортки обробки двовимірного сигналу [39].

Оскільки ядра Собеля можна розкласти як продукти усереднення і ядра диференціювання, вони обчислюють градієнт зі згладжуванням.

Координата по осі X визначається тут як зростання в «правому» напрямку осі, а У координата визначається як зростання в напрямку «вниз». У кожній точці зображення отримані апроксимації градієнта можна злити, щоб отримати величину градієнта, використовуючи наступну формулу (2.6).

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2.6)$$

Використовуючи цю інформацію, ми також можемо обчислити вектор градієнта:

$$\theta = \arctan \frac{G_y}{G_x} \quad (2.7)$$

Оператор Собеля показує досить грубу апроксимацію градієнта зображення, але все ж має достатню добротність для практичного використання в багатьох галузях та отримав широке поширення в технологіях що використовують сьогодні. Він використовує значення інтенсивності тільки в області 3×3 навколо кожної точки зображення, щоб апроксимувати відповідний градієнт зображення. Також варто зазначити що він використовує тільки цілочисельні значення для коефіцієнтів, які зважують інтенсивності зображення, щоб зробити апроксимацію градієнта [39].

Таким чином застосувавши оператор Собеля отримуємо результат представлений на рисунку 2.7.

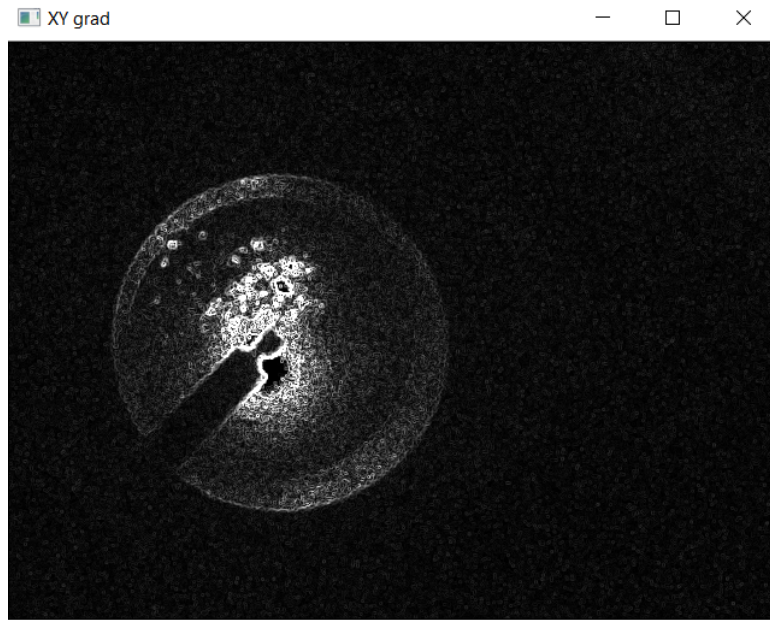


Рисунок 2.7. Результат градієнтного пошуку за допомогою оператора Собеля.

Для того щоб результуюче зображення мало тонкі контури необхідно виконати немаксимальне придушення [43]. Для цього кожен піксель перевіряється, чи є піксель локальним максимумом в його околі в напрямку градієнта. Таким чином кожний піксель порівнюється із двома сусідніми в напрямку градієнту, якщо це максимум тоді піксель залишається якщо ні, тоді його значення змінюється на 0. Результат застосування бачимо на рисунку 2.7.

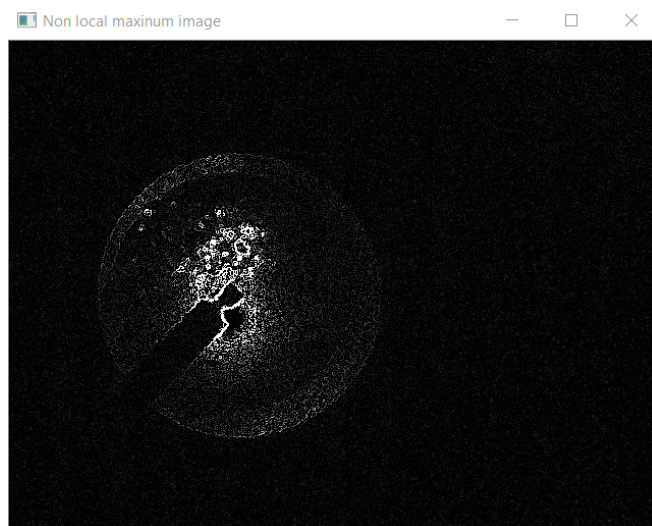


Рисунок 2.8. Застосування немаксимального придушення.

Краї зображення стали тонкішими, проте деякі пікселі є більш світлими за інші, а також ми все ще можемо спостерігати велику кількість шуму. Враховуючи все вищесказане перейдемо до наступних етапів для підвищення якості [49].

Застосування подвійного порогу призначене для поділу всіх пікселів на три типи: сильні, слабкі і нерелевантні:

Сильні пікселі - це такі пікселі, які володіють настільки високою інтенсивністю, що ми впевнені, що вони додають свій вклад в остаточний край. Слабкі пікселі - це ті пікселі, що мають такі значення інтенсивності, яких замало для того, щоб вважати сильними, але все ще недостатньо маленькі, щоб їх можна було розглянути як нерелевантні для виявлення контурів [48]. Останні пікселі вважаються нерелевантними для краю. Результат роботи представлений на рисунку 2.9.

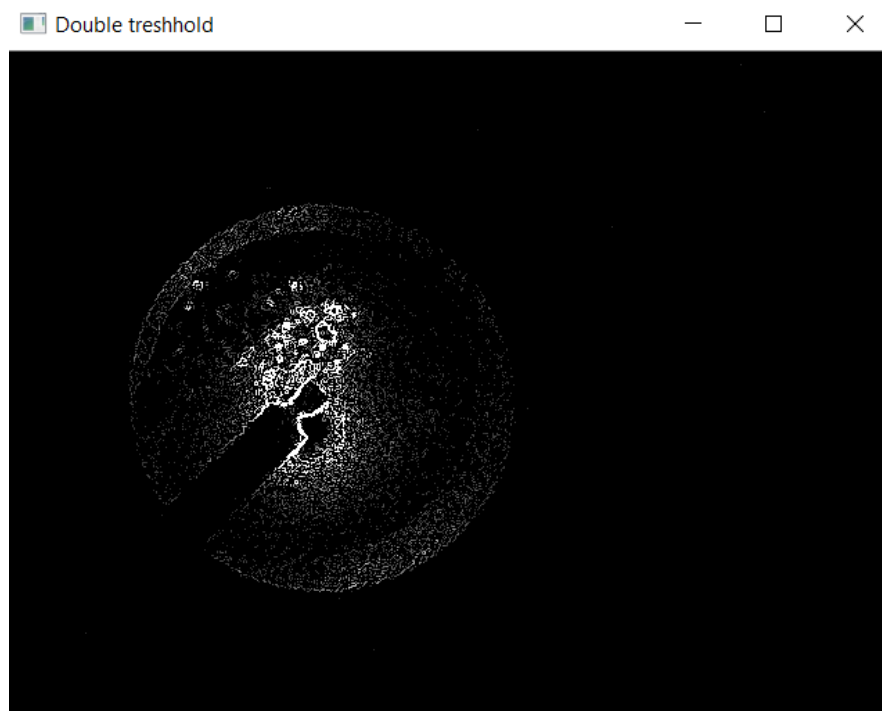


Рисунок 2.9. Результат застосування подвійного порогу.

Як видно з рисунку ми позбавились так званої зернистості поза зоною відображення контурів рефлектору.

Останнім етапом роботи алгоритму є фільтрація слабких пікселів, фактично це перевірка всіх пікселів які в подвійному порозі приймалися за слабкими.

Фільтрація відбувається за наступним правилом : якщо в пікселя який перевіряється є сусід який вважається сильним то він залишається, а якщо ні, тоді він стає чорним [48]. Результат представлений на Рисунку 2.10.



Рисунок 2.10. Знайдені контури за допомогою алгоритму Кенні.

Застосувавши попередні кроки знаходимо контури на фотометричному зображенні, аналізуючи які знаходиться коло яке окреслює зону інтересу.

Наступним етапом є аналіз координат отриманих контурів, та пошук кіл. Варто зазначити що OpenCV надає функцію `HoughCircles`, яка базується на алгоритмі Кенні, тому не має необхідності писати код для його реалізації, але важливо розуміти процес обробки зображення для того щоб правильно задавати вхідні параметри для вищезазначеної функції. В результаті функція поверне масив даних в якому першим елементом буде вектор (тип даних у C++) в якому буде зберігатись радіус, а також координати центру. Результат представлений на рисунку 2.11. В подальшому коло яке окреслює зону інтересу буде позначатись

як A1, зі зменшенням радіусу збільшуватиметься індекс, оскільки виділяють 4 кола, таким чином найменше буде A4.

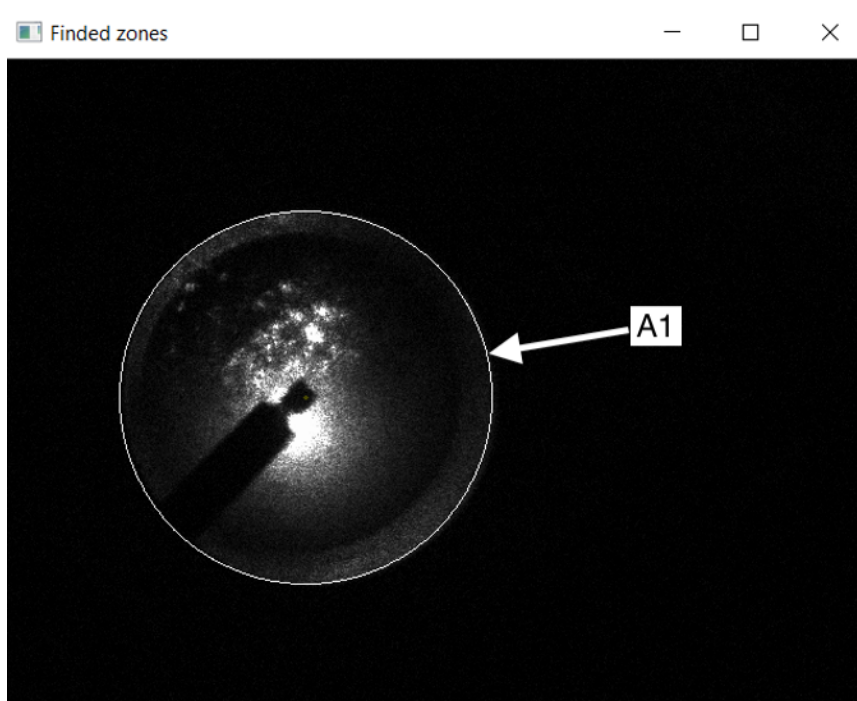


Рисунок 2.11. Знайдене коло A1 за допомогою функції HoughCircles.

Для фотометричного зображення отриманого за допомогою фотометра із еліпсоїдальними рефлекторами є характерним деякого розсіювання біля границі кола, саме це має окреслити коло A2. Для його пошуку використовується наступний підхід. Від кола A1 зменшуючи радіус на одиницю проходимо циклом приблизно до середини плями, при цьому на кожній ітерації циклу будуємо коло та сумуємо пікселі, що лежать на колі і ділимо на їх кількість, фіксуємо ці дані та радіус. Наступним кроком шукаємо на якій ітерації різниця інтенсивності двох сусідніх значень буде максимальною, радіус який відповідає даній ітерації і буде радіусом кола A2. Результат роботи даного підходу представлений на рисунку 2.12. Варто зазначити що даний підхід не гарантує завжди коректного результату, оскільки розсіювання може бути зміщене відносно центру зони інтересу, а також мати послідовний перехід.

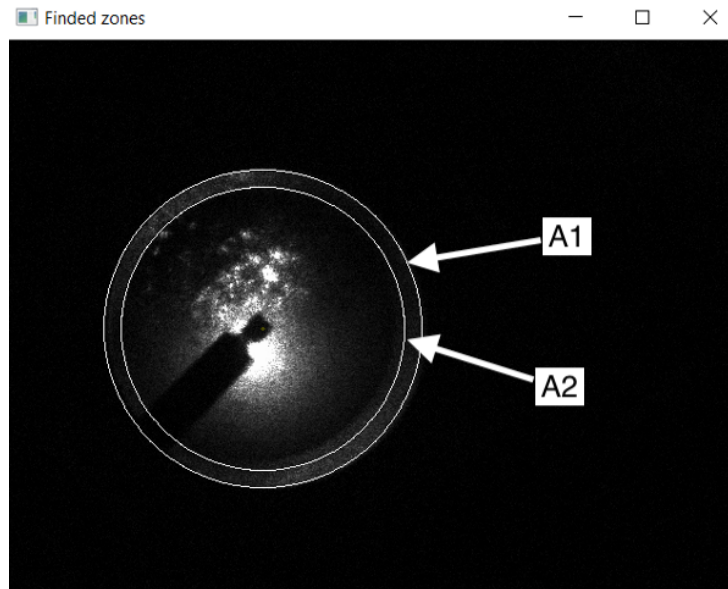


Рисунок 2.12. Знайдено коло A2

Найменше коло A4 є константою і характеризує радіус колімованого променя. Був взятий 15 пікселів, в подальшому при розробці юзер інтрефейсу його можна буде задавати у вікні програми при юстуванні.

Останнє коло A3 що лежить між A4 та A2 знаходиться із умови, що воно має окреслювати коло із найменшою площею при найбільшій яскравості (рис.2.13).

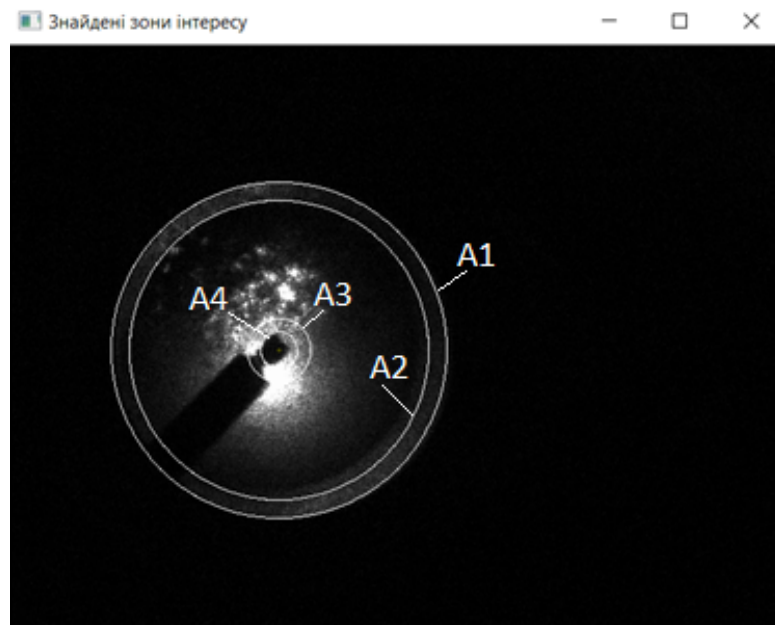


Рисунок 2.13. Знайдені кола всі зони інтересу.

Таким чином створюємо цикл на кількість ітерацій яка дорівнюватиме різниці радіуса A_2 та A_4 . Обчислюємо значення інтенсивностей для кожного круга, та ділимо на площу, і фіксуємо радіус. Серед значень знаходимо максимальне, якщо є два та більше однакових значень беремо те яке має більший радіус. Таким чином знаходяться усі зони за допомогою яких аналізують фотометричне зображення.

2.5 Розробка візуального інтерфейсу.

Для створення інтерфейсу користувача було використано QT creator, що дозволяє швидко та легко створювати елементи інтерфейсу та подальшому компілювати код під такі платформи як Windows, Linux, macOS, IOS, Android.

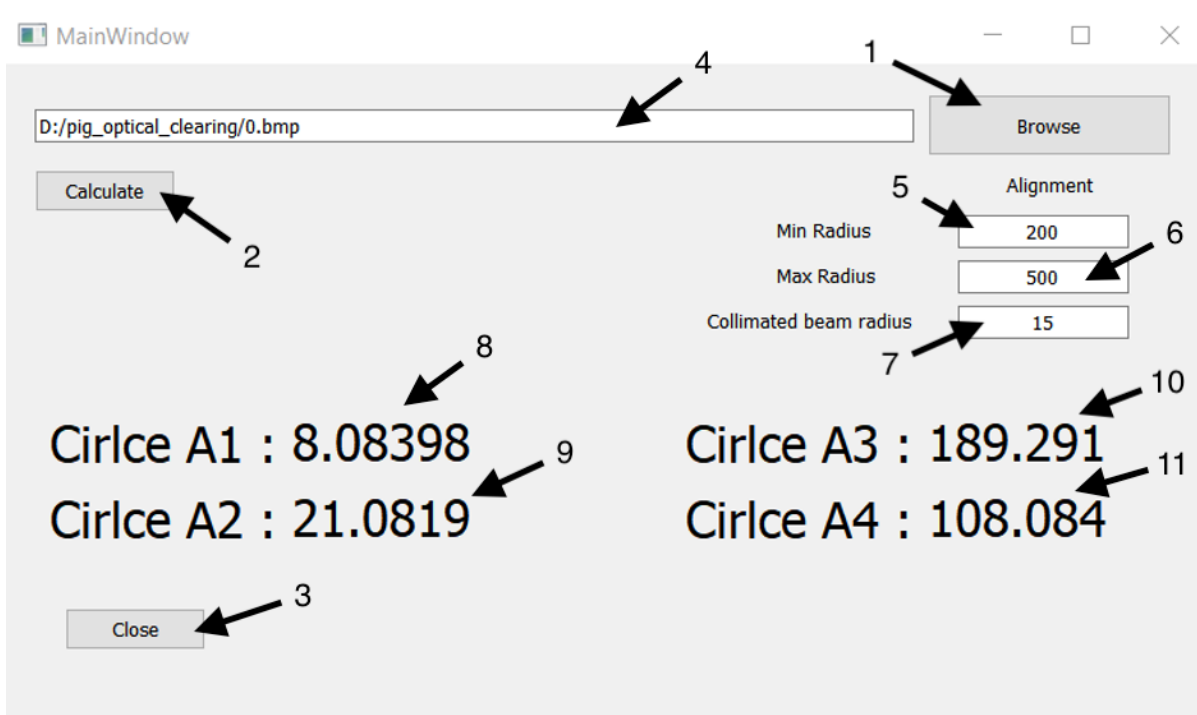


Рисунок 2.14. Головне вікно програми, містить наступні елементи: кнопки 1 – 3, поля для введення 4-6, текстові поля 8 -11, та стандартні кнопки інтерфейсу, звернути/розгорнути, розтягнути на весь екран, закрити.

Кнопка 1 із назвою “Browse” відкриває файловий менеджер та надає можливість користувачу вибрати потрібну картинку та завантажити її у програму. Після вибору шлях до картинки автоматично з’явиться в полі для вводу 4. Також користувач має можливість просто скопіювати шлях до картинки і вставити у поле 4. Немає різниці яким чином буде завантажена картинка.

Кнопка 2 із назвою “Calculate” при завантаженні програми заблокована, вона буде доступною як тільки користувач завантажить коректний файл до програми. При клікові на кнопку 2 буде запущено алгоритм, що може зайняти від 10 секунд до 1 хвилини в залежності від обчислювальної потужності комп’ютеру. По закінченню роботи алгоритму текстові поля 8-11 буде заповнено середнім значенням інтенсивності в зоні, а також буде виведено ще одне вікно із знайденими зонами інтересу, для того щоб оператор мав можливість оцінити наскільки точно спрацювала програма (рис. 2.14).

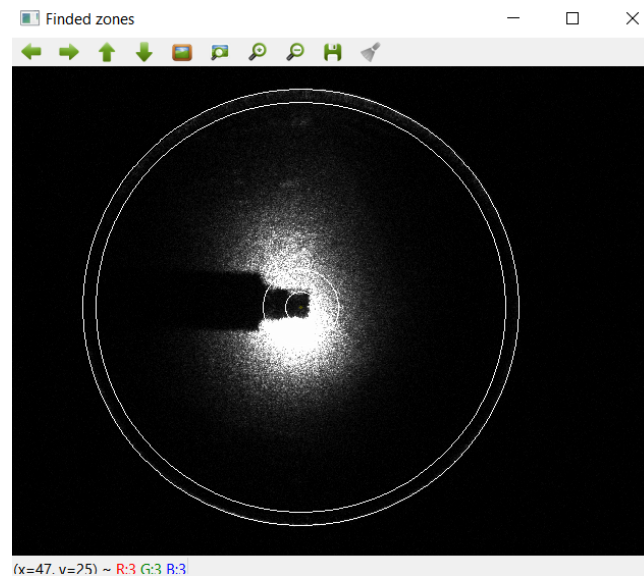


Рисунок 2.14. Вікно із зображенням, що аналізується, та знайдені зони інтересу.

У вікні із знайденими зонами можна збільшувати та зменшувати зображення, переміщатись по зображенню. При наведенні мишкою на

зображення знизу відображаються координати, та відповідне значення пікселя в rgb.

Після описаних кроків користувач може закрити всі вікна клікнувши по кнопці 3.

Варто зазначити, що в програмі вже закладено збереження зображення, для цього папці із програмою автоматично створюється папка із назвою “results”, куди зберігається зображення із знайденими зонами, це зручно якщо одразу аналізується велика кількість зображень.

Також в програмі існують поля вводу для юстування системи. Поле 5-6 необхідне для того щоб задавати мінімальний та максимальний радіус, що необхідно для пошуку кола яка окреслює всю зону інтересу. Поле 7 необхідне для введення радіусу колімованого пучка.

Висновки до розділу 2

В даному розділі було розглянуто два методи отримання фотометричного зображення такі як експериментальний та модельний, проаналізовано особливості результируючих зображень.

Виходячи із того, що при реальному експерименті координати центра зони інтересу можуть бути зміщені відносно центру картинки, вирішено скористатись функцією HoughCircles із бібліотеки OpenCV, яка базується на алгоритмі Кенні. Покроково розібраний алгоритм Кенні, проілюстровані зміни зображення. Задавши всі необхідні параметри знайдено координати кола, що повністю описує пляму розсіювання (коло A1). За допомогою перебору у циклах та аналізу інтенсивностей знайдено кола A2, A3.

Створено візуальний інтерфейс програми для користування алгоритмом, що дозволяє вибирати зображення, розраховувати значення інтенсивності в зонах інтересу, та зберігати результати знайдених зон.

Реалізовані поля для вводу, що допомагають при юстуванні фотометру, а саме максимальний та мінімальний можливий радіус кола, що описує пляму розсіювання, а також поле для введення радіусу найменшого круга A4.

РОЗДІЛ 3 ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСВІТЛЕННЯ З МЕТОЮ АПРОБАЦІЇ РОЗРОБЛЕНОГО АЛГОРИТМУ

3.1. Просвітлення і сутність його застосування

На сьогоднішній день в медичній практиці стрімко зростають методи діагностики, що пов'язані із застосуванням оптичних технологій [22, 51]. Це можна пояснити малою інвазивністю. Оптичне випромінювання застосовується в таких науках як гінекологія, дерматологія, гастроентерологія, для діагностики для визначення локалізації і лікування злоякісних новоутворень, мамографії і томографії шкіри та інших внутрішніх органів, в фотодинамічній терапії різного роду захворювань та інших [52, 53].

Одна з основних проблем застосування оптичних методів в медицині пов'язана зі складним характером переносу оптичного випромінювання – його значним перерозподілом по кутових координатах і істотним ослабленням колімованих пучків при проходженні через поверхневі шари біологічних тканин, прикладом яких є шкіра, склери ока, тверда мозкова оболонка та інший. Складний характер взаємодії оптичного випромінювання з біологічними тканинами обумовлений їх оптичною неоднорідністю, що викликає сильне розсіювання випромінювання видимого та ближнього інфрачервоного (ІК) спектральних діапазонів, що значно обмежує просторовий дозвіл і глибину зондування багатьох оптичних методів. Управління оптичними характеристиками біотканин є одним з перспективних шляхів вирішення даної проблеми.

Управління оптичними параметрами біотканин - досить новий розділ оптики, заснований на зміні поглинаючих і розсіювальних характеристик біотканин під дією різних фізико-хімічних факторів, наприклад стиснення,

розтягування, дегідратації, коагуляції, охолодження, а також додаткового обробкою різними хімічними розчинами. Зміна оптичних властивостей тканин під дією хімічних агентів отримала назву «Оптичне просвітлення» (в англomовній літературі - tissue optical clearing) [53].

Основною метою проведення просвітлення є збільшення глибини проникнення променю. Методика може використовуватися при діагностиці та терапії, тобто сприяє полегшенню проведення фотодинамічної терапії та іншим типам світлотерапії. Без просвітлення доправити промінь до цілі не можливо, так як він буде розсіюватись, що зумовлено різними показниками заломлення структурних компонентів тканини. Просвітлення застосовують, щоб відбулося погодження між показником заломлення на всіх шарах біотканин [54].

У методах оптичного просвітлення в якості просвітлюючих агентів можуть використовуватись різні хімічні речовини, а також хімічні суміші цих речовин. Біологічні тканини різного походження мають структурну форму, яка в більшості випадків, категорично відрізняється одна від одної. При виборі хімічної речовини потрібно звертати увагу на те, якого ефекту необхідно досягти при оптичному просвітленні, так як кожен агент має індивідуальні властивості і так само індивідуально змінює оптичні і фізіологічні параметри досліджуваної біологічної тканини. В якості просвітлюючих агентів можуть застосовуватись водні розчинники гліцерину, поліетиленгліколь, деметилсульфід і т.д [55].

3.2. Отримання експериментальних зображень при проведенні просвітлення тканини свині

Експеримент проводився на м'язовій тканині свинини взятий із області шиї (рис. 3.1). В якості просвітлюючого агенту було вибрано поліетиленгліколь 400 так як він широко застосовується в косметичі та медицині. В різні частини

м'язової тканин було введено 1 мілілітр речовини. Джерелом світла слугував лазер із випромінюванням на довжині 692,7 нанометри.

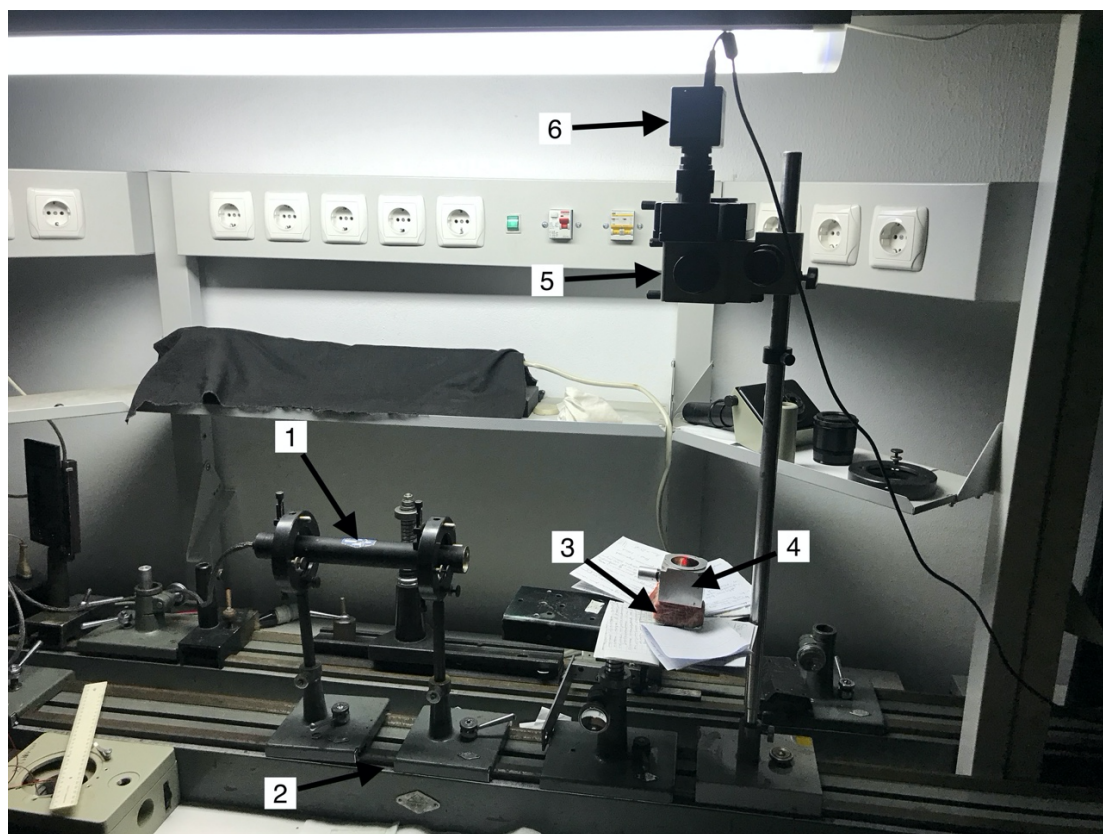


Рисунок 3.1. Установка для проведення фотометричного дослідження під час проведення експерименту із просвітленням. 1 – джерело випромінювання, 2 – рейка із закріпленими на неї штативами, 3 – біологічний об’єкт, 4 – еліпсоїдальний рефлектор, 5 – узгоджувальна оптична система, 6 – камера.

Експеримент тримав дві години із фіксацією зображення кожні дві хвилини, таким чином було отримано 60 картинок.

За допомогою розробленого програмного забезпечення було проведено пошук зон інтересу, та обчислення середньої інтенсивності в зазначених зонах. Зображення із знайденими зонами інтересу див Додаток А.

Представлено графіки інтенсивності в усіх кільцях (рис. 3.2 – 3.5).

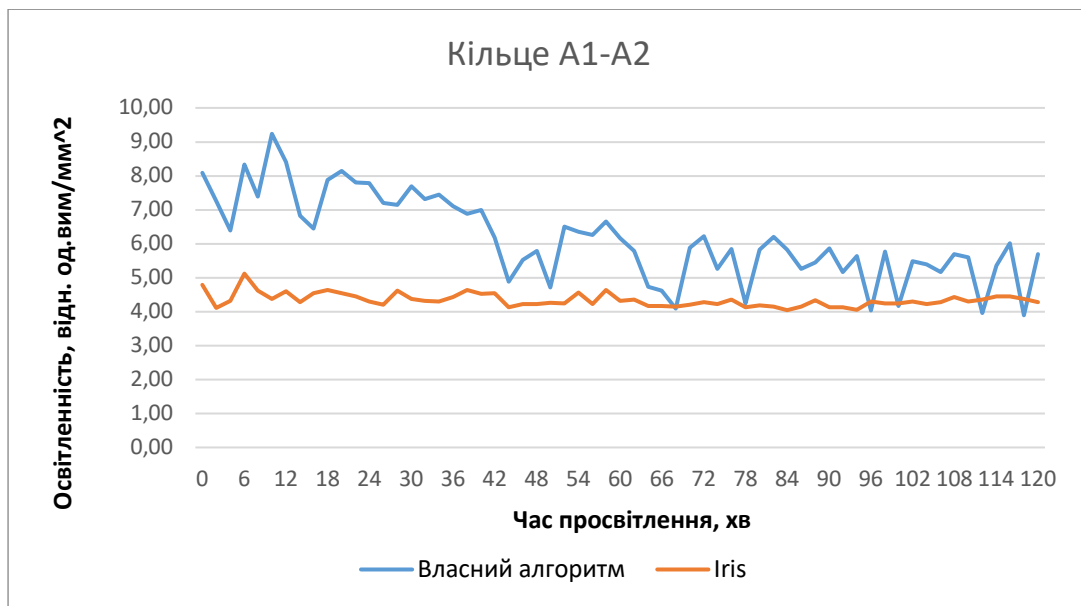


Рисунок 3.2. Графік зміни інтенсивності в кільці A1-A2.

Кільце A1-A2 характеризує розсіювання на світла біля краю контуру еліпсоїда, як бачимо середнє значення незначне приблизно 8, тобто це розсіювання майже не впливає на загальну інтенсивність. Графік має ламану лінію, але в цілому зберігається тенденція зниження інтенсивності світла із часом. В порівнянні із результатом отриманим за допомогою програми Iris (на графіку зображено червоним кольором), графік має більш ламаний характер, це пов'язано із тим що радіус для кожного разу обчислюється динамічно, в то час як в Iris, значення обирається оператором на око.

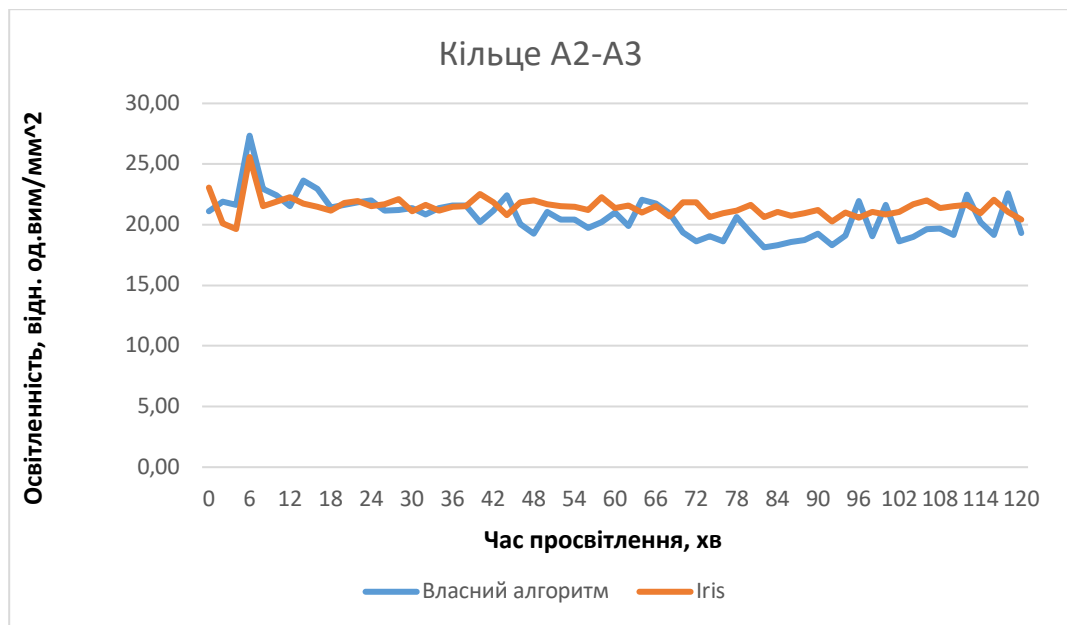


Рисунок 3.3. Графік зміни інтенсивності в кільці A2-A3.

Наступне середнє кільце має більший вплив на значення інтенсивності при цьому, графік зберігає тенденцію: на 6 - 10 хвилині зростання інтенсивності, та далі незначний спад. В порівнянні із Iris графіки майже однакові.

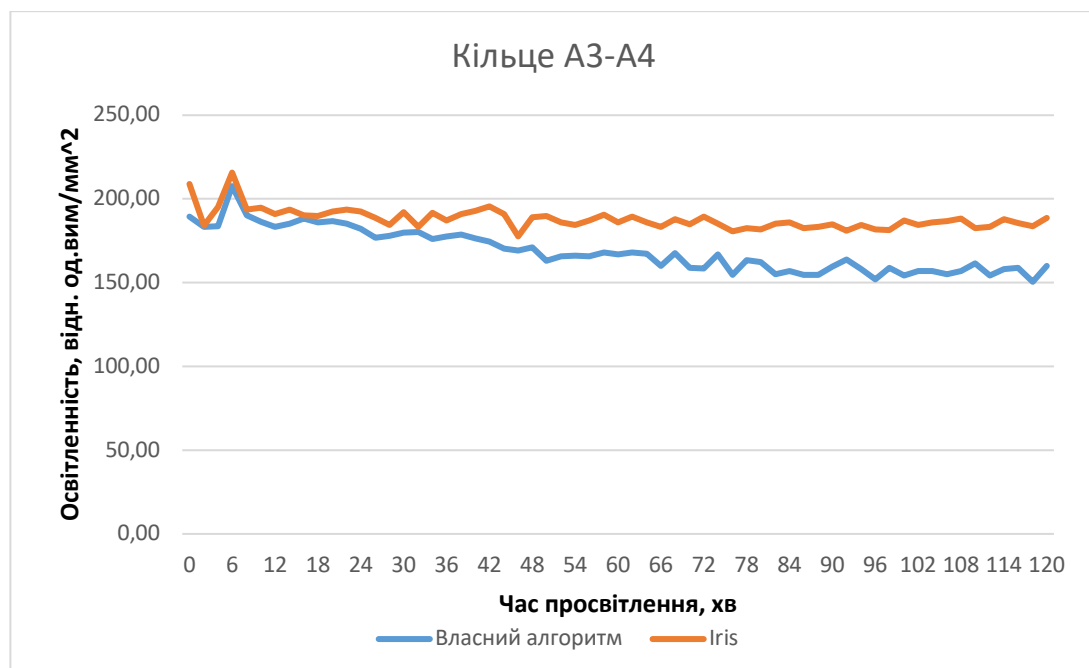


Рисунок 3.4. Графік зміни інтенсивності в кільці A3-A4.

Кільце A3 -A4 має найбільше значення інтенсивності, тому саме по ньому найбільш коректно робити висновки про ефективність просвітлення. Як видно із графіка, інтенсивність з часом зменшується, що може свідчити про те, що більше світла поглинається отже просвітлення має свій позитивний ефект на зміну оптичних характеристик біологічного об'єкту. Результат отриманий за допомогою Iris має також тенденцію до зменшення із часом проте меншу, це можна зв'язати із тим, що радіус кільця майже не змінювався в процесі аналізу на відміну від динамічного обчислення при кожному дослідженні.



Рисунок 3.5. Графік зміни інтенсивності в кільці A4.

Графік інтенсивності в кільці A4 має початковий стрибок інтенсивності як і всі інші зони інтересу, проте характеристика

середнього значення інтенсивності має ламану лінію і залишається майже незмінною, це зумовлено тим що основна частина кружка а4 є темною оскільки її закриває дзеркало. На графіку зображено лише результати отримані за допомогою розробленого алгоритму, оскільки програма Iris дозволяє проводити дослідження максимум із 3 радіусами.

Висновки до розділу 3

В даному розділі було розглянути сутність оптичного просвітлення. Із використанням оптичного агенту поліетиленгліколю 400. Результати експерименту, тобто отримані зображення були використані для перевірки коректності розробленого алгоритму.

Результати пошуку зон інтересу зазначені в додатку А, за вихідними даними програми побудовано графіки зміни середньо інтенсивності в кожній зоні. Усі графіки мають початковий стрибок інтенсивності на 6-10 хвилині, що може свідчити, що в алгоритм закладена правильна логіка. В порівнянні із результатами програми Iris графік освітленості має більш ламаний характер оскільки радіуси кожного разу обчислюються динамічно, але все ж мають однакову тенденцію до зменшення значення із часом.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

В розділі наведено аналіз стартап проекту «Аналіз фотометричних зображень методами глибинного навчання».

4.1 Опис ідеї проекту

Детальний опис проекту представлено у таблиці 4.1 у вигляді інформаційної карти.

Таблиця 4.1 Інформаційна карта проекту

1. Назва проекту	«Аналіз фотометричних зображень методами глибинного навчання»
2. Автор проекту	Нагорний А.І.
3. Коротка анотація (не більше 1/3 сторінки)	Аналіз фотометричного зображення, проводиться шляхом чисельного визначення значення інтенсивності та заснований на обробці плями розсіювання. Існуючі програмні рішення надають можливість вибирати зону інтересу (пляму розсіювання) шляхом введення радіусу кола, та подальшого наведення на область вручну, що не гарантує точність так як при кожній наступній зоні треба наново наводити круг, центри круга з високою вірогідністю не будуть співпадати. Отже розроблено програму із використанням комп'ютерного зору яка автоматично буде детектувати зони, і обраховувати значення інтенсивності в них, що в свою чергу підвищить точність та швидкість проведення досліджень.
4. Термін реалізації проекту	12 місяців
	<i>Тривалість проекту (в місяцях)</i>
5. Необхідні ресурси	Матеріальні: - Комп'ютер або ноутбук Інтелектуальні: - Знання мови програмування

6. Опис проблеми, яку вирішує проект	Часові затрати при обробці; Недостовірні результати вимірювання;
7. Головні цілі та завдання проекту	Ціль: спростити процес обробки фотометричних зображень Завдання: Створення алгоритму для автоматичного визначення зон інтересу, та подальше обрахування яскравості.
8. Очікувані результати Для чисельного аналізу плями розсіювання не потрібно буде використовувати ПЗ «Iris», що є часозатратним і недостовірним, з використанням розробленого алгоритму аналіз плями розсіювання проводиться швидше та отримані значення є достовірнішими.	

Проблема, яку вирішує даний стартап-проект є автоматизація процесу обробки фотометричних зображень, скорочення часових затрат, що в свою чергу призведе до підвищення точності та спростить вимоги до роботи оператора.

Опис ідеї стартап-проекту, можливі напрямку застосування та вигоди для користувача представлено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропоновано алгоритм для обробки фотометричних зображень.	Вдосконалення процесу обробки шляхом автоматизації	Швидкість обробки
	Можливість подальшої розробки автоматизованої установки з інтегрованим алгоритмом	Отримання результату вимірювань одразу після проведення досліджень

Отже, запропоновано алгоритм, що використовується для проведення аналізу плями розсіювання, результатом якого є чисельне значення яскравості пікселя.

Наступним кроком є проведення аналізу техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів. Так як запропоновано ідею автоматизації, в якості конкурента було обрано обробку фотометричних зображень за допомогою ПЗ «Iris».

Таблиця 4.3 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/ концепції конкурентів		W	N	S
		Мій проект	Конкурент 1 (ПЗ «Iris»)	слабка сторона	нейтральна сторона	сильна сторона
1	Час обробки	Швидко 1 зобр. / 10с	Довго 1 зобр. / 1 хв	-	-	+
2	Точність отриманих результатів	Висока	Середня (необхідно самостійно підбирати радіуси для визначення інтенсивностей)		-	+

На основі представленого порівняльного аналізу, можна зробити висновок, що застосування алгоритму системи є конкурентоспроможним, так як за допомогою розробленого алгоритму можна отримати більш точні результати та скорочується час обробки.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Для визначення технологічної здійсненності ідеї проекту необхідно провести аналіз складових, що наведено в таблиці 4.4 [30].

Таблиця 4.4 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Складання установки для отримання фотометричного зображення що в подальшому буде проаналізовано	Використання оптичних елементів установки	Наявні	Доступні
2	Написання алгоритму для автоматичного розрахунку значення інтенсивностей в залежності від досліджуваного зображення	Середовище розробки програмного забезпечення	Наявне – VisualStudio - IDE; openCV- open-source- library; QT-have community version;	У вільному доступі
3	Порівняння отриманих результатів	Обробка зображень з використанням ПЗ «Iris»	Наявні	У вільному доступі
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: написання алгоритму для автоматизації проведення аналізу, та порівняний аналіз отриманих результатів.				

Отже, з таблиці 4.4, можна зробити висновок, що можливість технічної реалізації даного проекту є достатньо високою, технології для реалізації наявні та знаходяться у вільному доступі.

Для швидкого тестування ідей та вибору бізнес моделі представлено автоматизований MVP (табл.4.5)

Таблиця 4.5 Формування MVP продукту стартапу

Проблема, що вирішується	Аналіз фотометричного зображення проводиться шляхом вибору області для аналізу вручну.
--------------------------	--

Продовження таблиці 4.5.

Ідея продукту	Зменшити час на обробку, підвищити точність результатів, мінімізувати людський фактор (зони інтересу буде прораховувати програма, а не людина).
MVP 1	Візуальний метод визначення яскравості плями розсіювання, на основі цього робити припущення, щодо загальної інтенсивності, шляхом порівняння.
MVP 2	Використання програмного забезпечення «Iris». Після відкриття зображення в ПЗ «Iris», необхідно для кожного зображення вказати радіуси областей, в яких розраховується значення інтенсивностей, а пізніше за допомогою мишки навести на вірну область.
MVP 3	Використання розробленого програмного забезпечення. Що дозволить вибирати фотометричне зображення, автоматично визначати зони інтересу, обраховувати значення інтенсивностей в зонах інтересу, виведення обрахованих значень для оператора.

В таблиці 4.5 було продемонстровано процес автоматизації обробки, починаючи з використання візуального порівняльного аналізу до автоматизованого алгоритму.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску сатрап-проекту

Визначимо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформуємо перелік вимог до товару для кожної групи [30]. Отримані результати приведемо в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару

Продовження таблиці 4.6.

1	Швидкі результати дослідження без людського фактору	Науковці в сфері оптики та фотометрії	Особливості експлуатації	Точність результатів; доступність у використанні програми; Швидкість роботи програми;
---	---	---------------------------------------	--------------------------	---

Результатом проведеного аналізу характеристик потенційних клієнтів стартап-проекту є те, що дана автоматизована система знайде попит в науковій сфері оптики та фотометрії.

Наступним кроком буде проведено аналіз ринкового середовища, з використанням таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту (табл. 4.8), та факторів, що йому перешкоджають (табл. 4.9).

Таблиця 4.7 Фактори загроз.

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Точність результатів	Хибні кінцеві результати	Пошук іншого ПЗ для обробки
2	Зменшення попиту	Поява нового програмного забезпечення	Зміцнення ринку покращенням виробництва та розвиток технологій. Створення пошти на яку користувач зможе надсилати скарги та побажання.
3	Недостатня обчислювальна потужність ПК	Використання застарілих комп'ютерів	Використання різних версій програми, в тому числі із обмеженим інтерфейсом в вигоду меншої необхідної потужності ПК.

Продовження таблиці 4.7.

4	Нові технології	Неактуальність використання існуючих методів фотометрії для діагностики	Розробка нових методів
5	Надійність програми	Існуючі помилки закладені програмістом (баги).	Випуск оновлення.

На основі проведеного аналізу (табл. 4.7) було визначено, що для ризику зниження ціни можуть слугувати 5 основних факторів

Таблиця 4.8 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Потреба в ПЗ яке дозволить автоматизувати процес аналізу фотометричних зображень	Розробка ПО для автоматизації процесу з низькою собівартістю	Покращення інвестицій
2	Мінімальна конкуренція	Точність та швидкість роботи аналогічного продукту, з використанням даного підходу є достатньо низькими	Вдосконалення та автоматизація функціоналу
3	Різкий попит	Необхідність розширення функціоналу.	Впровадження додаткових бібліотек, та готових рішень.
4	Покращення UI/UX	Розробка додаткового інтерфейсу користувача	Незначене підвищення ціни.

Серед факторів, що можуть позитивно впливати на розвиток та можливості реалізації запропонованого технічного рішення можна віднести: потребу в

автоматизованій методиці обробки фотометричних зображень, мінімальна конкуренція, різкий попит, використання нових технологій та покращення зручності використання програми.

Далі проведемо аналіз пропозиції. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку наведено у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	чиста	Впровадження найсучасніших рішень, та покращення існуючих
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	світова	Співпраця з командами із інших країн
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	внутрішньогалузева	Розробка пристрою та ПО яке дозволить використовувати мобільний телефон в якості ядра обчислення.
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	товарно-родова	Виділення часу для розробки потенційно вигідних напрямків
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова	Завоювання довіри клієнта шляхом стабільності роботи продукту
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Марочна	Створення власної торгівельної марки, учать в воркшопах, реклама продукту на виставках.

За результатами аналізу представленому у таблиці 4.10 можна зробити висновок про можливість роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію.

Також було зроблено висновок щодо характеристик, які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку, такі як контроль якості, удосконалення програмних кодів та розширення функціоналу.

Таблиця 4.10 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	ПЗ, що використовуються для отримання чисельного значення інтенсивності	Наявність сертифікації ; великий асортимент (функціонал)	Інтернет-ресурс організації	Контроль якості, змінні витрати, наявність торгових знаків	Ширший функціонал системи ціна, лояльність споживача
Висновки	При вузькоспеціалізованій сфері конкуренція є високою в боротьбі за кращі методи аналізу та обробки	Можна вийти ринок при наявності якісного продукту.	Реалізація програмного забезпечення зазвичай проводиться на інтернет-ресурсах проєктів	Необхідна постійна програмна підтримка	Розробка оновлення з покращеним функціоналом

На основі попередніх таблиць проведемо аналіз факторів конкурентоспроможності представлено у табл. 4.11.

Таблиця 4.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Точність результатів	Застосування існуючого ПЗ при обробці плями розсіювання може призвести до не точних результатів
2	Швидкість обробки	Використання існуючого ПЗ потребує часових затрат
3	Простота	До розробленого ПЗ є спеціальна пояснювальна записка із описом функціоналу, інтуїтивно зрозумілий функціонал.
4	Захист	Авторське право

За наведеними факторами конкурентоспроможності, проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту, в якості товару-конкуренту обрано процес обробки фотометричних зображень з використанням ГЗ «Iris», результати наведено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з використанням розробленого алгоритму						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Точність результатів	19	+						
2	Швидкість обробки	19		+					
3	Простота	18	-						
4	Захист	18							+

З аналізу даних, (табл. 4.12 - 4.13) висновком є те, що фактори конкурентоспроможності є суттєвими та мають позитивний внесок при впровадженні. Перевагами є точність чисельного значення і результати аналізу та швидкість проведення аналізу.

Останнім етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання аналіз сильних/слабких сторін, загроз/можливостей (табл.4.13)

Таблиця 4.13 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Точність результатів; 2. Швидкість обробки 3. Зручність у використанні.	Слабкі сторони: 1. Можлива похибка отриманих результатів, 2. Робота тільки на ОС Windows. 3. Використання значної кількості ресурсів комп'ютера.
Можливості: 1. Збільшення збуту продукції; 2. Економічна підтримка; 3. Модифікація установки отримання зображення з розробленим алгоритмом	Загрози: 1. Поява нового програмного забезпечення з розширеним функціоналом для обробки; 2. Використання застарілого обладнання;

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Розширення ринку збуту	Ймовірність висока, так як процес обробки спрощується	6 місяців
2	Встановлення коректної ціни	Ймовірність висока, оскільки дана система зможе підвищити точність результатів, які можуть використовуватись в діагностиці БТ	6 місяців

З зазначених альтернатив (табл. 4.14) перша є актуальнішою, так як отримання ресурсів, в даному випадку, є простим та надійним.

4.4. Розроблення ринкової програми та маркетингової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів представлено в таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Науково-дослідні установи	При наявності доказової бази та відповідних сертифікатів	Високий 75%	низький	Без обмежень
2	Медичні заклади та установи	Готові при наявності сертифікатів	Низький 25%	високий	Можуть бути складнощі, оскільки недостатньо розвинуто проведення діагностики БО на основі аналізу фотометричних зображень
Які цільову групу обрано: Науково-дослідні установи					

Наступним є формування базової стратегії розвитку, що представлено в таблиці 4.16.

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Базова стратегія розвитку
1	Точність результатів, швидкість обробки	Концентрований маркетинг	1. Точність 2. Швидкість обробки 3. Демонстрація роботи на виставках	Стратегія диференціації

Оскільки обрана одна з двох цільових категорій, стратегія охоплення ринку є концентрований маркетинг. Для базової стратегії розвитку використовуємо стратегію диференціації через існуючі методи обробки на ринку фотометричної обробки зображень, які не дають високої якості дослідження.

В таблиці 4.17 описано стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 4.17 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Пошук нових користувачів, пошук користувачів у конкурентів	Так. Результатом дослідження є числове значення інтенсивності, однак використовуються різні методи отримання	Стратегія заняття конкурентної ніш.

На основі стратегії конкурентної поведінки обрано стратегію зайняття конкурентної ніші, яка дозволяє збільшити початковий попит запропонованого алгоритму, виявити слабкі місця.

Далі розробляється стратегія позиціонування (табл. 4.18), що в свою чергу полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 4.18 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувавши комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Підвищення точності отриманих значень шляхом автоматизації процесу обробки	Стратегія диференціації	Висока точність; Швидкість проведення аналізу; зручність використання.	Сфера застосування; зручність при експлуатації; технічна підтримка.

Для формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач, у таблиці 4.19 підсумовано результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.19 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Забезпечує високу точність отримання значення інтенсивності	Точність результатів забезпечується автоматизацією алгоритму.
2	Доступність	Доступність будь якому науковому закладу.	Можливість відрегулювати ринки збуту

Продовження таблиці 4.19.

3	Захист від копіювання	Авторське право	Авторське право
---	-----------------------	-----------------	-----------------

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання. Опис трьох рівнів моделі товару наведено в таблиці 4.19.

Таблиця 4.20 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Розробка програмного забезпечення для автоматизації та спрощення процесу обробки фотометричних зображень з отриманням графічних та кількісних даних обробки.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Н м	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Технічні характеристики (швидкість, точність обробки)	Нм	Тл
	2. Ергономічні та естетичні (легкість, простота використання системи)	Нм	Тх
	3. Економічні (вартість розробленої системи)	М	Е
	4. Довговічність використання (немає строку давності, поки актуальні методи дослідження)	Нм	Тх
	5. Стаціонарність (ОС, яку підтримує розроблена система автоматизації)	Нм	Тх
	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського «Комп'ютерно-інтегрована система для обробки фотометричних зображень»		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: можливість вдосконалення системи		
	Після продажу: створення нових доповнень програми		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: авторське право на програму.			

В таблиці 4.21 приведено головні властивості і технічні характеристики та проходження процесу патентування, в якості основного способу захисту

розробленої комп'ютерно-інтегрованої системи обрано оформлення авторського права на розроблене ПЗ.

Далі визначимо цінові межі (табл. 4.21), якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар.

Таблиця 4.21 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари - замітники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	\$800	\$1000	\$500 - 1000	\$500 - \$700

Провівши аналіз існуючого програмного забезпечення на ринку можна зробити висновок, що товари замітники та товари аналоги задовільняють рівням доходів цільової групи при цьому даний стартап пропонує за таку ж суму програму яка потребує мінімум знань та підготовки для роботи із фотометричними зображеннями. За рахунок автоматизації виключається похибка оператора.

Далі визначимо оптимальну систему збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.22).

Таблиця 4.22 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтація на підтримку ПЗ протягом життя проекту	Контакт із науковими установами, підтримка ПЗ під час всього терміну життя проекту	Канал нульового рівня	Власна система збуту

Як систему збуту обрано канал власної методики збуту за допомогою продажу через інтернет ресурси.

Останнім є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що наведено в таблиці 4.23.

Таблиця 4.23 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на точність обробки та подальша підтримка ПЗ	Виставки, інтернет ресурси	Доступність нацковцям у сфері оптики; Функціональність.	Показати переваги автоматизації застосування; Показати результати вимірювання за допомогою розробленого ПЗ та з використанням існуючих способів	Даний продукт є точним та прискорює швидкість обробки

Результатом аналізу є маркетингова програма, що включає концепцію продукту, збут, просування, аналіз ціни, концептуальні переваги, ринковий статус проекту на якому буде впроваджено проект, та його динаміку та обрану альтернативу поведінки на ринку.

4.5 Організація реалізації стартап-проекту

Для впровадження даного проекту необхідний мінімальний набір членів команди, розглянемо склад команди із позиції моделі Дейва Мак Клюра «H2D – a hacker, hustler, and designer».

Таблиця 4.24 Формування команди

Роль у команді	Вид діяльності	Суть дій в ході створення та подання проекту
Людина-ресурси	Sales manager	Пошук інвесторів, розробка реклами, комунікація із клієнтами. Контроль фінансів.
Людина-продукт	IT – спеціаліст, CEO.	Розробка та вдосконалення алгоритму, написання коду, створення візуальної частини програми. Презентація стартапу на воркшопах
Людина-процеси	Operation director.	Налаштування програмного оточення, створення необхідних сертифікатів та ліцензій, написання коду для автоматизованого тестування. Контроль багів. Участь у прийнятті архітектурних рішень.

Для розрахунку вкладу кожного учасника команди було проведено аналіз за такими пунктами як ідея, підготовка бізнес моделі, компетентність, залученість та ризики, обов'язки.

Для оцінки фактору вкладу кожного учасника команди було введено вагові значення, відповідно до наступних факторів: ідея, підготовленість бізнес плану, компетентність, залученість та ризики та обов'язки, та проведено аналіз з оцінки важливості кожного фактору і внеску кожного учаснику за допомогою калькулятору Деммера (табл.4.27).

Таблиця 4.25 Оцінювання важливості кожного фактора і внеску кожного учасника

Фактор	Вага	Sales manager	IT – спеціаліст, CEO.	Operation director.
Ідея	10	1	10	4
Підготовка бізнес моделі	7	9	5	1
Компетентність	7	5	9	10
Залученість і ризики	6	2	10	5
Обов'язки	6	8	8	8
Вклад капіталу	10	1	9	2
Сума	-	178	396	269

З таблиці видно що найважливішим є ідея, а також вклад капіталу. Із ваги по кожному спеціалісту бачимо що найбільшу вагу має CEO оскільки передбачається що він буде вкладати власні кошти, а також розробляти основну ідею. Операційний директор також може вкласти власні гроші, але значно меншу суму. Sales manager буде просто допомагати із просування проекту на ринку, хоча також для заохочення може зробити вклад, але незначний.

І відповідно до важливості кожного фактору, що наведено у таблиці 4.26 проведемо визначення дольової участі кожного з учасників (табл.4.27).

Таблиця 4.26 Визначення дольової участі у стартап проекті кожного учасника

Фактор	Sales manager інженер	IT – спеціаліст, CEO.	Operation director.	
Ідея	1	10	4	
Підготовка бізнес моделі	9	5	1	
Компетентність	5	9	10	
Залученість і ризики	2	10	5	
Обов'язки	8	8	8	
Вклад капіталу	1	9	2	
Разом	178	396	269	843
Процент	21%	47%	31%	100%

З таблиць 4.26 – 4.27 можна зробити висновок, що в процентному співвідношенні найбільший вклад матиме CEO – 48%, далі операційний директор 31%, та далі менеджер з продажу та просуванні товару на ринку – 21%.

Наступним етапом визначимо обладнання необхідне для старту роботи, а також необхідне ПЗ, його вартість, а також у який спосіб товар буде реалізовано (табл. 4.28) [].

Таблиця 4.27 Потреба в обладнанні та технічних засобах

№ з/п	Найменування обладнання	Тип (модель)	Власник (виробник)/партнер стартапу	Спосіб залучення	Повна вартість /(вартість оренди/лізингу, грн.
1	Ноутбук	HP Pavilion 15-eh0002ua Fog	Hewlett-Packard	купівля	20000
2	ОС	Windows	Microsoft	Купівля ліцензованої версії	3600
3	Інструмент розробки	Qt	Digia	Купівля ліцензії на використання.	5200 на 2 роки використання
4	Інструмент розробки	Visual Studio	Microsoft	Купівля ліцензії	2800
Разом 31600 грн					

Отже для початку реалізації алгоритму в майбутній продукт необхідно вкласти 31600 грн, що не великою сумою. Варто зазначити що інструменти розробки Qt та VisualStudio пропонують безплатні ком'юніті версії. На самому старті проекту для економії коштів можна використовувати їх, попри те ці версії мають урізаний функціонал що може мати поганий вплив на швидкість та якість розробки.

Висновки до розділу 4

В даному розділі було розроблено стартап проект, який може бути представлений на ринку програмних рішень для роботи із фотометричними зображеннями.

Першим етапом стало розгляд та пояснення ідеї, представлення переваг в порівнянні з основними конкурентами. Далі було проаналізовано складові необхідні для реалізації, їх доступність для старту проекту та процесу отримання мінімального життєздатного продукту. На наступних етапах розглянуто перспективи виходу на ринок, опис основних ризиків та можливих рішень для їх зниження, детально проаналізовано основних конкурентів.

Після проведеної роботи та прорахунку перспективи розвитку стартапу можна із впевненістю сказати, що створений продукт буде конкурентоспроможний за рахунок кращої точності, швидкості обробки, а також за рахунок автоматизації процесу дозволить зменшити рівень необхідних знань та навичок для проведення аналізу фотометричних зображень.

В подальшому розроблене ПЗ буде захищене авторським правом, а для роботи із ним необхідно буде придбати та активувати ліцензію.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИСЕРТАЦІЇ

В даній дисертаційній роботі було вирішено проблему неавтоматизованого процесу при зонному аналізі фотометричних зображень отриманих за допомогою фотометра із еліпсоїдальними рефлекторами, на базі методу глибинного навчання – комп'ютерного зору.

1. Проведено огляд застосування фотометрії, зокрема аналізу фотометричних зображень. Проаналізовано існуючі програми для обробки та аналізу, зроблено висновок що більшість із них орієнтована для зображень космосу. Для проведення дослідження фотометричного зображення отриманого за допомогою фотометру із еліпсоїдальними рефлекторами, можна використовувати програму «Iris» не зважаючи на те, що вона як і інші орієнтовна на космічні зображення. Слабкою стороною програми ручний процес вибору зон інтересу, це призводить до похибки та швидкої втоми оператора при необхідності обробки великої кількості даних. Проаналізовано методи глибинного навчання, та визначено метод комп'ютерного зору як найбільш доцільний.

2. Розглянуто алгоритм Кенні, на базі якого відбувається пошук кола яке описує пляму розсіювання та становить зону інтересу. Із існуючих бібліотек комп'ютерного зору вибрано OpenCV, та реалізацію на C++ як найбільш доцільну. Описано алгоритм пошуку усіх кілець. За допомогою графічного інструменту QT також на C++ створено інтерфейс користувача для зручності та підвищення швидкості аналізу.

3. Розглянуто сутність оптичного просвітлення. Проведено експеримент із оптичним просвітленням на м'язовій тканині свині взятої із області ший без будь-якої термічної обробки. В якості хімічного агенту обрано поліетиленгліколь, як хімічну сполуку яку часто використовують в косметиці та медичних цілях. Час проведення становив 120 хвилин, із фіксацією картини кожні 2 хв. Таким чином було отримано 60 фотометричних зображень, на основі

яких було проведено дослідження освітленості в зонах інтересу, побудовано графік для кожної зони. В порівнянні із результатами програми Iris, графіки мають більш ламаний характер, що пов'язано із підходом до визначення радіусів кілець зон. Тим не менш загальна тенденція є однаковою – зменшення інтенсивності із часом, з чого можна зробити висновок, що більше світла поглинається, отже просвітлення має позитивний результат.

4. Для аналізу перспектив виходу на ринок проаналізовано розроблене програмне забезпечення у порівнянні із основними конкурентами. Прораховано початкові капіталовкладення, та оцінено необхідний персонал для старту. З проведених розрахунків можна зробити висновок, що стартап-проект на основі алгоритму комп'ютерного зору має усі шанси зайняти свою нішу поруч із існуючими програмними рішеннями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поліщук В. М. ФОТОМЕТРИЯ. Конспект лекцій / В. М. Поліщук. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 147 с.
2. Romanishin W. An Introduction to Astronomical Photometry Using CCDs / Romanishin. – Oklahoma: University of Oklahoma, 2002. – 167 с.
3. M.A. Bezuglyi, A.V. Yarych, and D.V. Botvinovskii, "On the possibility of applying a mirror ellipsoid of revolution to determining optical properties of biological tissues", Optics and Spectroscopy, no. 113, pp.101–107, 2012.
4. M. Bezuglyi, and N. Bezuglaya, "Raman spectroscopy principles for in vivo diagnostic by ellipsoidal reflectors", Electrical, Control and Communication Engineering, vol. 15, no.1, pp. 39 – 46, 2019.
5. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Г.С. Тимчик, та В.А. Шаргородський, "Просторова фотометрія біологічних середовищ", Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, т.30, №2, с. 40 – 49, 2016.
6. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, та Г.С. Тимчик, "Особливості анізотропії світлорозсіяння волокнистими біологічними тканинами", Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування, №50, с.169 – 175, 2015.
7. K.P. Vonsevych, M.A. Bezuglyi, and O.A. Prytula, "Optical feedback based on photometry by ellipsoidal reflector in bionic fingers application", KPI Science News, no. 3, pp. 63 – 72, 2019.
8. Сравнение эффектов структурных повреждений в матрицах КМОП и ПЗС, применяемых в звёздных датчиках, на примере CMV4000 и ФППЗ «Лев-4». // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – №6. – С. 119–130.
9. Чура Н. И. Технологии CMOS и чувствительность / Н. И. Чура. // Системы безопасности. – 2016. – №6.
10. Бурданов А. Ю. ASTROKIT — ЭФФЕКТИВНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПЗС-ФОТОМЕТРИИ И

ПОИСКА ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЁЗД / А. Ю. Бурданов, В. В. Крушинский, А. А. Попов // АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ / А. Ю. Бурданов, В. В. Крушинский, А. А. Попов. – Екатеринбург, 2014. – (Уральский федеральный университет). – (69; т. 3). – С. 389–398.

11. IRIS [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.astrosurf.com/buil/iris-software.html>.

12. IRIS [Электронный ресурс] // 2.1.0. – 2000. – Режим доступа до ресурсу: http://physics.mq.edu.au/astronomy/space2grow/software/iris/IRIS_manual.pdf.

13. Photometry with IRIS [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <http://atalaia.org/gregorio/photometry-iris.php>.

14. Computer vision [Электронный ресурс] // IBM. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ibm.com/topics/computer-vision>.

15. Everything You Ever Wanted To Know About Computer Vision [Электронный ресурс] // Towards. Data Science. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/everything-you-ever-wanted-to-know-about-computer-vision-heres-a-look-why-it-s-so-awesome-e8a58dfb641e>.

16. Canny Edge Detector [Электронный ресурс] // R. Fisher, S. Perkins, A. Walker and E. Wolfart.. – 2003. – Режим доступа до ресурсу: <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/canny.htm>.

17. Canny Edge Detection [Электронный ресурс] // Open Source Computer Vision. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: https://docs.opencv.org/master/da/d22/tutorial_py_canny.html.

18. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, та Ю.В. Чмир, "Просторова потокова біометрія середовищ еліпсоїдальними рефлексорами", Електроніка і зв'язок, том 83, №6, с. 87 – 93, 2014.

19. М.О. Безуглий, О.В. Лінючева, Н.В. Безугла, М.В. Бик, та С.А. Костюк, "Контроль форми еліпсоїдальних рефлексорів біомедичних

фотометрів", Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування, том.53, №1, с.62-69, 2017.

20. Bezuglyi M.A., Bezuglaya N.V., Kostuk S. Influence of laser beam profile on light scattering by human skin during photometry by ellipsoidal reflectors. *Devices And Methods Of Measurements*. 2018;9(1):56-65.

21. М.О. Безуглий, І.І. Синявський, Н.В. Безугла, та А.Г. Козловський, "Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлекторів фотометрів", Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування, том 52, №2, с.76-81, 2016.

22. M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and I.V. Helich, "Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media», *Applied Optics*, no. 56 (30), pp. 8520–8526, 2017.

23. M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and S.A. Kostuk, "Influence of laser beam profile on light scattering by human skin during photometry by ellipsoidal reflectors", *Devices and Methods of Measurements*, vol.9, №1, pp. 56-65.

24. M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, A.V. Ventsuryk, and K.P. Vonsevych, "Angular Photometry of Biological Tissue by Ellipsoidal Reflector Method", *Devices and Methods of Measurements*, vol.10, no. 2, pp. 160–168, 2019.

25. Павловець М.В., Безуглий М.О., Комп'ютерна програма «Еліпсоїдальна фотометрія» (Ellipsoidal Photometry) ("BT Mod"), Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 68440, 02.11.2016.

26. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Г.С. Тимчик, та К.П. Вонсевич, "Вплив осьової анізотропії розсіяння біологічних середовищ на точність визначення оптичних коефіцієнтів методом Монте-Карло", *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*, том 99, №1, с.85 – 91. 2015.

27. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and D.V. Horban, "Determination the tissue anisotropy factor during the photometry by ellipsoidal reflectors", *KPI Science News*, no.4, pp. 62 – 70, 2019.

28. Top 6 Computer Vision tools and libraries for ML developers [Електронний ресурс] // TechGig Correspondent. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://content.techgig.com/top-6-computer-vision-tools-and-libraries-for-ml-developers/articleshow/76506833.cms>.
29. What are the advantages and disadvantages of OpenCV? [Електронний ресурс] // Quora. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.quora.com/What-are-the-advantages-and-disadvantages-of-OpenCV>.
30. Introduction to OpenCV-Python Tutorials [Електронний ресурс] // Open Source Computer Vision. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://docs.opencv.org/master/d0/de3/tutorial_py_intro.html#:~:text=OpenCV%20supports%20a%20wide%20variety,are%20also%20under%20active%20development.
31. Advantages of Using Python for Computer Vision [Електронний ресурс] // FULL SCALE. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://fullscale.io/blog/advantages-using-python-computer-vision/>.
32. What are the advantages in using Qt? [Електронний ресурс] // Stackoverflow. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.itexico.com/blog/computer-vision-what-are-the-advantages-and-disadvantages>.
33. М.А. Безуглый, Н.В. Безуглая, и А.Б. Самиляк, "Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии", Приборы и методы измерений, т. 7, №1, с. 67–76, 2016.
34. М.О. Безуглый, та Д.В. Ботвиновський, В.В. Зубарєв, та Я.О. Коцур, "Метод фотометричного дзеркального еліпсоїда обертання для дослідження шорсткості поверхні", Методи та прилади контролю якості, №27, с.77-83. 2011.
35. OpenCV: Feature Detection [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://docs.opencv.org/master/dd/d1a/group_imgproc_feature.html#ga47849c3be0d0406ad3ca45db65a25d2d

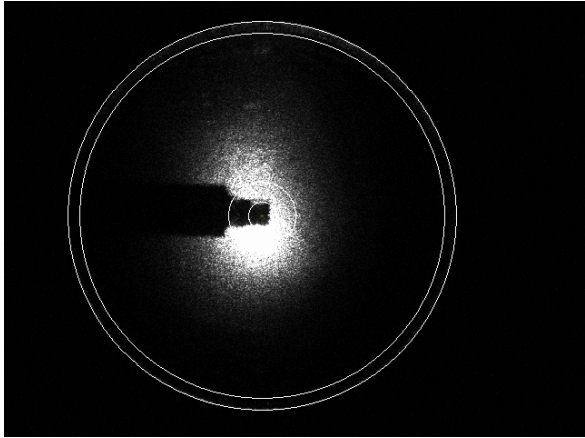
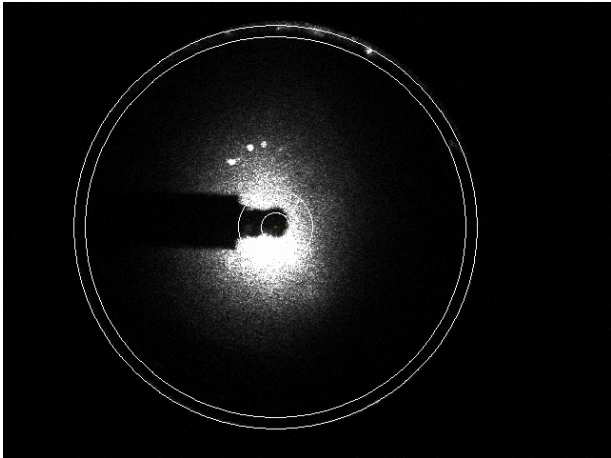
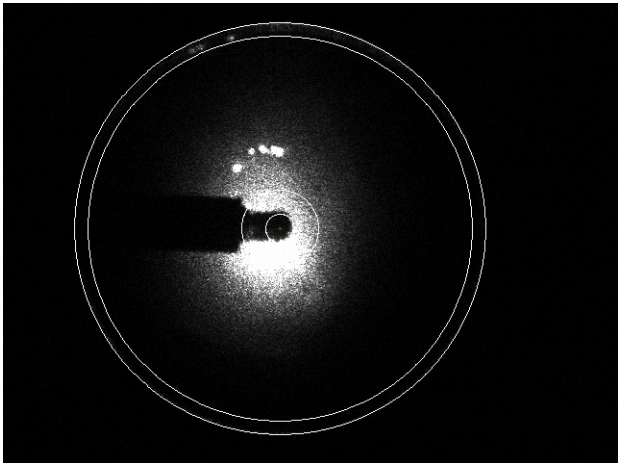
36. Shapiro, L. G. & Stockman, G. C: "Computer Vision", page 137, 150. Prentice Hall, 2001.
37. Mark S. Nixon and Alberto S. Aguado. Feature Extraction and Image Processing. Academic Press, 2008, p. 88.
38. Feature detectors – Sobel edge Detector [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/sobel.htm>
39. OpenCV: Sobel Derivatives [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://docs.opencv.org/3.4/d2/d2c/tutorial_sobel_derivatives.html
40. OpenCV шаг за шагом. Введение. – [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://robocraft.ru/page/opencv/>
41. Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений — М: Техносфера, 2005 – 1007с.
42. Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений – М.: Высш. школа, 1983 – 295с.
43. Аркадьев А. Г. Обучение машины распознаванию образов / А.Г. Аркадьев, Э. М. Браверман – М.: Наука, 1964. – 478 с.
44. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Trans Systems, Man and Cybernetics,9(1):62-66,1979.
45. Эдвард А. Патрик. Основы теории распознавания образов. /М.: Советское радио, 1980. 408 с.
46. Computer Vision: Algorithms and Applications – Richard Szeliski, Microsoft Research – [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://szeliski.org/Book/>
47. Самаль Д.И. Методика автоматизированного распознавания людей по фотопортретам / Д.И. Самал., В.В. Головенко – Минск: ИТК, 1999. –187 с.
48. Вапник В. Н. Теория распознавания образов. / В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис – М.: Наука, 1974. – 416 с.

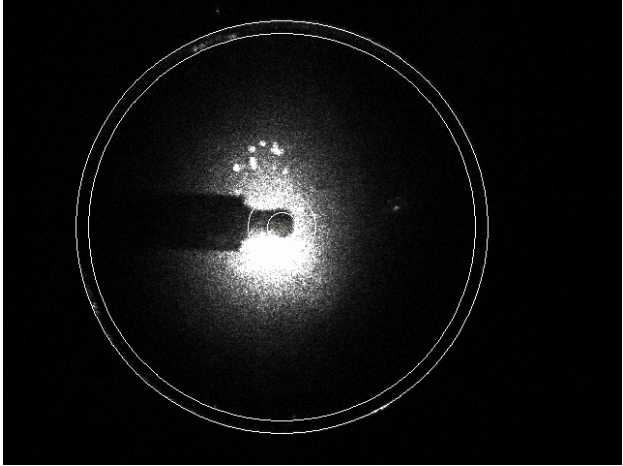
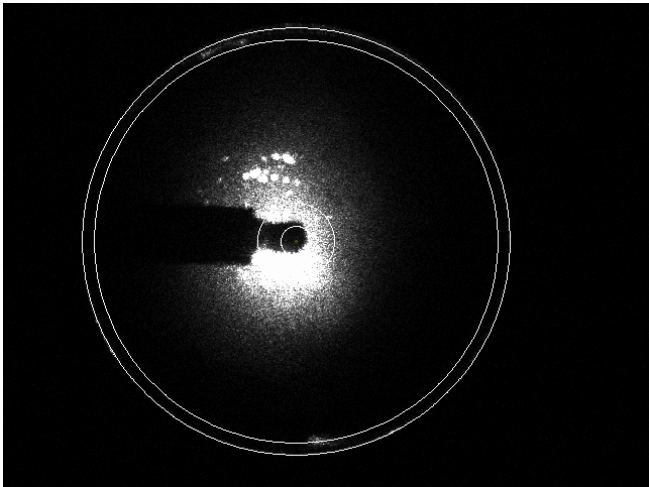
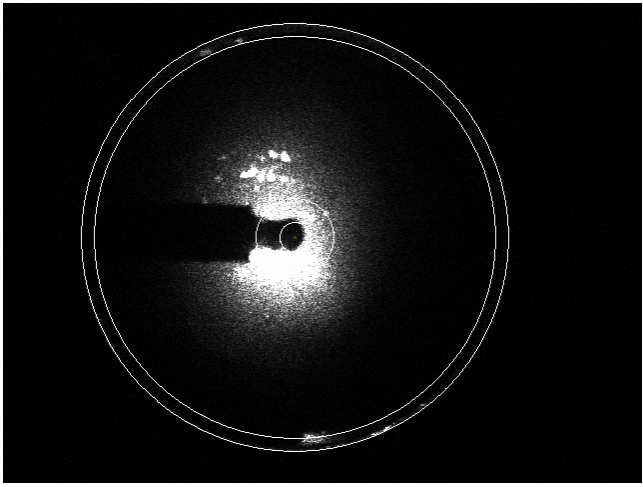
49. Фомин Я. А. Распознавание образов: теория и применения / Фомин, Я.А. – 2-е изд. – М.: ФАЗИС, 2012. – 429 с.
50. Чэн Ш.К. Принципы проектирования систем визуальной информации / Чэн, Ш.К. – М.: Мир, 1994. – 408 с.
51. М.А. Безуглый, и Я.А. Коцур, "Применение эффекта Допплера в оптической биомедицинской диагностике", Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування, вип. 42, с. 177–184, 2011.
52. Лазерные биомедицинские технологии (часть 1) / Беликов А.В., Скрипник А.В - Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. С 46-75.
<https://books.ifmo.ru/file/pdf/359.pdf>
53. Е.А. Шахно. Физические основы применения лазеров медицине. - СПб: НИУ ИТМО, 2012. С 95-105. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/903.pdf>
54. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and A.I. Nagornyi, "Control of optical clearing of biological tissue by ellipsoidal reflectors method", Microsystems. Electronics and Acoustics, vol.24, no.2, pp. 6 – 13, 2019.
55. Башкатов А.Н. Управление оптическими свойствами биотканей при воздействии на них осмотически активными иммерсионными жидкостями. Саратовский ордена трудового красного знамени государственный университет им. н.г. Чернышевского. 2002г.

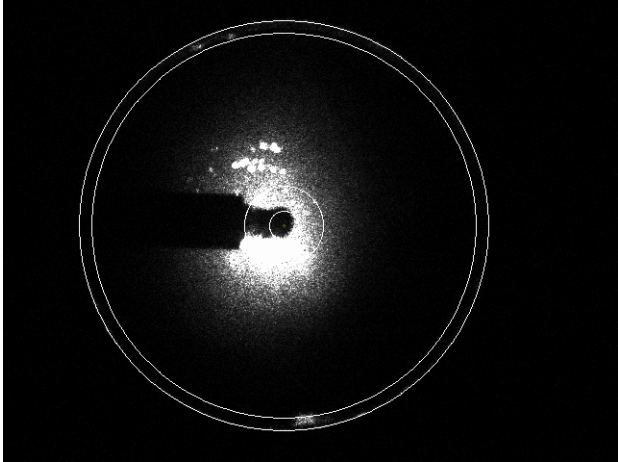
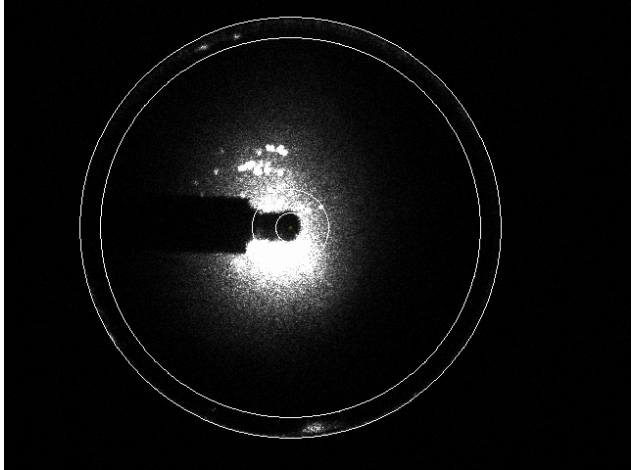
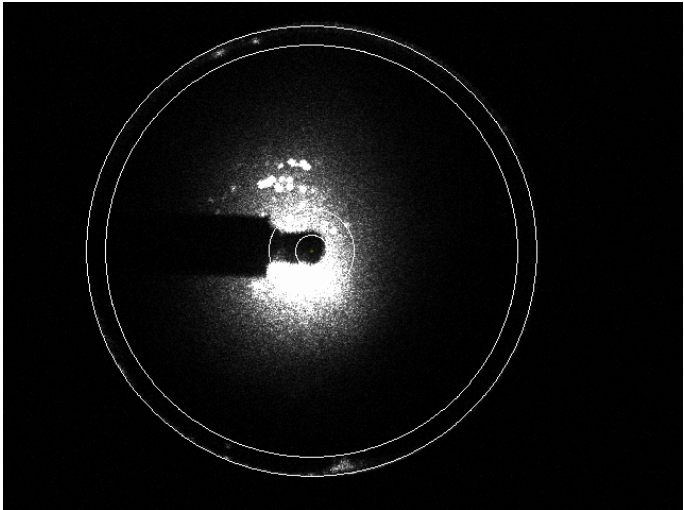
ДОДАТКИ

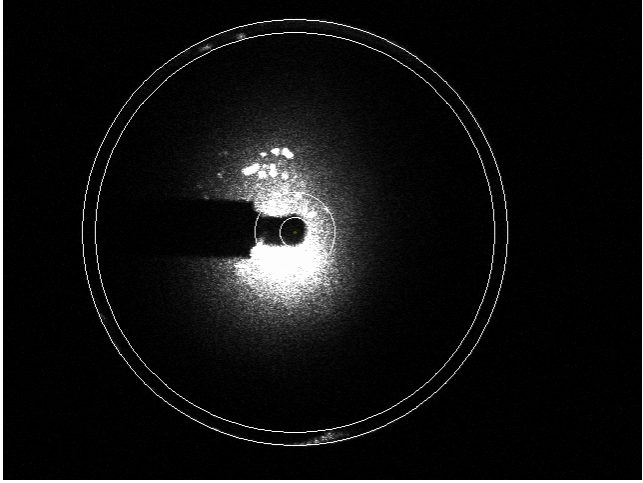
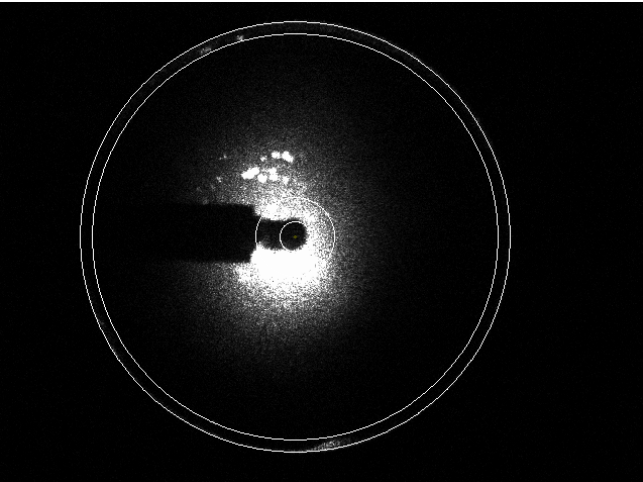
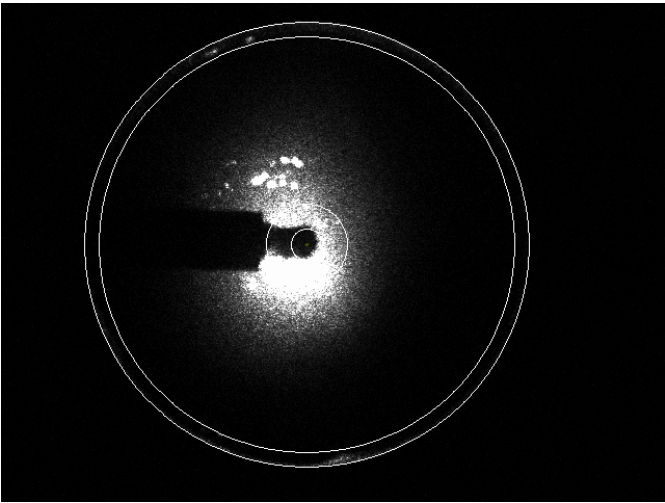
ДОДАТОК А

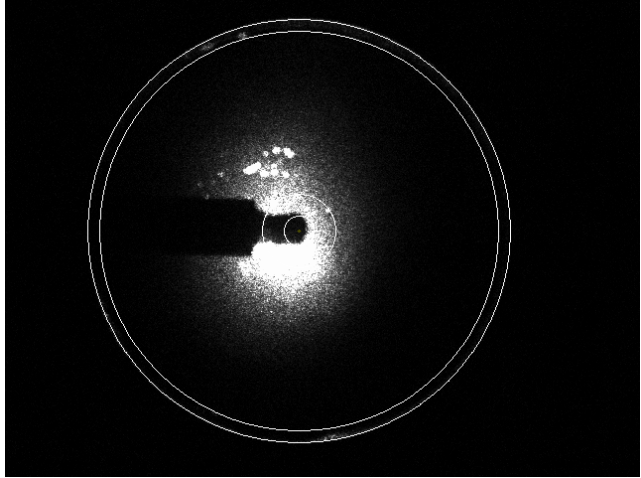
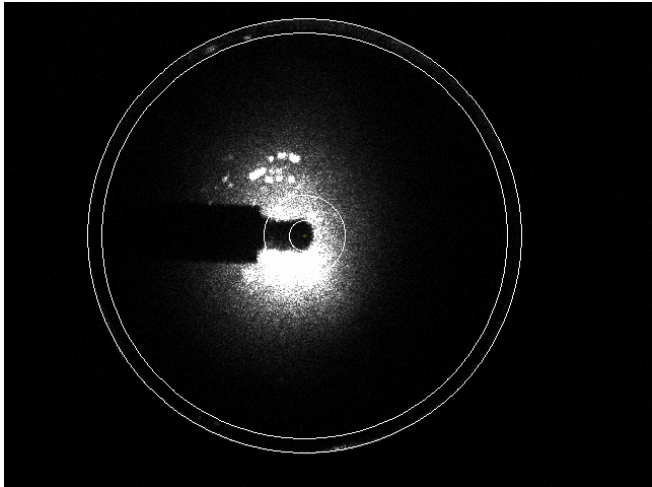
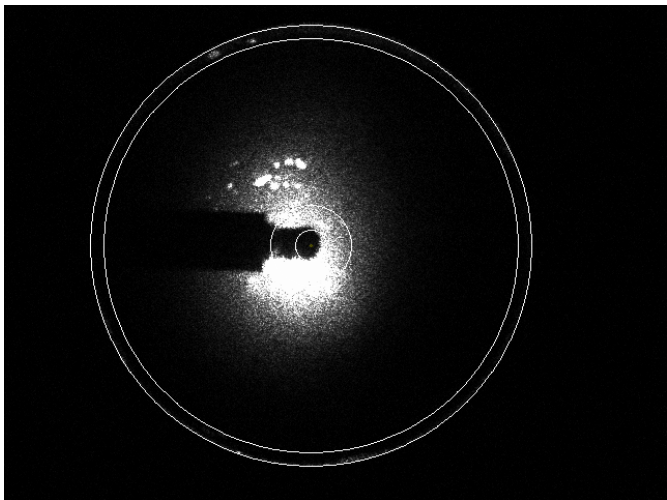
Таблиця А.1. Результати знаходження зон інтересу.

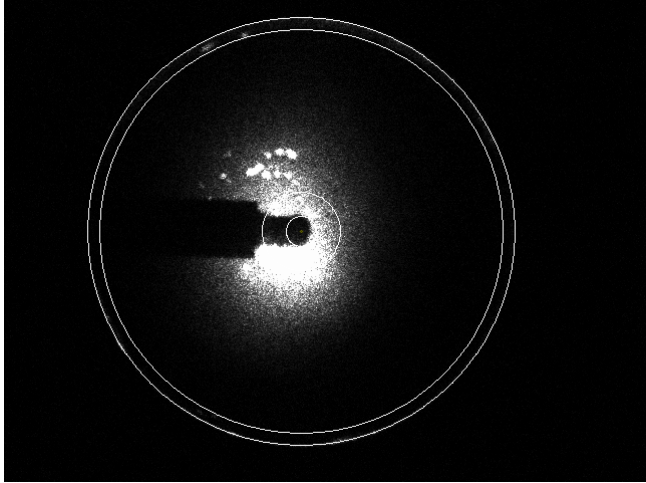
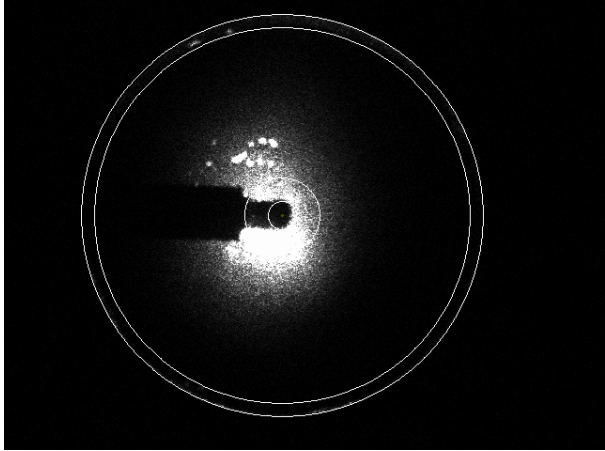
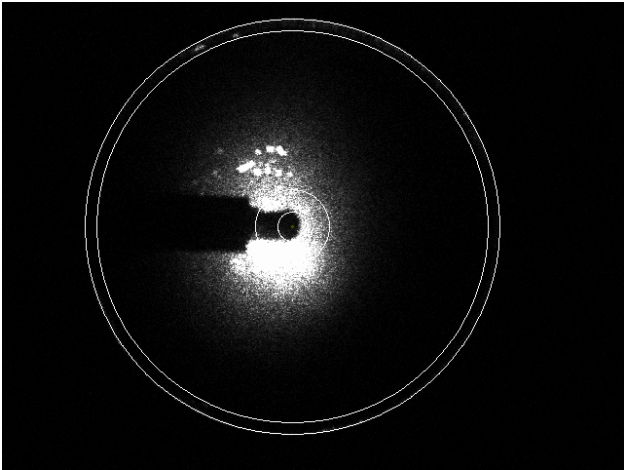
Час просвітлення	Знайдені Зони інтересу.
0	
2	
4	

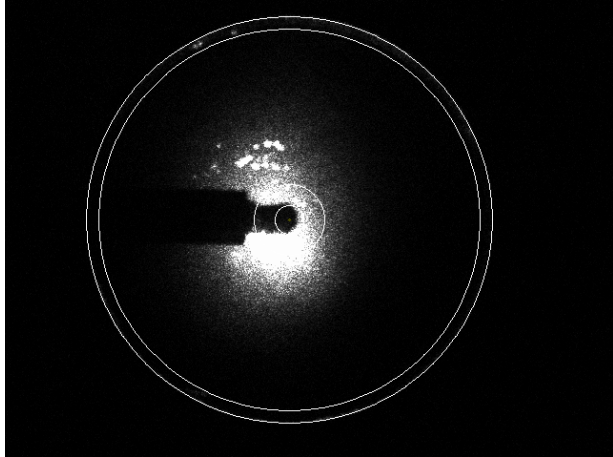
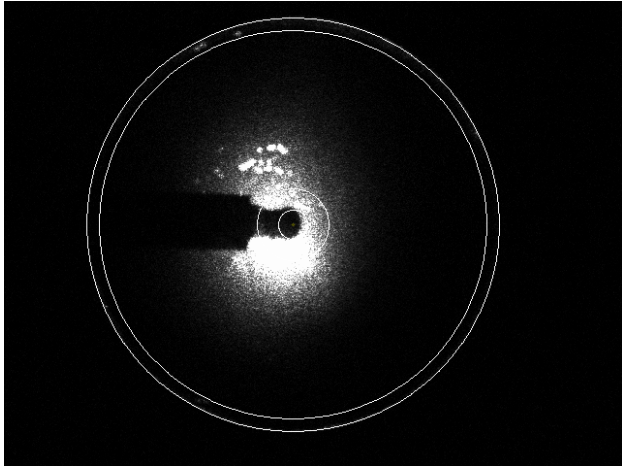
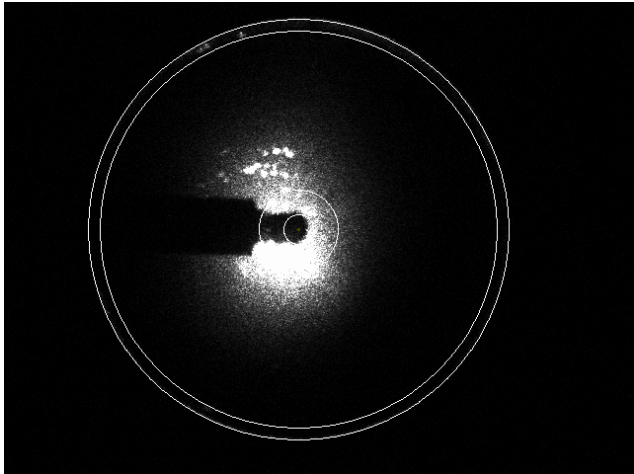
6	
8	
10	

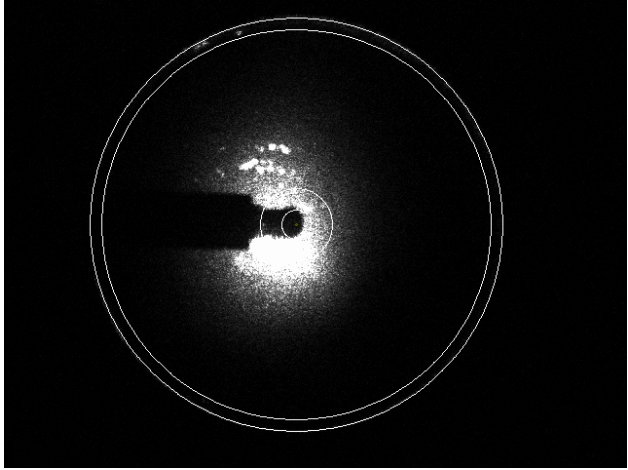
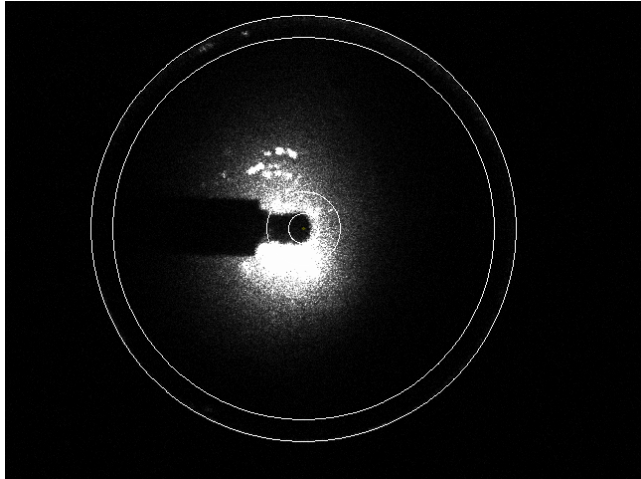
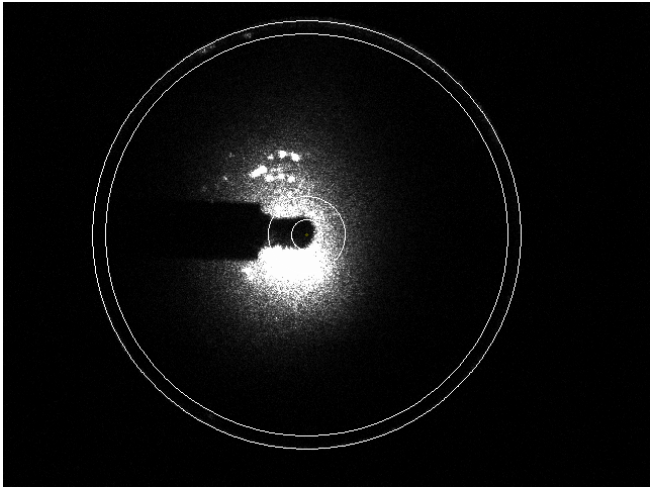
12	
14	
16	

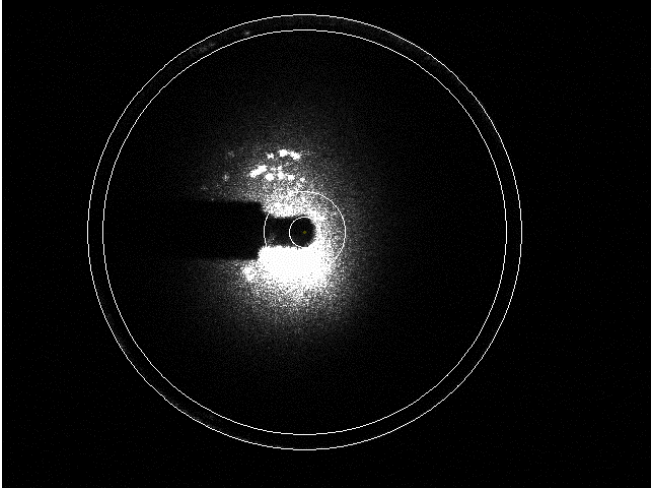
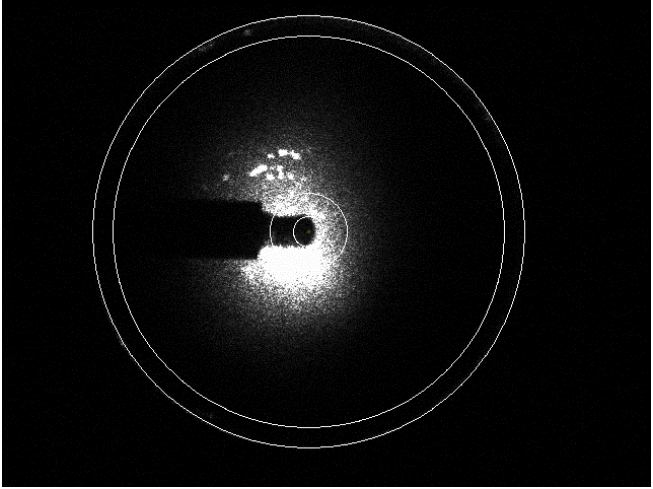
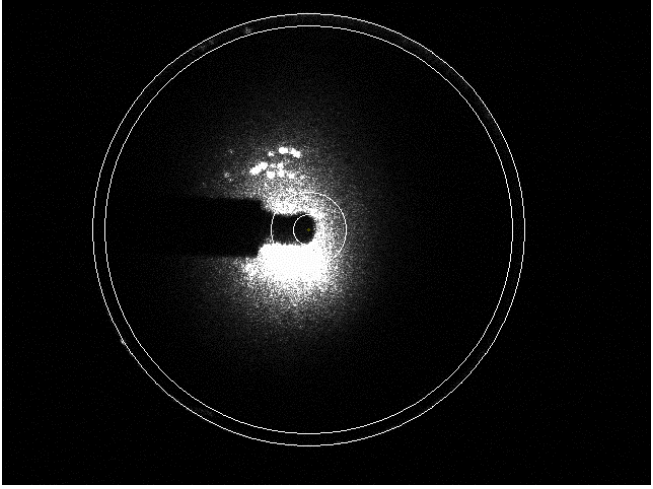
18	
20	
22	

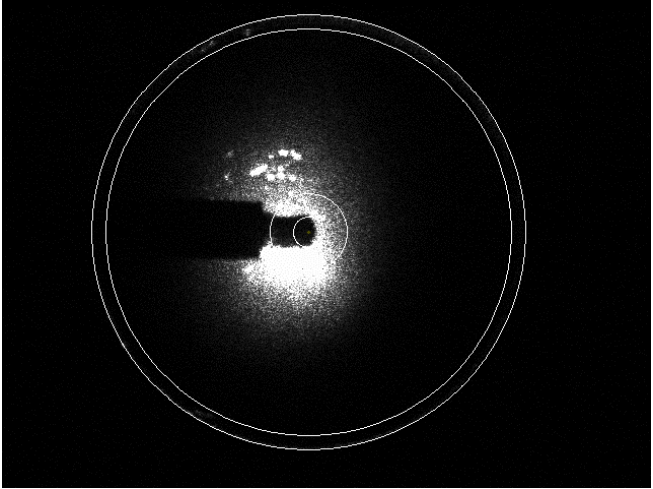
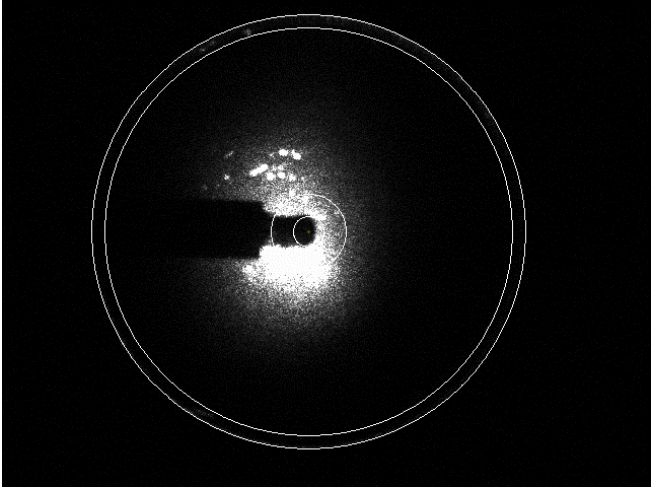
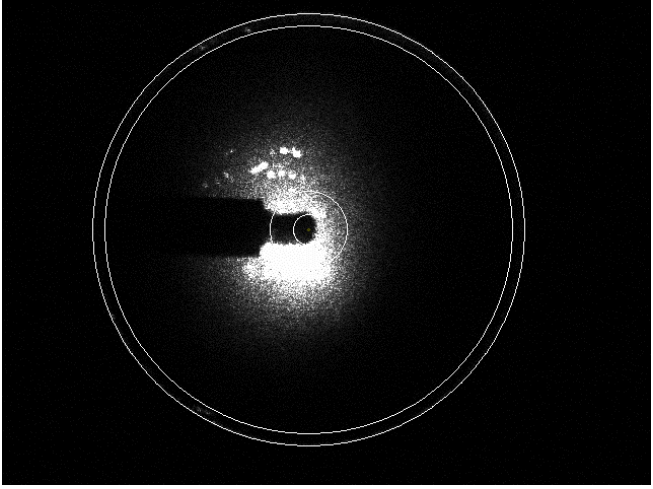
24	
26	
28	

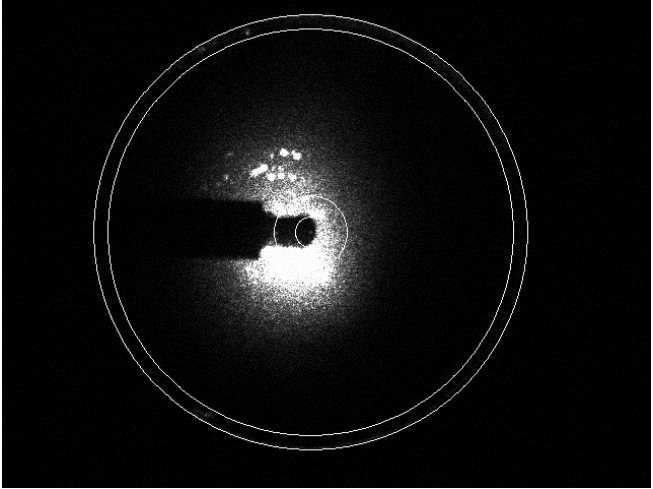
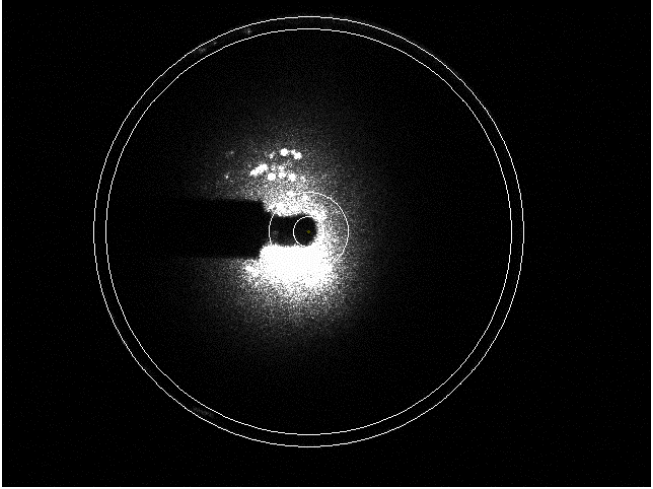
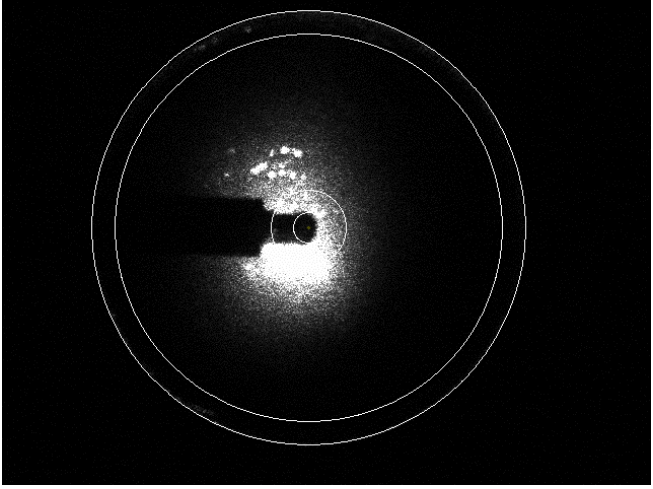
30	
32	
34	

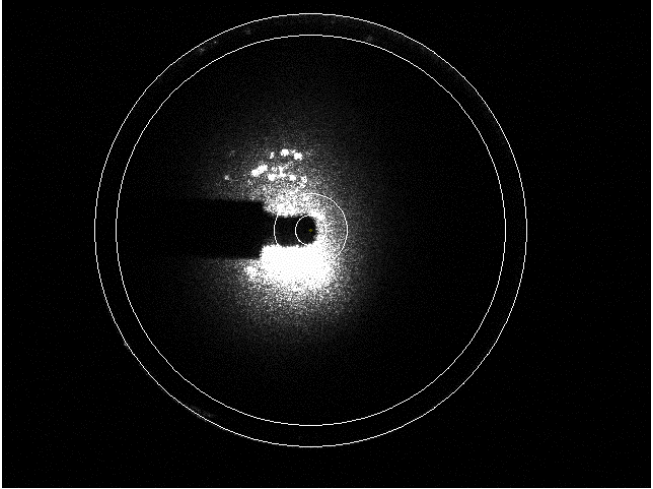
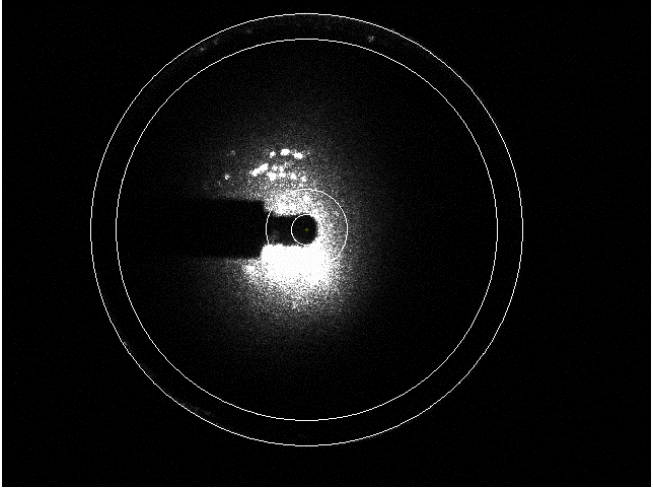
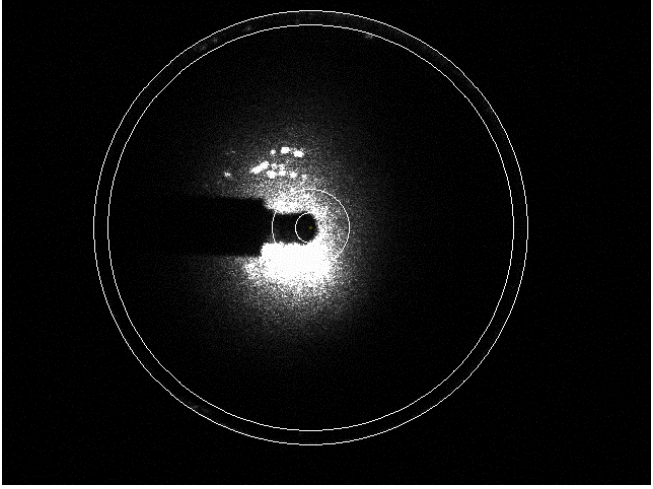
36	
38	
40	

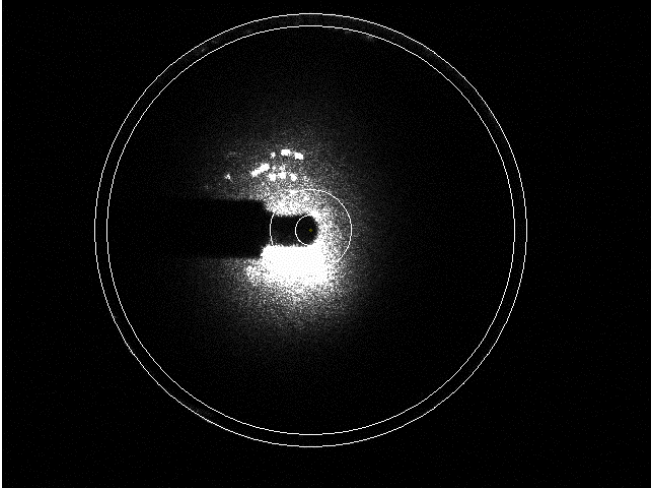
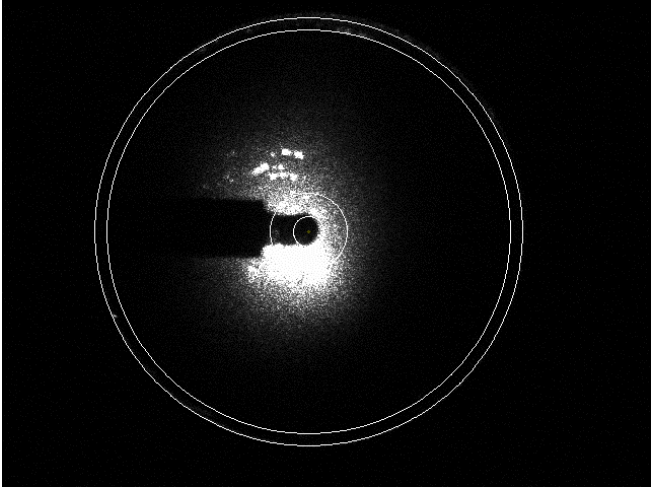
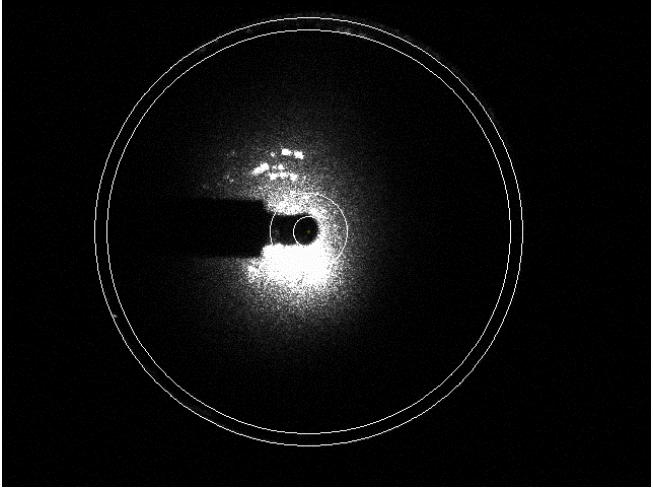
42	
44	
46	

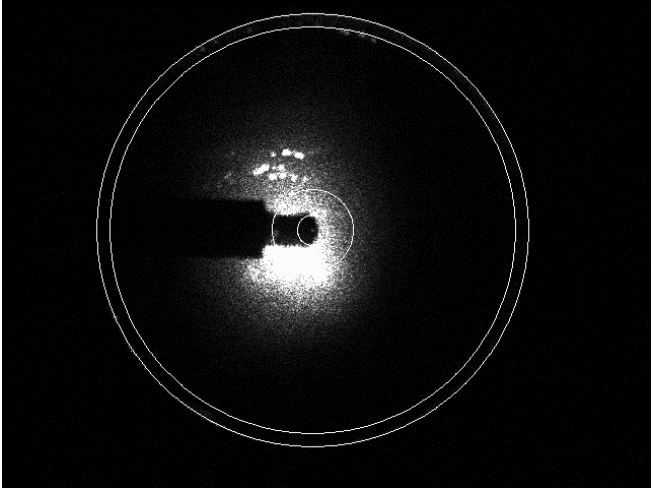
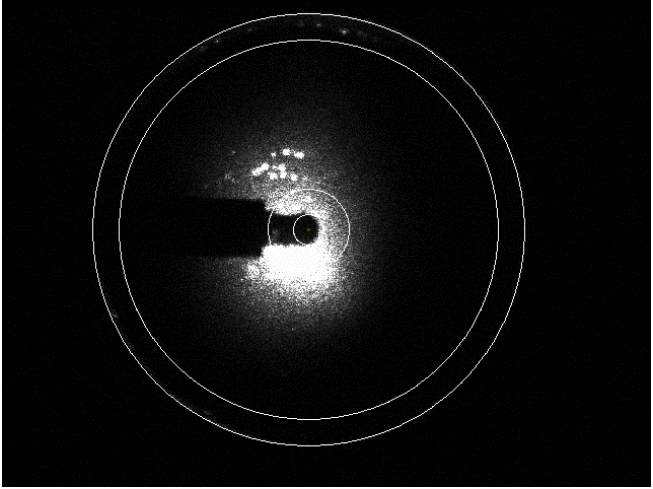
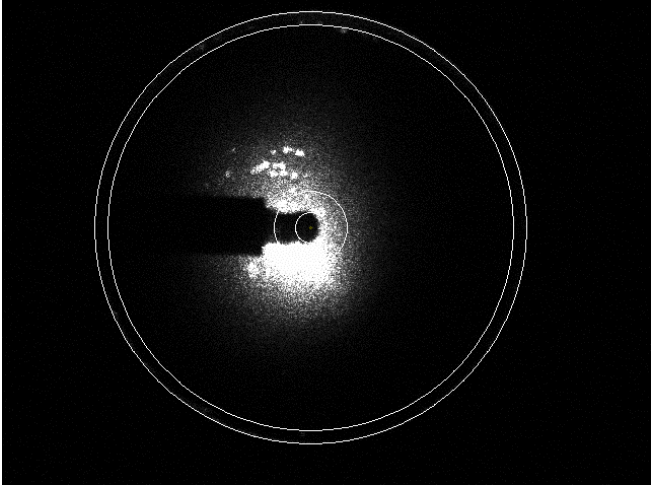
48	
50	
52	

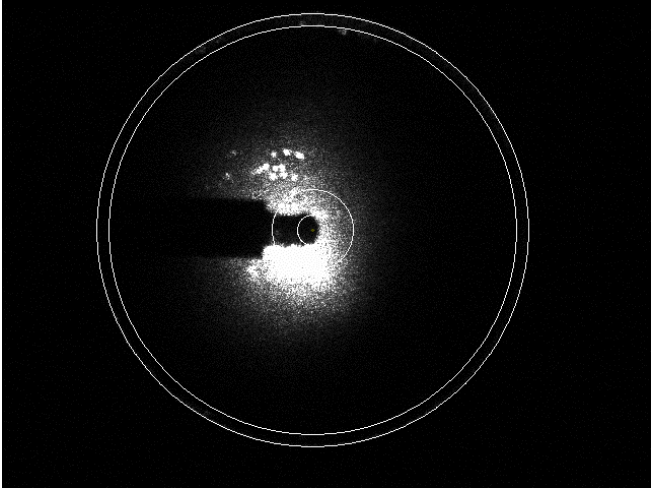
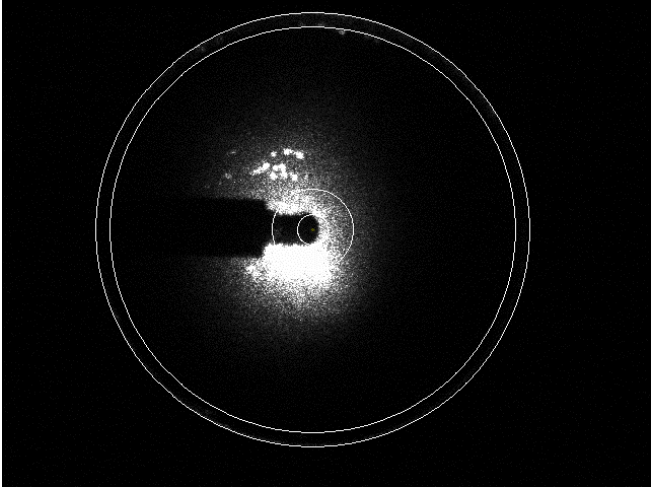
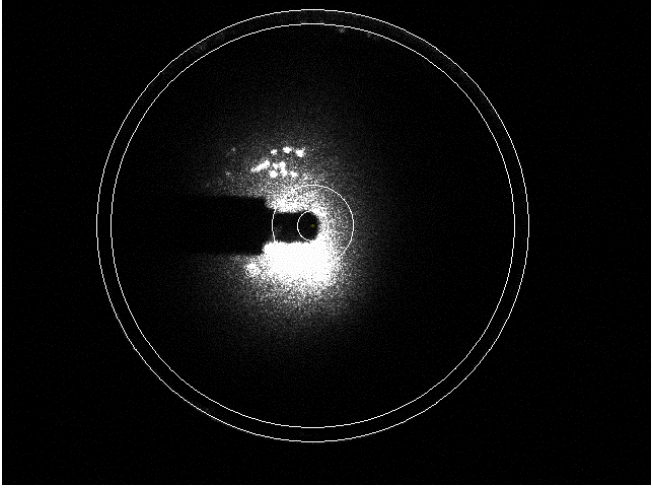
54	
56	
58	

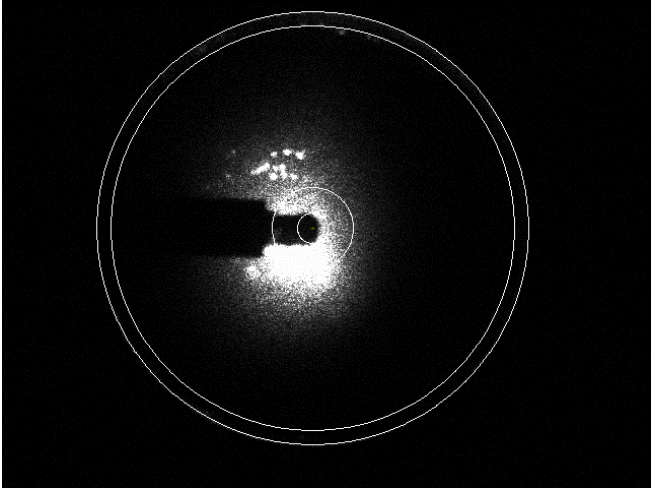
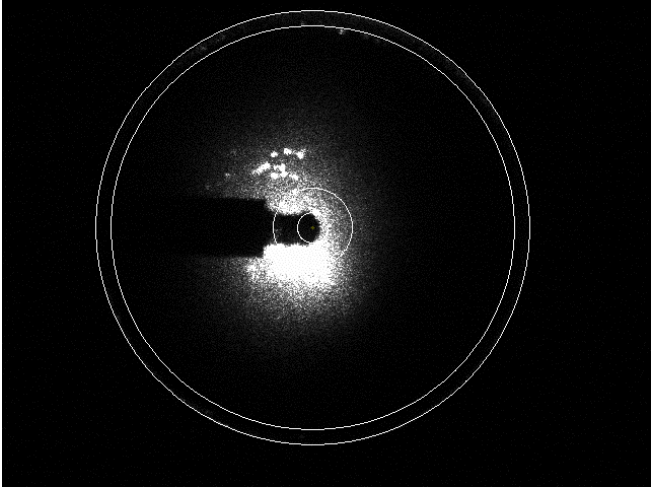
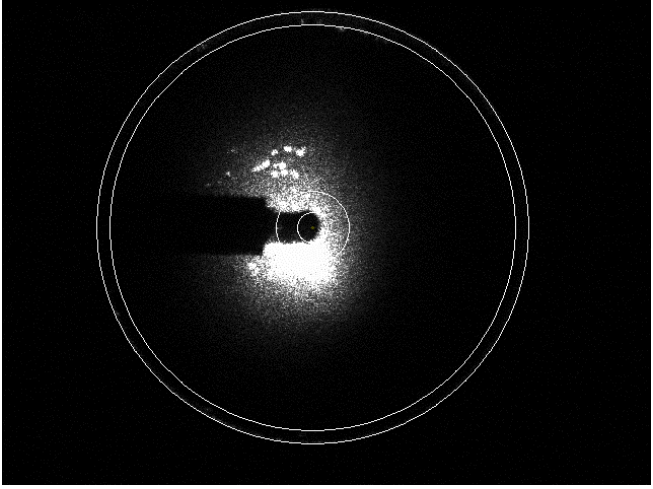
60	
62	
64	

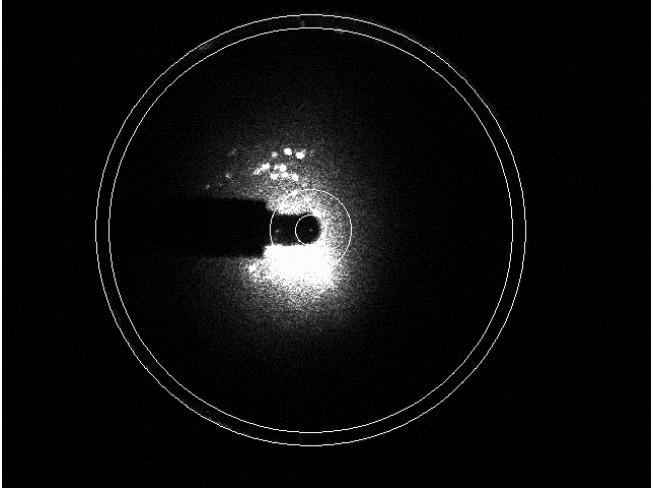
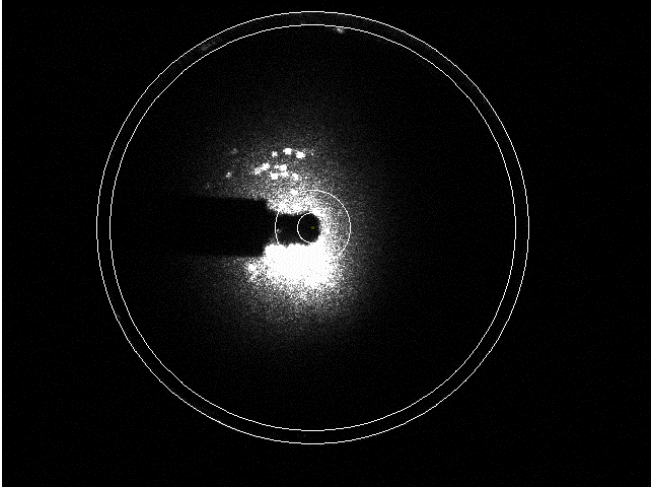
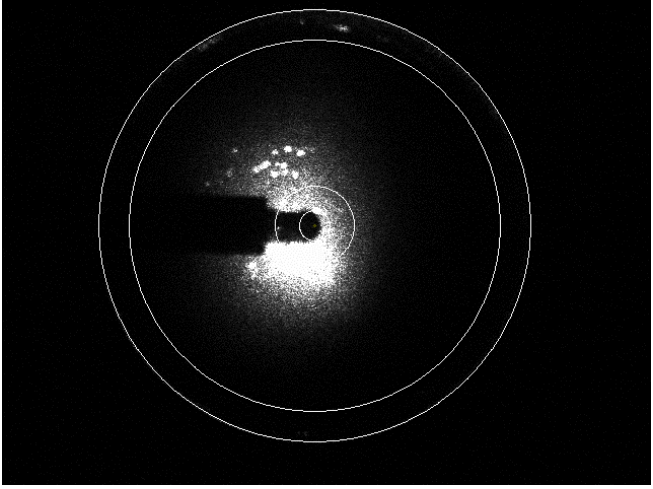
66	
68	
70	

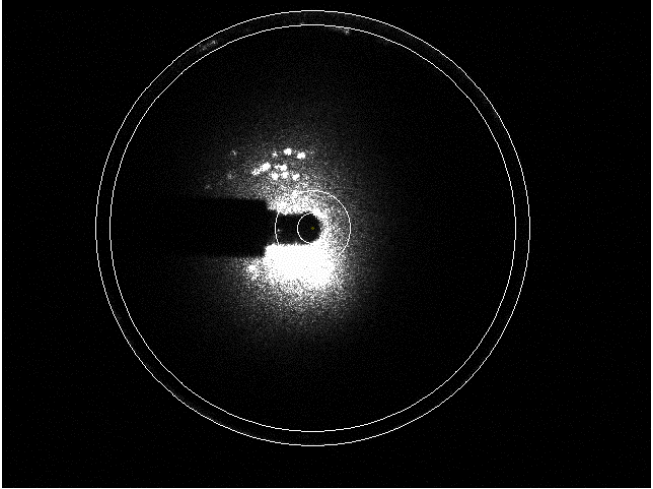
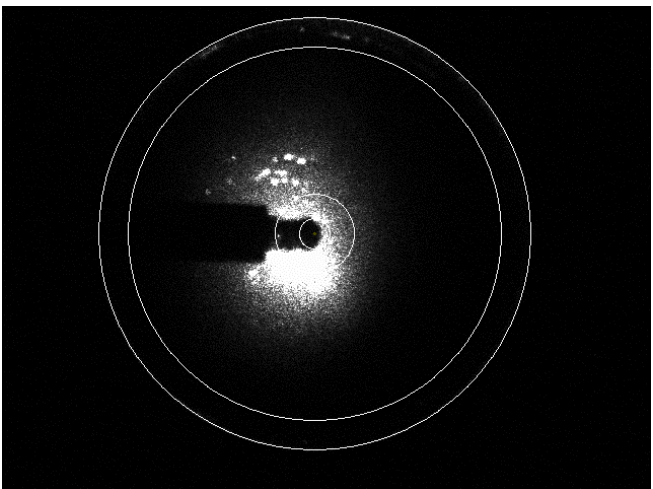
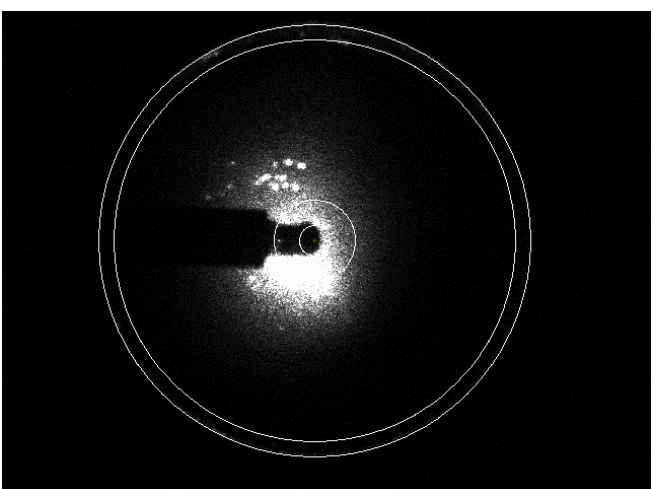
72	
74	
76	

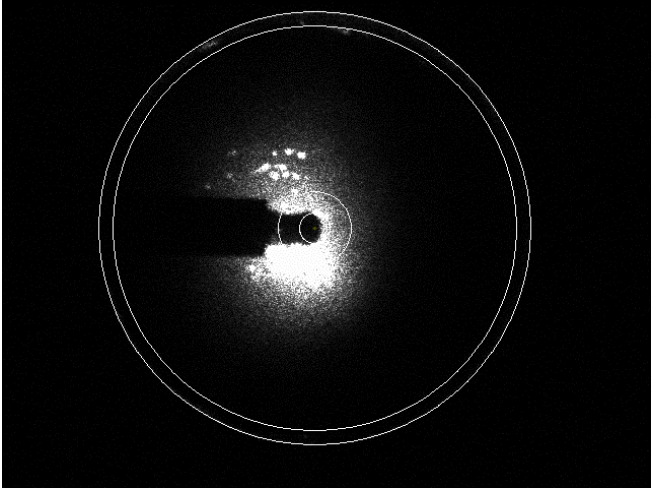
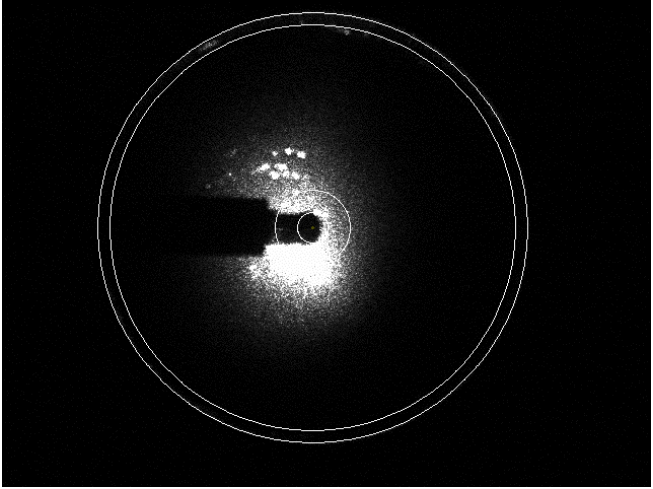
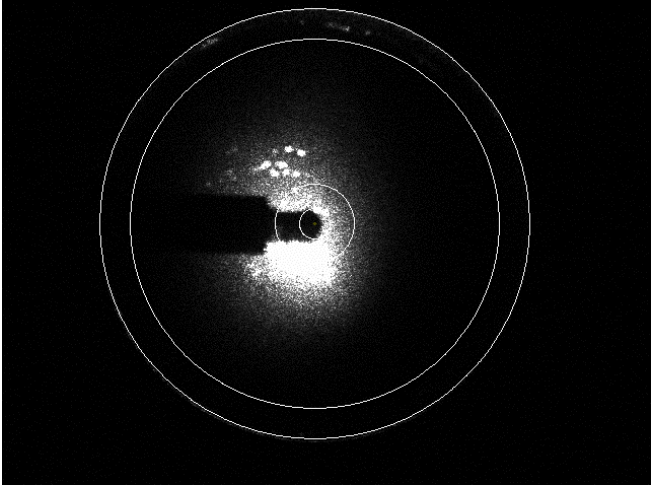
78	
80	
82	

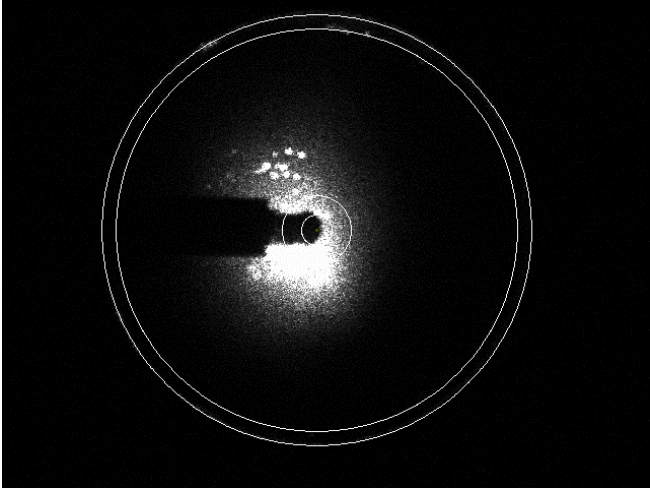
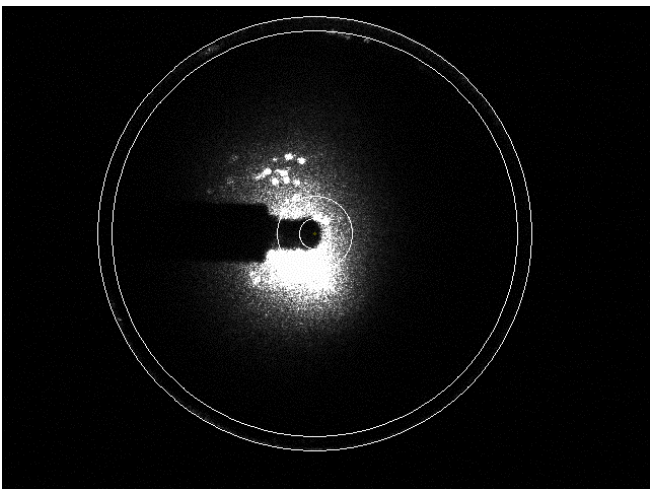
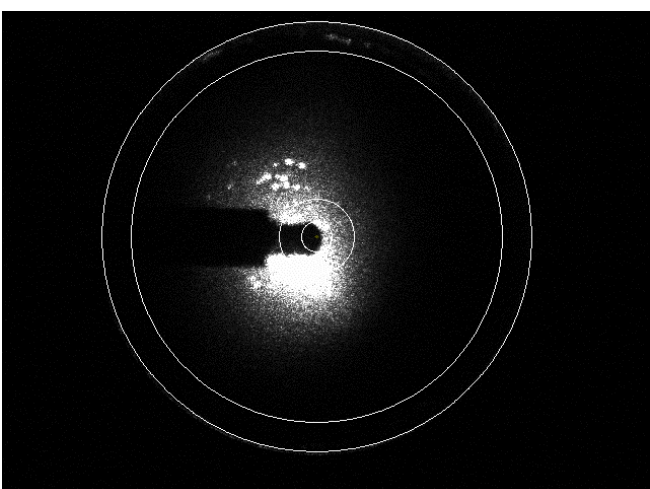
84	
86	
88	

90	
92	
94	

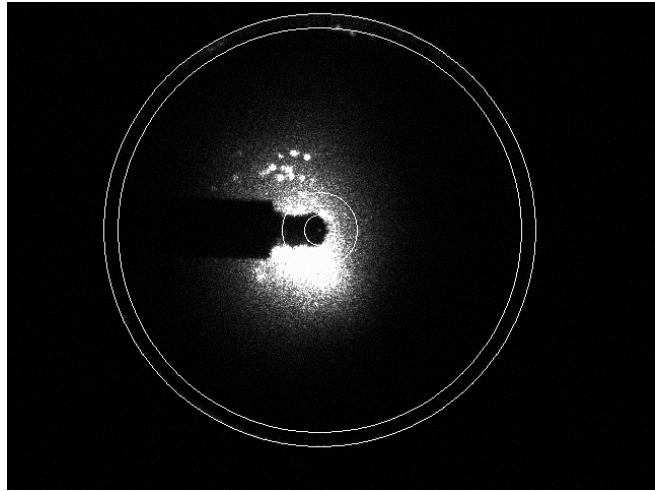
96	
98	
100	

102	
104	
106	

108	
110	
112	

114	
116	
118	

120



ДОДАТОК Б

Лістинг коду

```
#include "mainwindow.h"

#include <QApplication>

#include <opencv2/core/core.hpp>
#include <opencv2/highgui/highgui.hpp>
#include <opencv2/imgproc/imgproc.hpp>
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <math.h>

using namespace std;
using namespace cv;

int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication a(argc, argv);
    MainWindow w;
    w.show();

    waitKey();
    return a.exec();
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

```
#include "mainwindow.h"
#include "../ui_mainwindow.h"

#include <QMainWindow>
#include <QFileDialog>
#include <QDir>
#include <QFile>

#include <QApplication>

#include <opencv2/core/core.hpp>
#include <opencv2/highgui/highgui.hpp>
#include <opencv2/imgproc/imgproc.hpp>
#include <iostream>
#include <algorithm>
#include <math.h>
#include <string>

using namespace std;
using namespace cv;
using namespace std;

using namespace std;
using namespace cv;

float p = 3.14;
```

```
int maxRadius = 500;
int minRadius = 200;
float smallestCircleRadius = 15;
```

```
struct intensivityCircles {
    float circleA_1;
    float circleA_2;
    float circleA_3;
    float circleA_4;
};
```

```
QString fileNameGlobalVariable = "";
```

```
intensivityCircles findCirclesAndCoutIntensivity (string imagePath);
```

```
float countIntensivity(Mat gray, int radius, Point center);
```

```
MainWindow::MainWindow(QWidget *parent)
    : QMainWindow(parent)
    , ui(new Ui::MainWindow)
{
    ui->setupUi(this);
}
```

```
MainWindow::~MainWindow()
```

```

{
    delete ui;
}

```

```

void MainWindow::on_input_push_Button_clicked()
{
    QString fileName = QFileDialog::getOpenFileName(this,
        "Open Input Image",
        QDir::currentPath(),
        "Images (*.jpg *.png *.bmp)");
    if(QFile::exists(fileName))
    {
        fileNameGlobalVariable = fileName;
        ui->textInput->setText(fileName);
        ui->caulculateButton->setEnabled(true);
    }
}

```

```

void MainWindow::on_lineEdit_textChanged(const QString &arg1)
{
    minRadius = arg1.toInt();
}

```

```
void MainWindow::on_lineEdit_2_textChanged(const QString &arg1)
{
    maxRadius = arg1.toInt();
}
```

```
void MainWindow::on_lineEdit_3_textChanged(const QString &arg1)
{
    smallestCircleRadius = arg1.toInt();
}
```

```
void MainWindow::on_pushButton_clicked()
{
    close();
    destroyAllWindows();
}
```

```
void MainWindow::on_pushButton_pressed()
{
    close();
    destroyAllWindows();
}
```

```
void MainWindow::on_calculateButton_clicked()
{
```

```

intensityCircles intensity = findCirclesAndCoutIntensity( ui->textInput-
>text().toStdString());

cout <<std::fixed << intensity.circleA_1 << " " << intensity.circleA_2 << " "
<< intensity.circleA_3 << " " << intensity.circleA_4 << endl;

cout << endl;
cout << endl;

ui->label_A1->setText(QString::number(intensity.circleA_1));
ui->label_A2->setText(QString::number(intensity.circleA_2));
ui->label_A3->setText(QString::number(intensity.circleA_3));
ui->label_A4->setText(QString::number(intensity.circleA_4));
}

void MainWindow::on_textInput_textChanged(const QString &arg1)
{
    // ui->textInput->setText(arg1);
}

float countIntensity(Mat gray, int radius, Point center){
    Mat forSearch = gray.clone();
    forSearch.setTo(cv::Scalar(0, 0, 0));
    float resultValue = 0;

    vector<Point> nonZeroPixels;

```

```
circle(forSearch, center, radius, Scalar(255, 0, 0), -1, 0, 0);  
findNonZero(forSearch, nonZeroPixels);  
  
for (size_t i = 0; i < nonZeroPixels.size(); i++)  
{  
    float intensity = gray.at<uchar>(nonZeroPixels[i]);  
  
    resultValue = resultValue + intensity;  
  
}  
  
return resultValue;  
};
```

ДОДАТОК В

Список наукових праць

№ п/п	Назва	Рукописн і або друковані	Назва виробництва журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	К-сть друк. сторінок	Прізвища співавторів
1	"Control of optical clearing of biological tissue by ellipsoidal reflectors method",	Стаття	Microsystems. Electronics and Acoustics, vol.24, no.2, pp. 6 – 13, 2019.	7	М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya
2	«Комп'ютерна діагностика деформацій зводів стопи»	Стаття	Біомедична інженерія і технологія. – 2019. – №2. – С. 66-71.	5	Данілова В. А.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан приладобудівного факультету

 Григорій ТИМЧИК

« 19 » 01 2021 р.

А К Т

**про впровадження результатів магістерського дисертаційного дослідження
магістранта Нагорного Андрія Івановича**

на тему:

«Аналіз фотометричних зображень методами глибинного навчання»

Комісія у складі:

голова комісії — заст. декана з навч.-метод. роботи, к.т.н., доцент Філіппова М. В.;

члени комісії — к.т.н., доцент Безугла Н. В.

— асистент Яковенко І.О.

науковий керівник — д.т.н., професор Безуглий М. О.

цим актом засвідчує те, що результати роботи магістерської дисертації Нагорного Андрія Івановича на тему: **«Аналіз фотометричних зображень методами глибинного навчання»** — розроблену структурну схему алгоритму із використанням засобів комп'ютерного зору, створене програмне забезпечення для автоматичного вибору зон інтересу фотометричного зображення отриманого за допомогою фотометру із еліпсоїдальними рефлекторами, використані викладачами кафедри виробництва приладів приладобудівного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського для лабораторних робіт з навчальної дисциплін «Біофотоніка».

Голова комісії:

Члени комісії:

Науковий керівник



Марина ФІЛІППОВА

Наталія БЕЗУГЛА

Ірина ЯКОВЕНКО

Михайло БЕЗУГЛИЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО”



1

**Магістерська дисертація на тему
«АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ ФОТОМЕТРІЇ
ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ ЗАСОБАМИ
КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ»**

Дововідач:

Нагорний А. І. студент 6 курсу ПБ-92МН

Науковий керівник – проф., д.т.н Безуглий М.О.

Контактні дані: e-mail : andrinagor@gmail.com

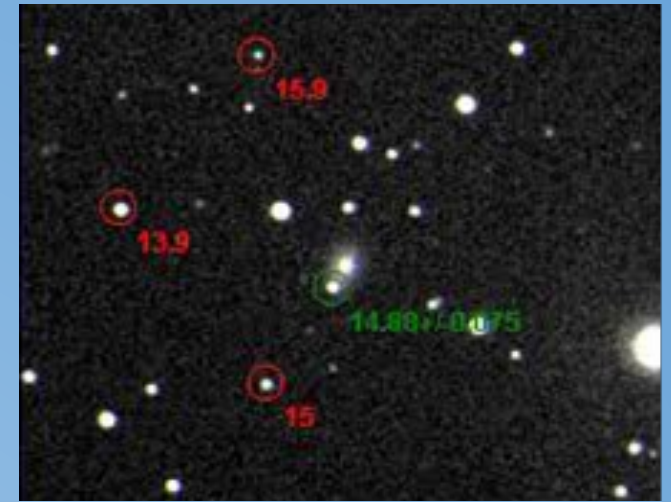
Київ 2021

- **Об'єкт дослідження** – процеси обробки та аналізу зображень отриманих за допомогою фотометру із еліпсоїдальними рефлекторами.
- **Предмет дослідження** – атоматизована система для вибору зон інтересу фотометричних зображень та обчислення значення інтенсивності, із відповідним інтерфейсом користувача.
- **Методи дослідження** – методи для визначення зон інтересу, методи отримання фотометричних зображень, методи комп'ютерного зору.

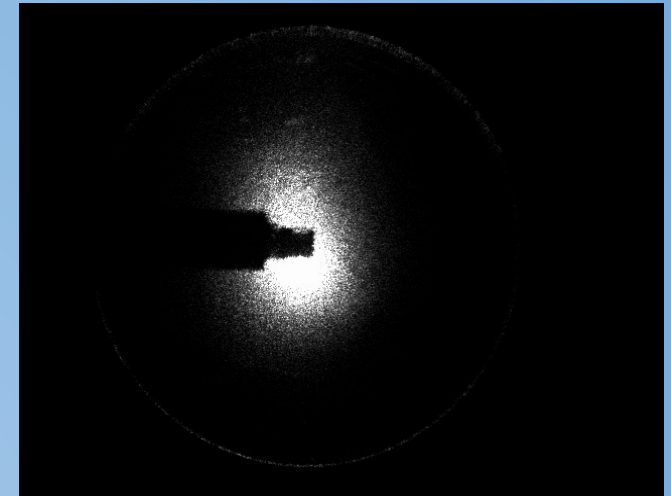
Фотометрія

Види фотометричних вимірювань:

- вимір енергетичних величин;
- вимір ефективних величин;
- вимір світлових величин;
- колориметричні вимірювання;
- спектральні методи вимірювання та прилади;
- вимірювання оптичних характеристик тіл;
- оптична пірометрія, та ін.



а)



б)

Рисунок .1

Приклад застосування фотометрії
а) – в космосі, б в медицині.

Фотометричні детектори

- Пристрій з зарядовим зв'язком
- CMOS(комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник)

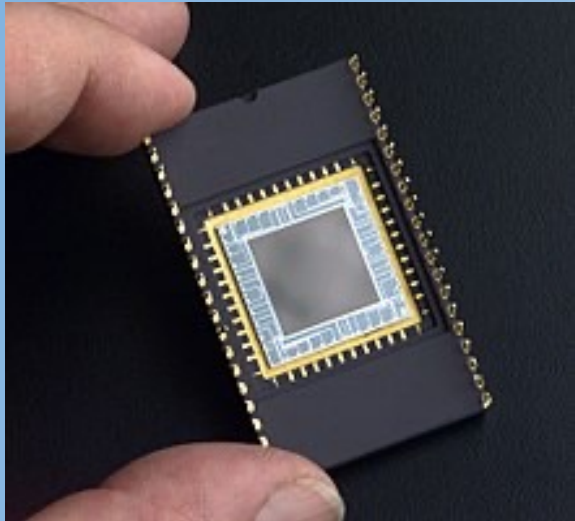


Рисунок 2. ПЗС

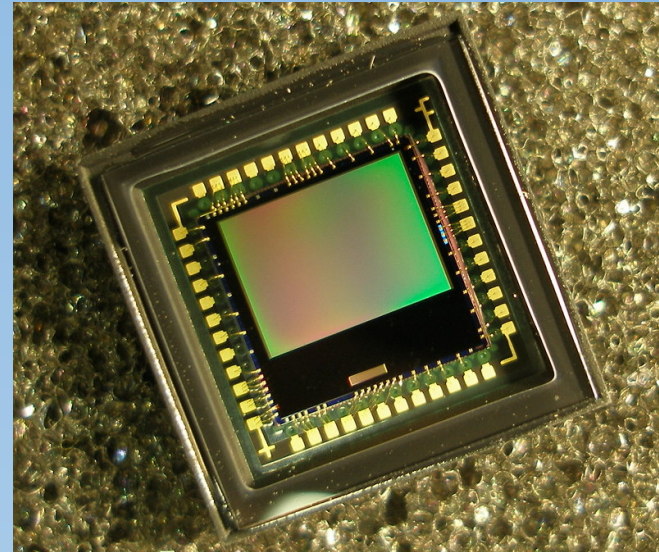
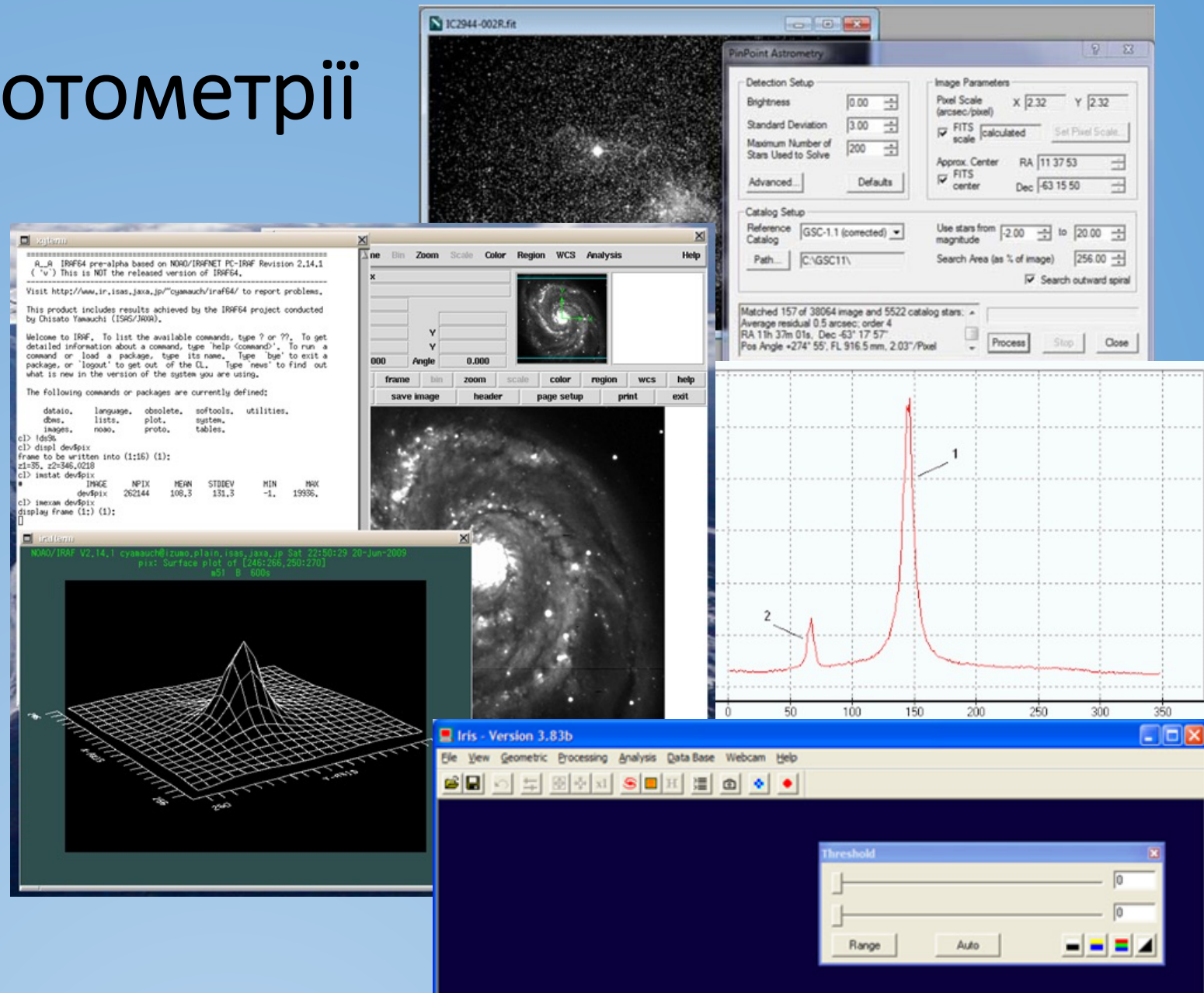


Рисунок 3. CMOS

Програми для фотометрії

- IRAF
- ASTROKIT
- IRIS



IRIS

- пропонує численні та потужні функції обробки зображень;
- оптимізований для використання зображень, отриманих від ПЗЗ-камер;
- завантажує та зберігає зображення у форматах FITS, PIC (власний формат), необробленому або BMP.

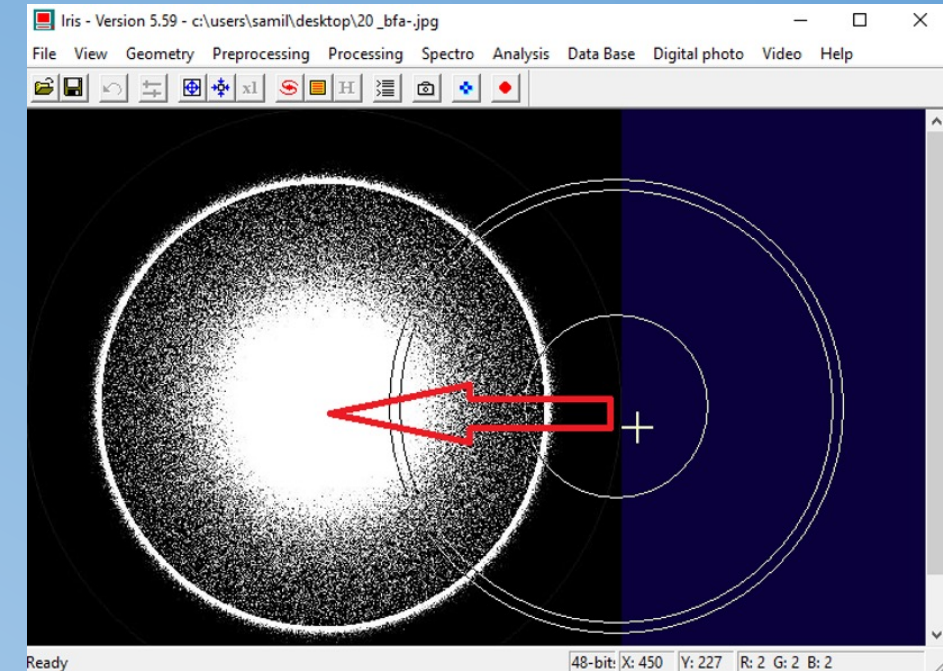


Рисунок 4. Вікно програми Iris

Методи глибинного навчання



Рисунок 5. Класифікація методів штучного інтелекту

Програмна реалізація

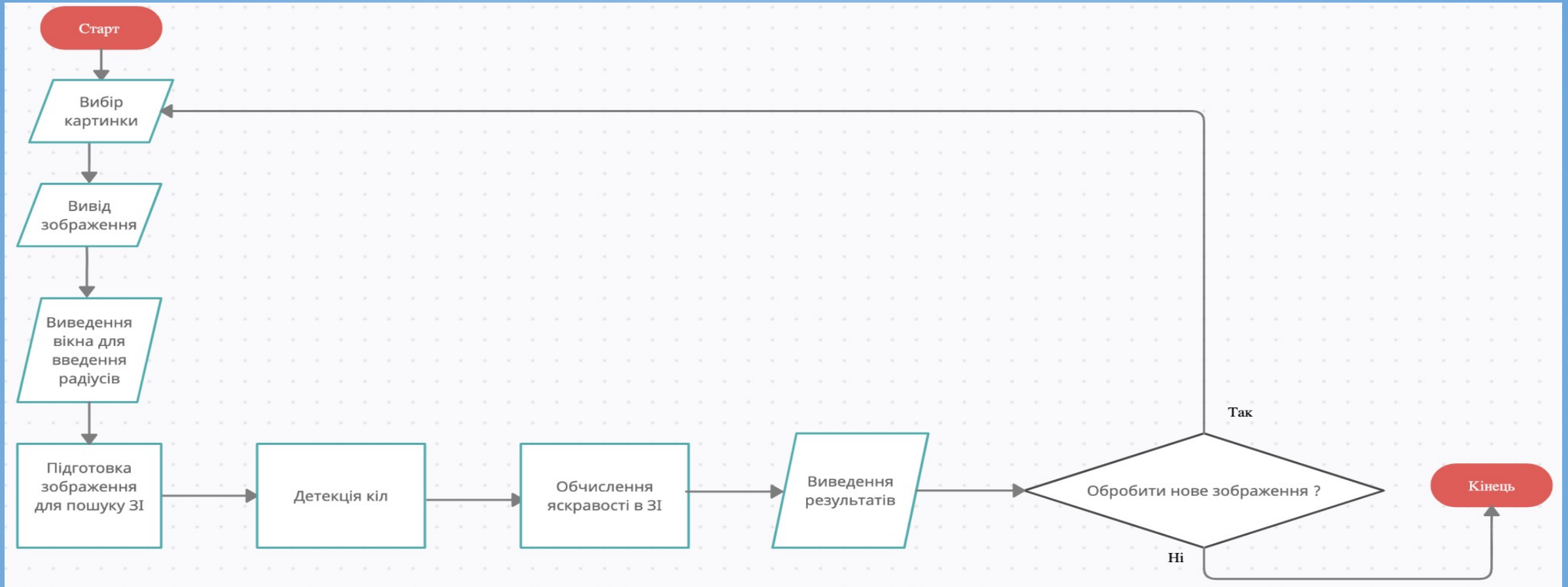


Рисунок 7. Блок схема роботи програми.

Методи отримання фотометричного зображення та їх особливості

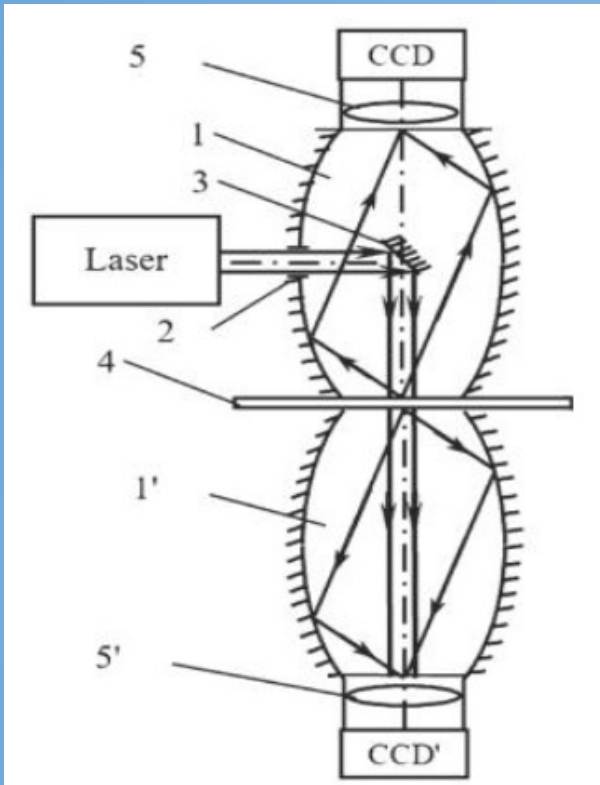


Рисунок 8. Фотометр з ЕР

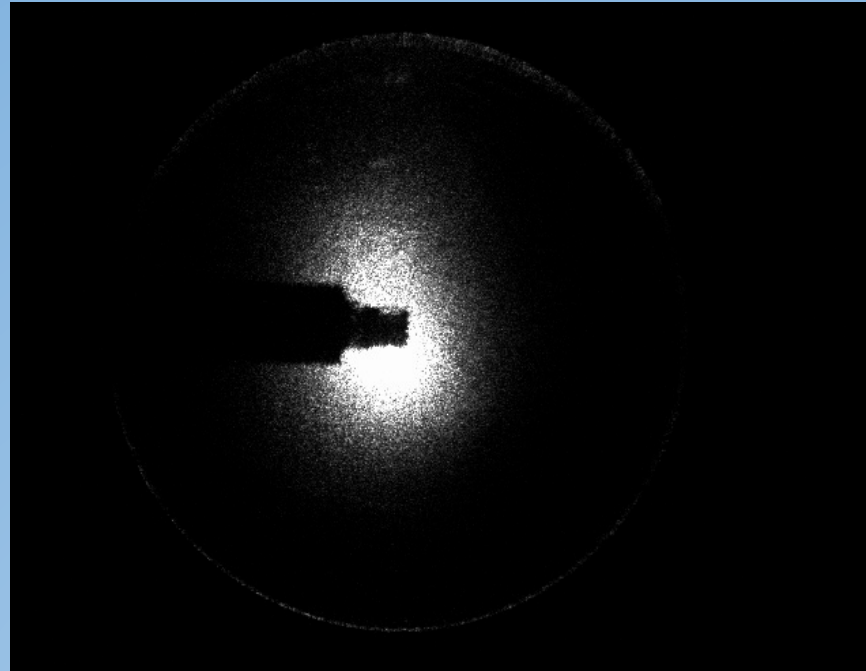


Рисунок 9. Фотометричне зображення отримане при реальному експерименті.

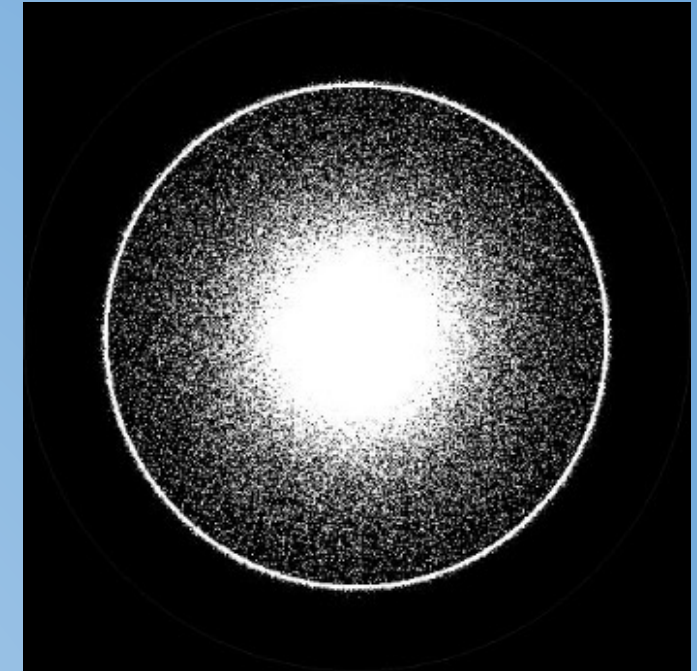


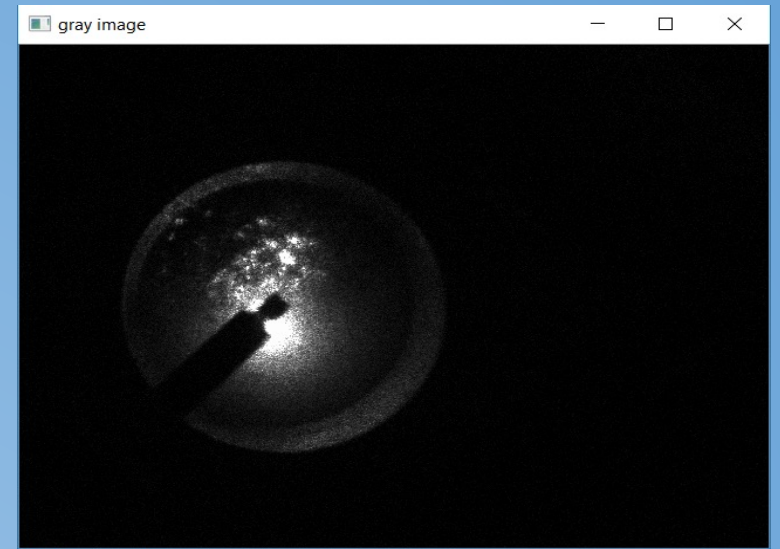
Рисунок 10. Фотометричне зображення отримане при моделюванні.

Пошук першої зони інтересу

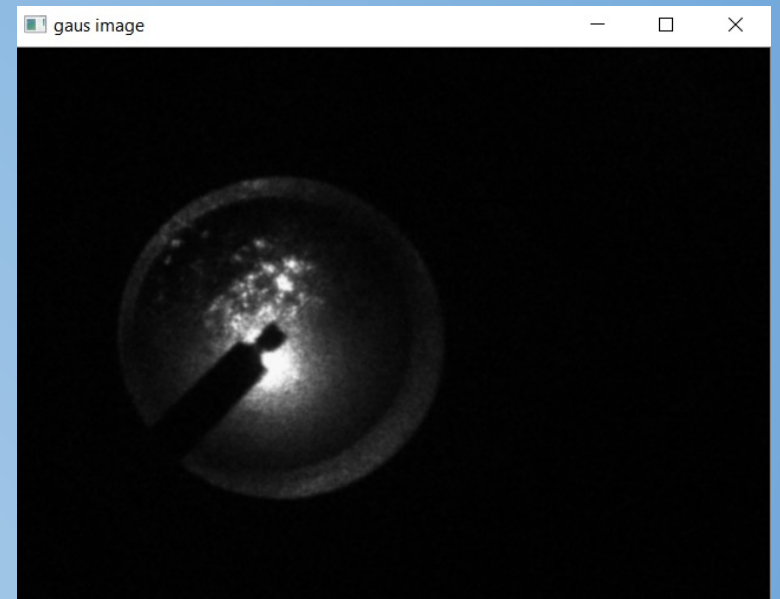
Алгоритм Кенні:

- Зменшення шуму.
- Градієнтний розрахунок.
- Немаксимальне придушення.
- Відстеження країв за допомогою гістерезису.

Рисунок 11. а – перетворення зображення у відтінки сірого. б – застосування гаусового фільтру.



а)



б)

Градiєнтний пошук та фільтрація

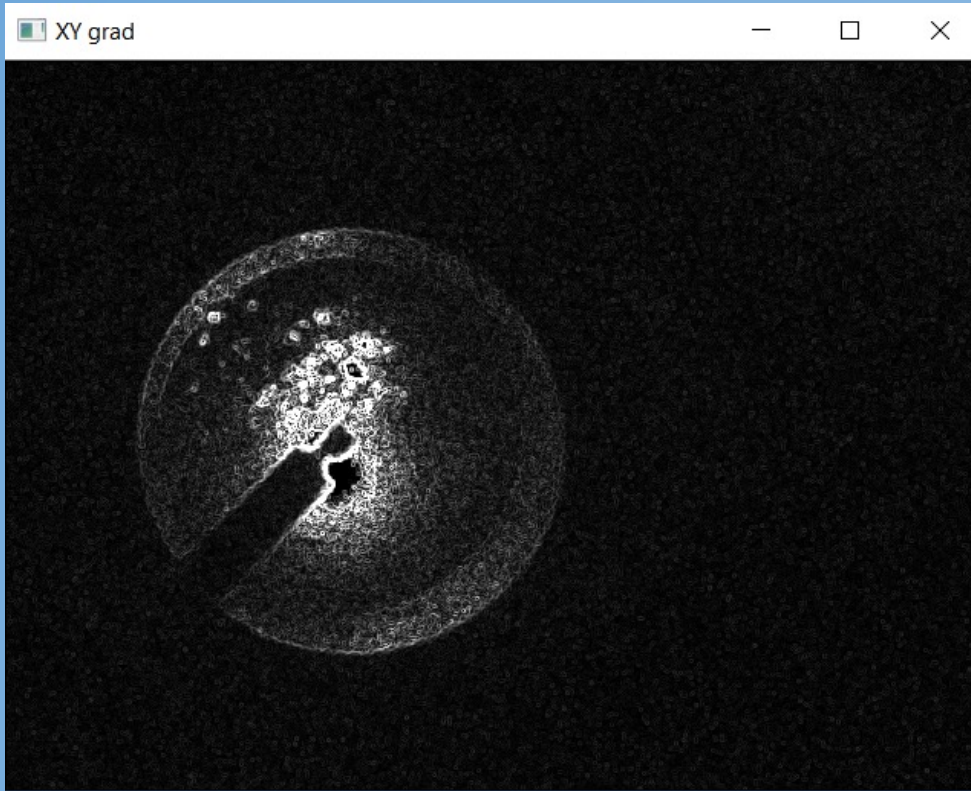


Рисунок 12. Результат градієнтного пошуку за допомогою оператора Собеля.

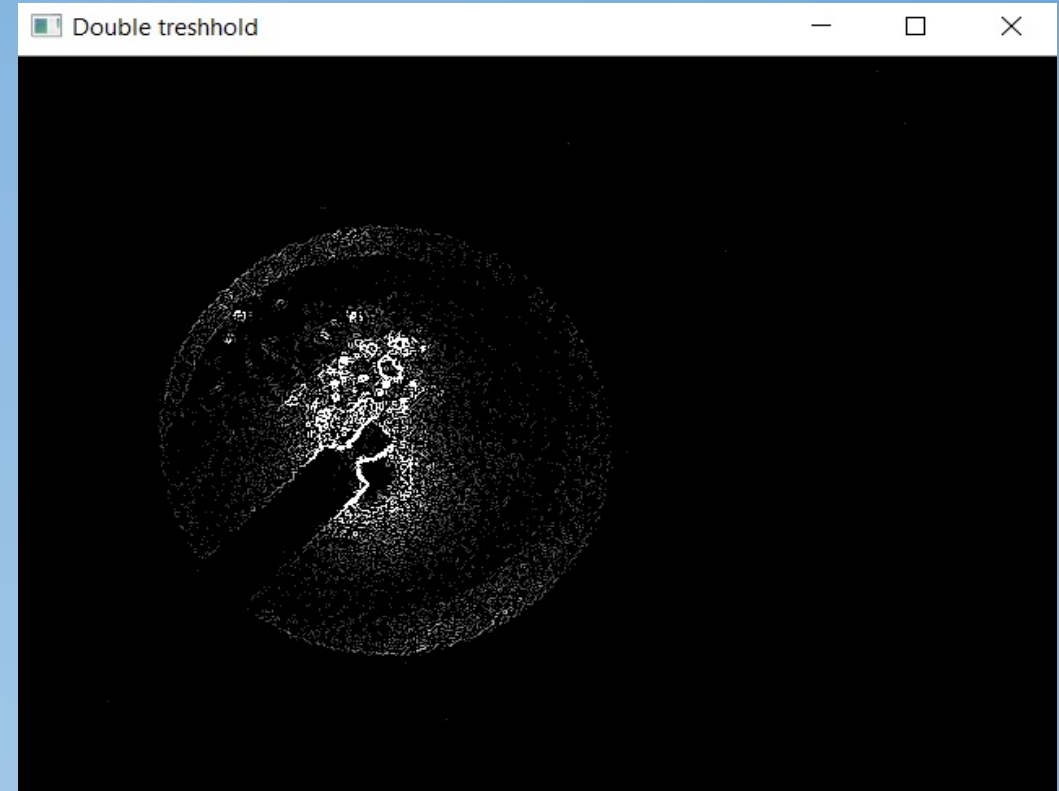
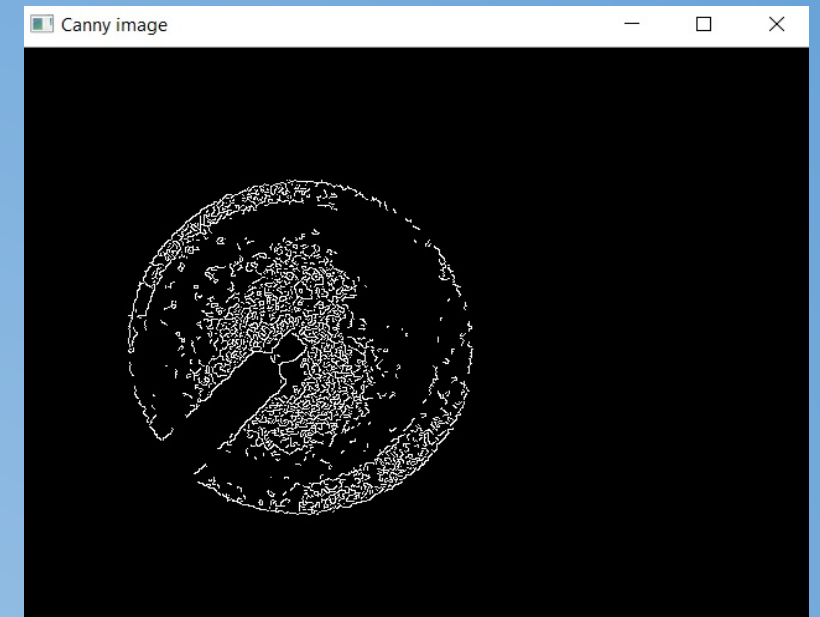


Рисунок 13. застосування немаксимального придушення та подвійного порогу.

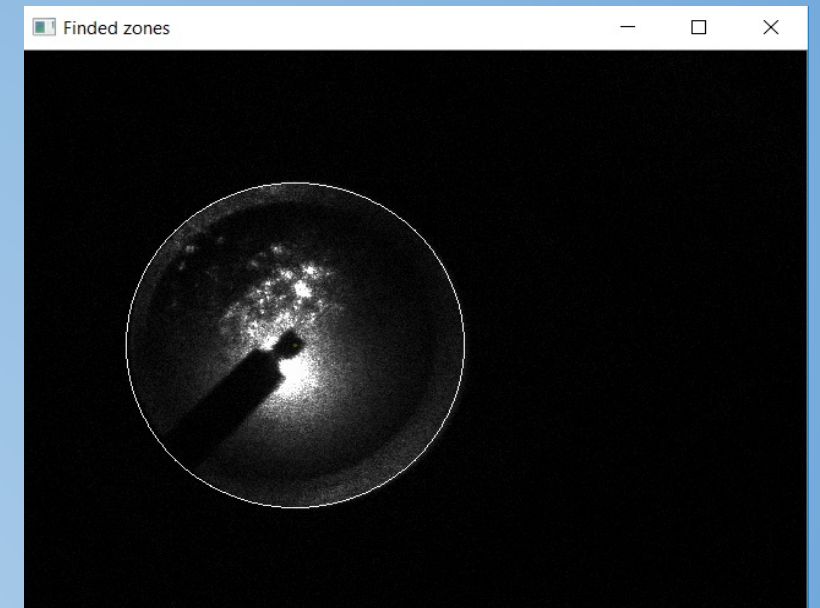
Результат пошуку країв

- Застосувавши попередні кроки знаходимо контури на фотометричному зображенні, аналізуючи які знаходиться коло яке окреслює зону інтересу.
- Наступним етапом є аналіз координат отриманих контурів, та пошук кіл.

Рисунок 14. а) Знайдені контури.
б) знайдена зона інтересу.



а)



б)

Знаходження інших зон інтересу

- Знаходження зони A2 за допомогою перепаду яскравості.
- Знаходження зони A3 за принципом найбільша яскравість при найменшій площі.
- Зона A4 константа, радіус колімованого пучка.

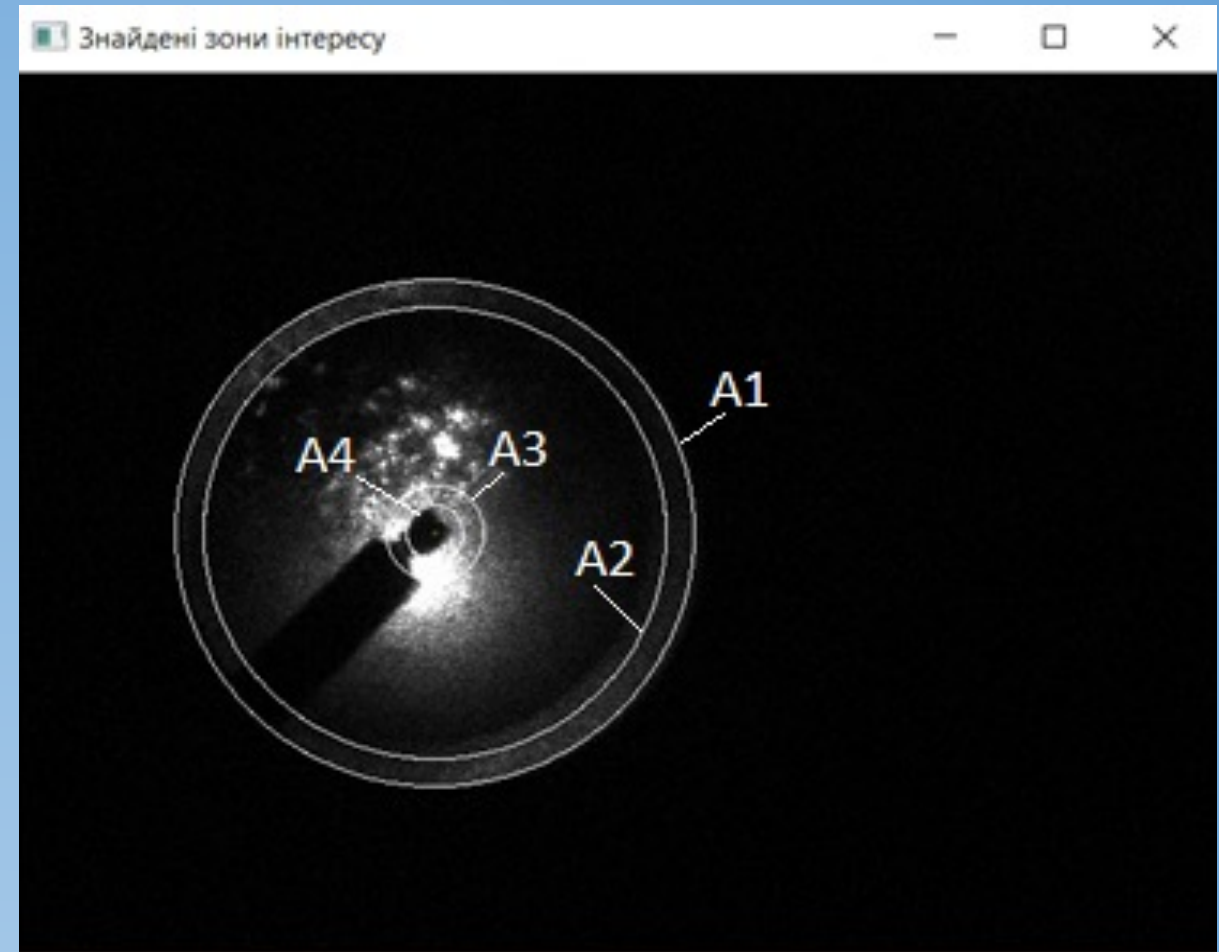


Рисунок 15. Знайдені зони інтересу.

Розробка інтерфейсу користувача

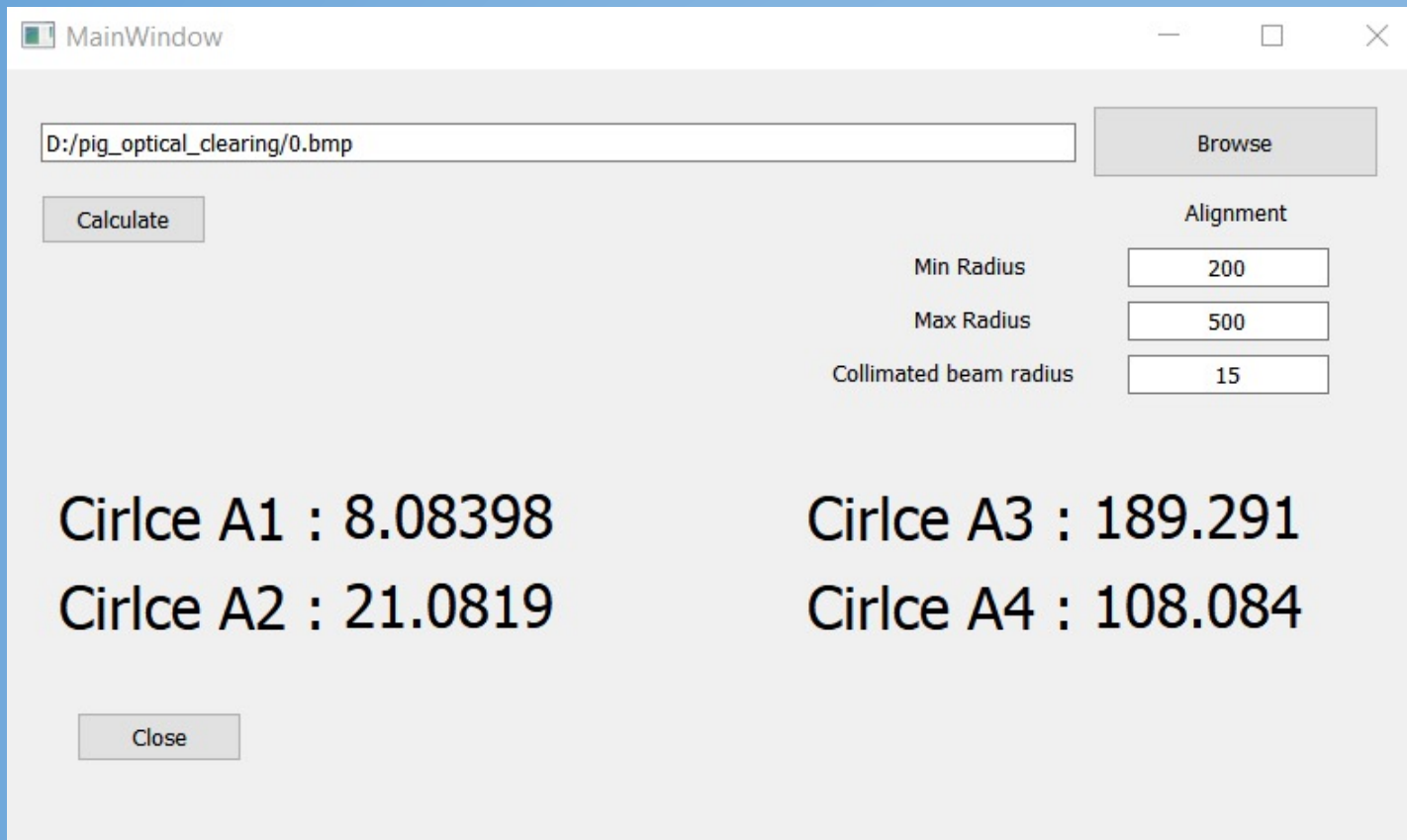


Рисунок 16. Вікно для роботи із програмою.

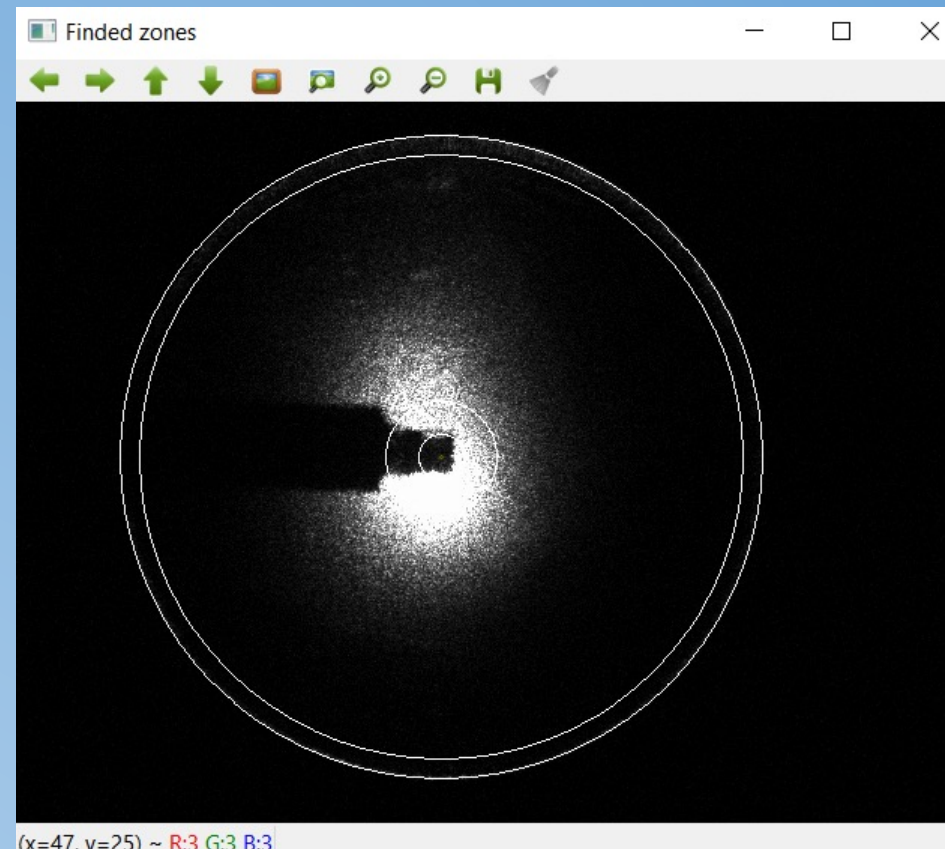
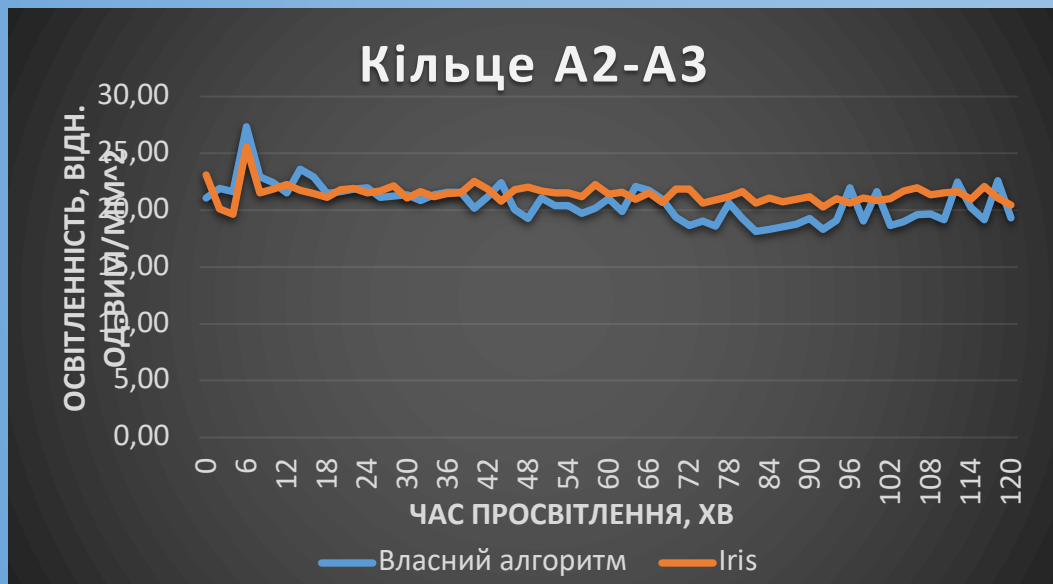
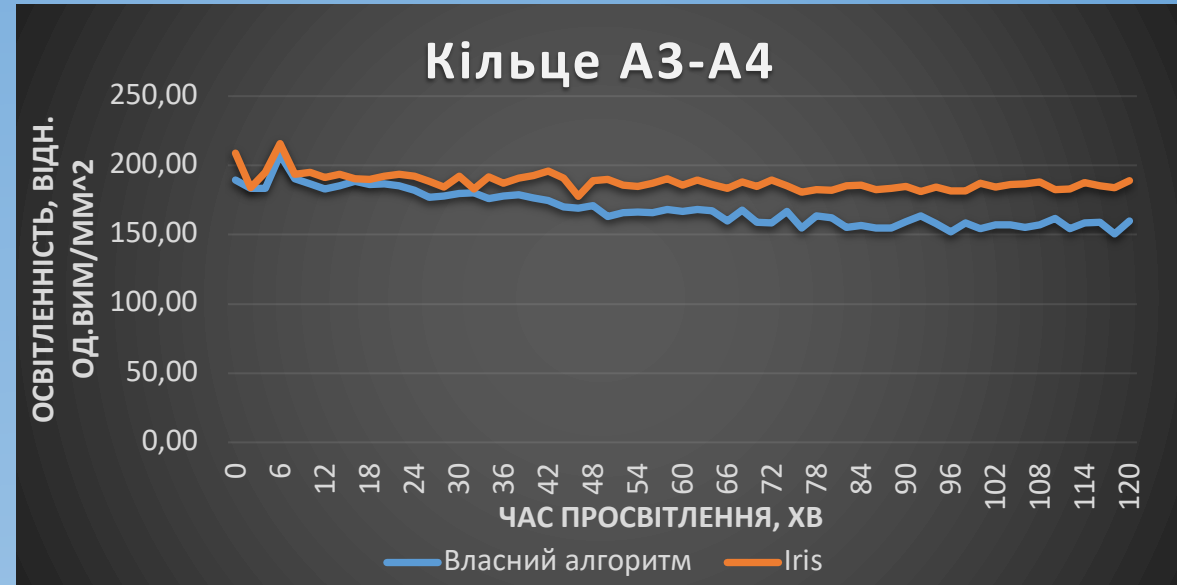
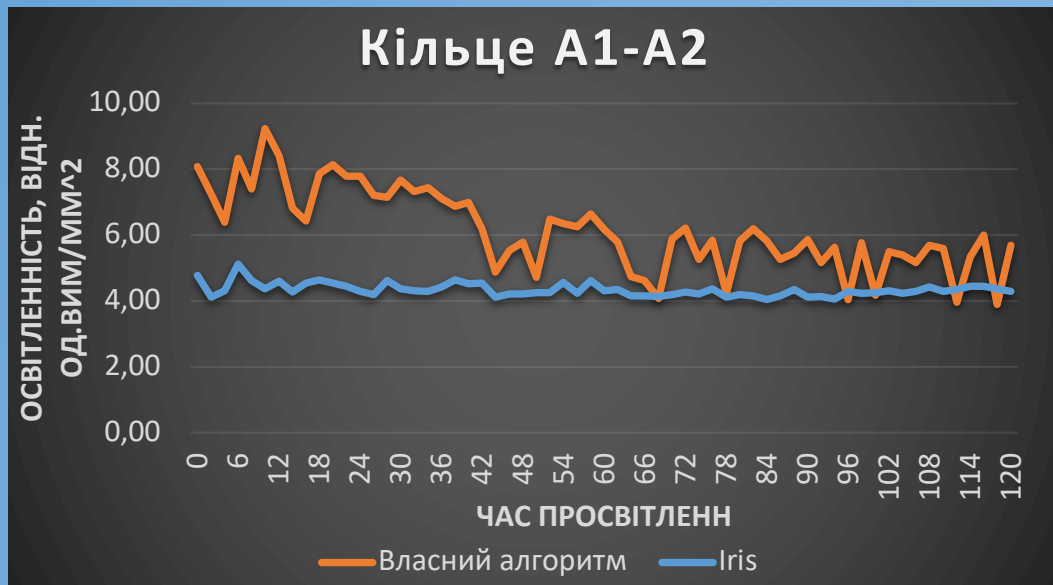


Рисунок 17. Вікно із знайденими зонами.

Апробація результатів

14



Розробка стартап-проєкту

- Було проведено аналіз та порівняння із конкурентами.
- Проведено аналіз складових для старту проєкту.
- Проаналізовано перспективи виходу на ринок.

Висновки

В процесі даної роботи було проведено огляд застосування фотометрії. Саме аналіз фотометричних характеристик використовується в космічній сфері, та медицині. Існуючі програмні рішення направлені на космічні знімки, для аналізу зображення отриманого за допомогою фотометра з ЕР можна використовувати програму Iris, при цьому важливо відзначити ручний процес аналізу. Тому для автоматизації процесу розроблено програмне забезпечення із використанням бібліотеки комп'ютерного зору openCV. А також для зручності використання створено візуальний інтерфейс.

Для апробації результатів проведено просвітлення м'язової тканини свині із використанням фотометру з ЕР. Отримані дані проаналізовано за допомогою розробленого алгоритму. Побудовані графіки дозволяють зробити висновок, що алгоритм працює вірно. Також було проведено аналіз виходу на ринок у розділі стартап-проект.

Отже в результаті виконання даної роботи було автоматизовано процес аналізу фотометричних зображень.

- M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, and **A.I. Nagornyĭ**, "Control of optical clearing of biological tissue by ellipsoidal reflectors method", *Microsystems. Electronics and Acoustics*, vol.24, no.2, pp. 6 – 13, 2019.
- Данілова В. А., Нагорний А. І. Комп'ютерна діагностика деформацій зводів стопи / // Біомедична інженерія і технологія. – 2019. – №2. – С. 66-71. – Бібліогр.: 14 назв.
- А.І. Нагорний, М.О. Безуглий, "Методика контролю ступеню просвітлення біологічних тканин фотометром з еліпсоїдальними рефлекторами", на XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан і перспективи»;
- Нагорний А.І., Безугла Н.В. Підвищення ефективності лазерного випромінювання при лікуванні м'язів за допомогою оптичного просвітлення // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ", 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.224-227 стаття

Дякую за увагу

Автор: Нагорний А. І.

Контактні дані: e-mail - andrinagor@gmail.com,
контактний телефон – 0974793944.