МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр

«Тепловізійне дослідження об'єктів енергетики»

Виконав: студент 4 курсу, групи НФ-43
Лудчак О. В.
спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма: Прикладна фізика енергетичних систем
Керівник: к.т.н. Гарячевська І. В.

Рецензент:

Харків – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп’ютерної фізики та енергетики
Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах
Рівень вищої освіти (освітньо-професійний рівень) бакалавр
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Руслан СУХОВ
підпис
“____”_____2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Лудчак Олександр Володимирович

1. Тема роботи “Тепловізіонне дослідження об’єктів енергетики” керівник роботи: Гарячевська Ірина Василівна, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від 05 грудня 2019 року № 0210-05/2249
2. Строк подання студентом роботи 06.06.2020
3. Перелік питань, які потрібно розробити:
    1) огляд літератури та обрання методу проведення тепловізійного дослідження об’єктів;
    2) розробка інтерфейсу та алгоритму роботи програмного продукту для проведення тепловізійного дослідження об’єктів;
    3) тестування програмного продукту;

4.План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Вибір теми, узгодження, а також затвердження її на кафедрі
2	Робота над літературою та іншими джерелами
3	Затвердження теми на кафедрі
4	Написання вступу до роботи та першого розділу
5	Написання другого розділу
6	Написання третього розділу
8	Завершення написання дипломної роботи (висновки та література)
9	Подача науковому керівнику
10	Відгук, рецензія, підготовка до захисту
11	Попередній захист
12	Захист

5. Дата видачі завдання

Студент _____ Олександр ЛУДЧАК
підпис

Керівник роботи _____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА
підпис

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота виконана студентом Лудчаком Олександром на тему: «Тепловізійне дослідження об’єктів енергетики».

Об’єктом дослідження дипломної роботи є процес аналізу локальної температури об’єктів енергетики у стаціонарному режимі.

Предмет дослідження: програмні засоби для тепловізійного дослідження об’єктів енергетики у стаціонарному режимі.

Мета роботи полягає в розробці програмного забезпечення для тепловізійного дослідження об’єктів енергетики.

В процесі виконання дипломної роботи була розроблена програма, за допомогою якої можливо аналізувати температуру об’єктів енергетики у стаціонарному режими.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ АНАЛІЗ, СТАЦІОНАРНИЙ РЕЖИМ, ОБ’ЕКТ ЕНЕРГЕТИКИ, ТЕМПЕРАТУРА.

ABSTRACT

Bachelor’s work was done by student Oleksandr Ludchak on the topic: «Thermal imaging inspection of energy objects».

The object of the research is the process of the local analysis of the temperature of energy objects.

The subject of the study: software for thermal imaging inspection of energy objects.

The purpose of the work is to develop a software for thermal imaging of energy objects.

During the process of completing the thesis, was developed a program with help of which it is possible to analyze the temperature of energy object in a stationary mode.

KEYWORDS: THERMAL IMAGING INSPECTION, STATIONARY MODE, ENERGY OBJECT, TEMPERATURE.

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа выполнена студентом Лудчаком Александром на тему: «Тепловизионное исследование объектов енергетики».

Объектом исследования дипломной работы является процесс анализа локальной температуры объектов енергетики в стационарном режиме.

Предмет исследования: програмные средства для тепловизионного исследования объектов енергетики в стационарном режиме.

Цель работы состоит в разработке програмного обеспечения для тепловизионного исследования объектов енергетики.

В процессе выполнения работы была разработана программа, при помощи которой, возможно анализировать температуру объектов енергетики в стационарном режиме.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ АНАЛИЗ, СТАЦИОНАРНЫЙ РЕЖИМ, ОБЪЕКТ ЕНЕРГЕТИКИ, ТЕМПЕРАТУРА.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 8
1. АНАЛІЗ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ. ІСНУЮЧІ ТЕПЛОВІЗІЙНІ СИСТЕМИ..... 9
1.1. Аналіз тепловізійного методу..... 9
1.2. Існуючі продукти..... 9
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕНЯ..... 16
2.1. Визначення об'єкта за допомогою пошуку контурів..... 16
2.2. Морфологічні замикання і розмикання..... 25
2.3. Знаходження області інтересу..... 16
3. ОПИС ПРОГРАМИ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ..... 29
3.1. Функціональне призначення..... 29
3.2. Алгоритм роботи програми для телповізійного дослідження об’єктів енергетики..... 29
3.3. Інтерфейс програми для тепловізійного дослідження об’єктів енергетики..... 30
3.4. Інструкція користувача..... 33
ВИСНОВКИ..... 36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 37

ВСТУП

Тепловізійне дослідження можна назвати універсальним засобом отримання різної інформації про навколишній світ. При виготовленні або експлуатації багатьох технічних пристроїв і виробів, протікають процеси виділення, поглинання або передачі теплової енергії. Це робить можливим застосування технічної діагностики на основі теплового (тепловізійного) методу.

Зараз тепловізори широко застосовуються в самих різних областях - від наукових досліджень і медицини до промислових підприємств і атомної енергетики. Тепловізор, як універсальний прилад, може бути використаний для вирішення актуальних завдань діагностики, моніторингу, неруйнівного контролю та енергетичних обстежень.

Метою роботи є написання програмного забезпечення для тепловізійного дослідження об’єктів енергетики.

Об’єктом дослідження дипломної роботи є процес аналізу локальної температури об’єктів енергетики у стаціонарному режимі.

Предмет дослідження - програмні засоби для тепловізійного дослідження об’єктів енергетики у стаціонарному режимі.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено комбінований метод обробки зображень, який було реалізовано в програмному продукті, що призначений для тепловізійного дослідження об’єктів енергетики. Розроблений додаток дозволяє більш якісно визначати геометричні контури об’єктів на інфрачервоному зображенні, в порівнянні з існуючими програмними продуктами.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблений продукт може використовуватись у діагностиці підземних теплотрас та трубопроводів, металургії, машинобудуванні, електроніці та електротехніці, енергетиці та інших галузях.

1. АНАЛІЗ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ. ІСНУЮЧІ ТЕПЛОВІЗІЙНІ СИСТЕМИ.

1.1. Аналіз тепловізійного методу.

Технологія контролю стану об'єктів різного виду за принципом вимірювання розподілу температури на їх поверхні сама по собі не нова. Тепловізор по праву є обов'язковим до застосування приладом для діагностичних служб, управлінь головного механіка, інженера і технолога. До причин застосування тепловізра на виробництві, слід віднести не тільки можливість визначення стану об'єкта і пошук несправностей в момент зйомки, але і контроль зміни стану з можливістю прогнозування розвитку дефектів при мінімальних трудовитратах.

У ряді випадків рекомендується застосовувати стаціонарні системи для постійного тепловізійного моніторингу обладнання, установок і технологічних процесів. При цьому виведення даних здійснюється візуально в певному кольорі, що дозволяє співвіднести температуру і певну градацію кольору в заданому діапазоні – певній температурі відповідають різні градації кольору. У той же час програмно будується тренд – графік залежності температури від часу, що дозволяє відстежувати зміну стану об'єктів в зоні контролю, фіксувати неконтрольоване зростання температури і прогнозувати її зміни. Отримані сигнали можуть використовуватися як для локальних оповіщень, так і для передачі сигналів в локальну мережу автоматизації та управління даними на підприємстві.

Описані способи збору термографічних даних можуть бути об'єднані і застосовуватися в різних комбінаціях, що в кінцевому підсумку дозволить контролювати актуальний стан всіх ділянок одноразово з виведенням даних на загальний пост моніторингу.

1.2. Існуючі продукти.

1.1.1. Аналітичне програмне забезпечення testo IRSoft

Програмне забезпечення IRSoft призначене для аналізу, обробки та архівування зображень, записаних з використанням тепловізора testo. У програмному забезпеченні є вбудована функція створення звітів для чіткого представлення даних. Можна виконувати налаштування підключеного телевізора за допомогою засобів управління вимірювальним приладом.

Переваги застосування у виробничих процесах:

1) Дистанційне управління. За допомогою програми IRSOFT, можна виконати базові налаштування тепловізора та дистанційно керувати процесом відеозйомки інфрачервоного зображення.
2) Можливість записувати відео з усіма виміряними значеннями температури. Таке відео можна зупинити на будь-якому кадрі та проаналізувати температуру в будь-якій точці зображення.
3) Функція регістратора. Забезпечує запис термограм, через задані проміжки часу.
4) Критерій запису термограм. Запис термограм можна здійснювати безпосередньо оператором вручну чи дистанційно, через задані проміжки часу, чи при досягненні заданих температур. Наприклад, якщо на термограмі температура у будь-якій з точок досягла довільно заданого нижнього чи верхнього граничного значення.

Опис інтерфейсу користувача.

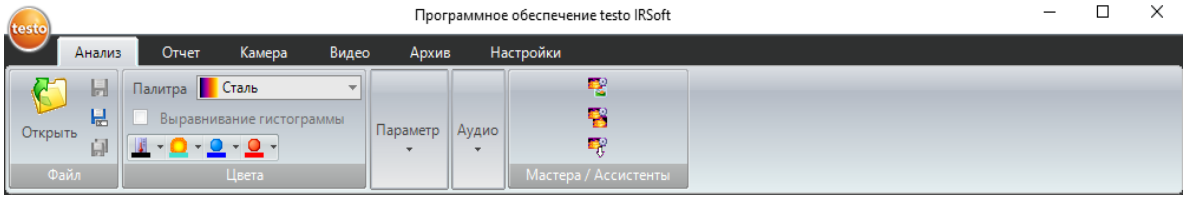


Рис. 1.1. Панель інструментів

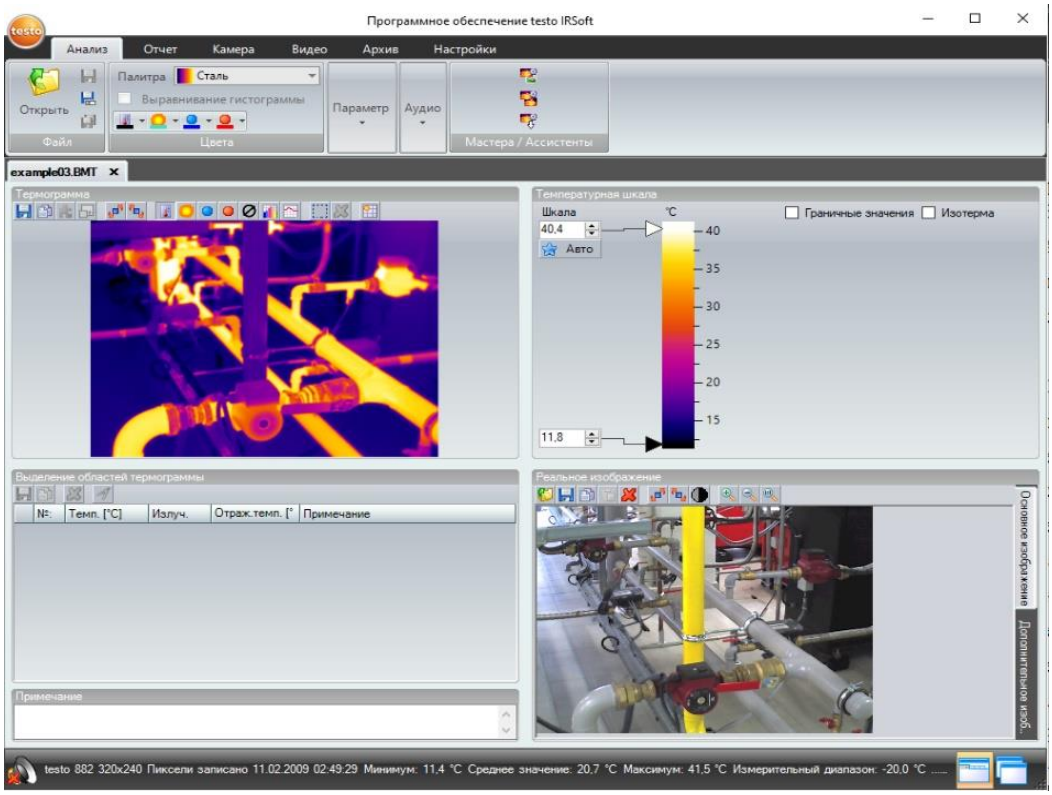


Рис. 1.2. Інтерфейс користувача

- Панель інструментів (Рис. 1.1.)
- Робоча область
- Строка стану

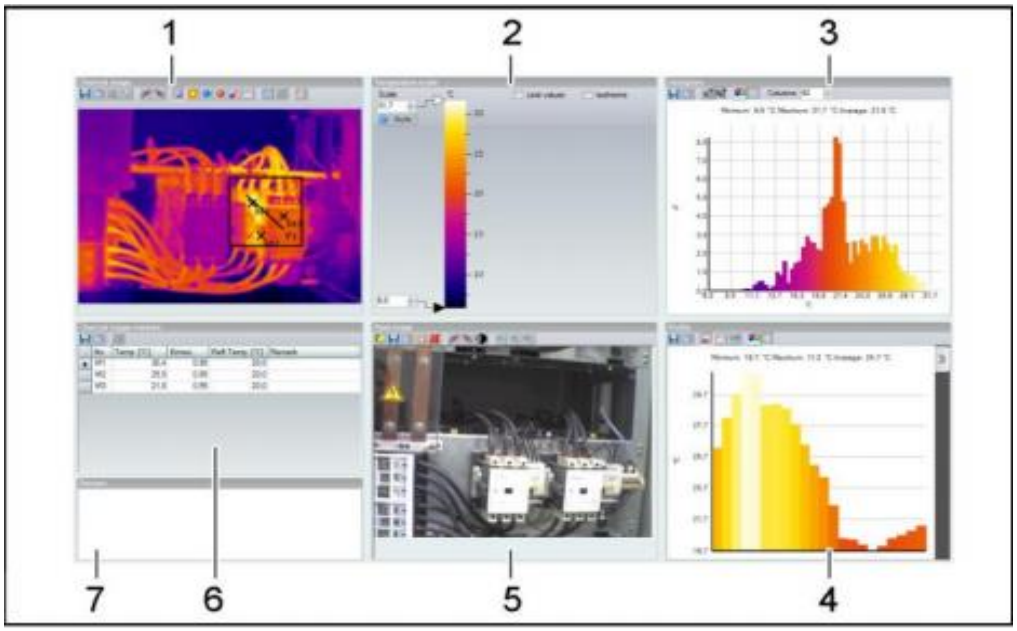


Рис. 1.3. Робоча область

Робоча область призначена для представлення відомостей та внесення правок. Відображення робочої області(Рис.1.5., Рис. 1.3.) залежить від обраного формату сторінки. Робоча область(Рис. 1.5., Рис.1.3.) розділена на наступні вікна:

1) Термограма
2) Температурна шкала
3) Гістограма
4) Температурний профіль
5) Реальне зображення
6) Виділення областей термограми (маркери)
7) Коментар

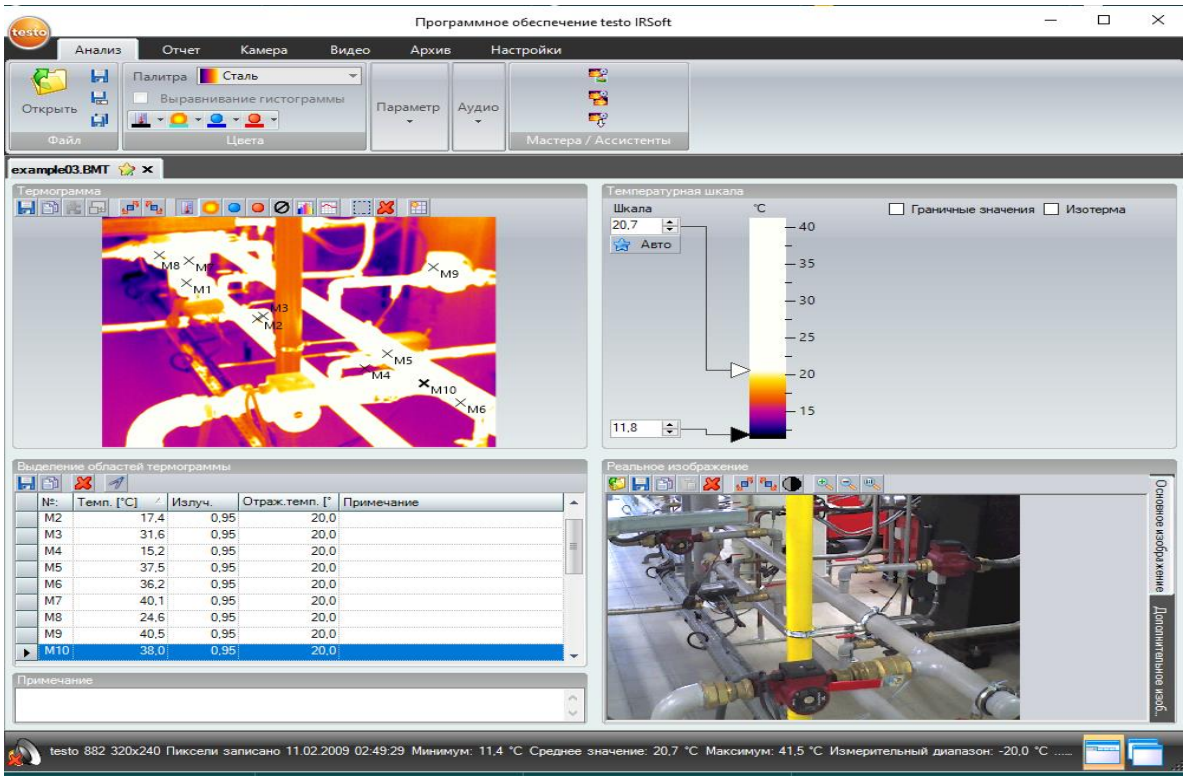


Рис. 1.4. Приклад результату роботи програми

IRSoft дозволяє виконувати всебічний аналіз термограм на копьютері(рис 1.4.). Програмне забезпечення відрізняється зрозумілою структурою і зручністю у використанні. Всі аналітичні функції супроводжуються

відповідними назвами. Інструменти-підказки надають додаткові пояснення для кожної функції, спливаючі при наведенні курсору. Повна версія програмного забезпечення для компьютера IRSoft поставляється в комплекті з усіма версіями тепловізорів Testo.

Для того, щоб візуалізувати на знімку критичні температури, можна задати межі граничних значень, також як і пікселі в певному температурному діапазоні. Крім цього, можна задати необмежену кількість точок вимірювання, визначити критичні температурні точки, і додати коментарі до проведеного аналізу.

Кілька термограм можуть бути відкриті і проаналізовані паралельно. Це дозволяє з легкістю провести порівняння. Зміна налаштувань може бути зроблена як для всієї термограми, так і для окремих її областей. Додатком є можливість перенесення правок поточного зображення на ІЧ-знімок одним натисканням кнопки миші.

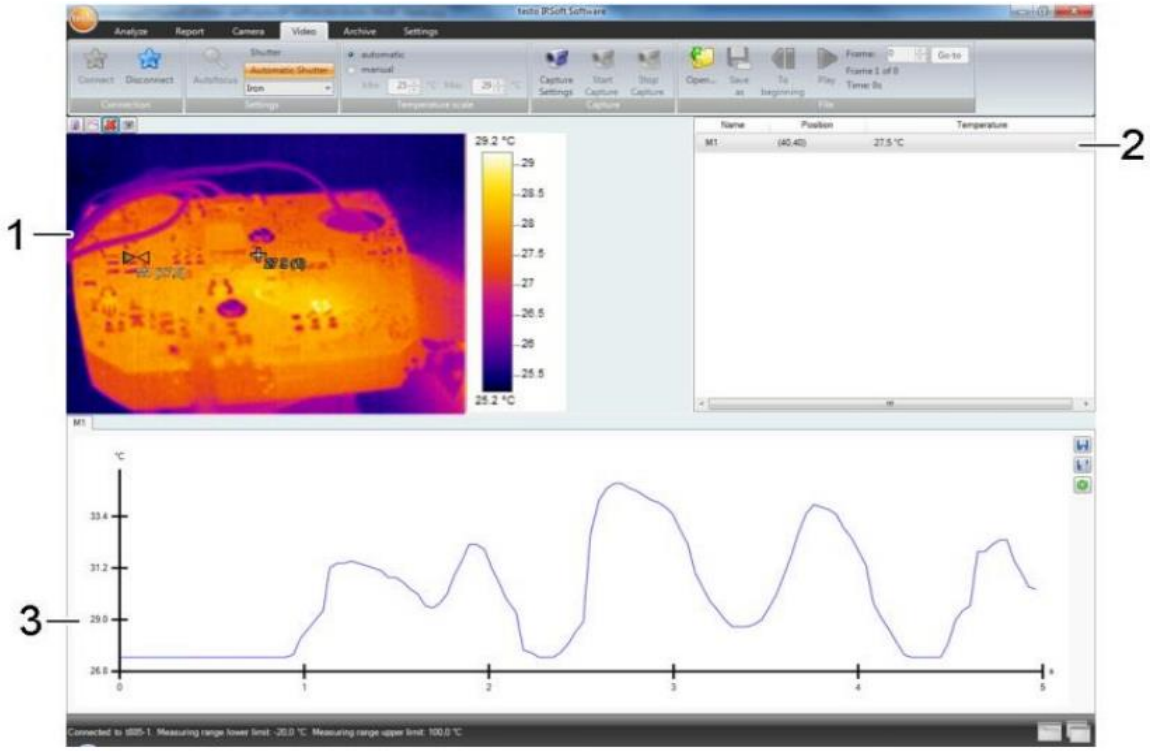


Рис. 1.5. Робоча область

За допомогою відео функції, інфрачервоне зображення з тепловізора можна транслювати і записувати безпосередньо на компьютер.

Розмір області можна регулювати, перетягуючи границі областей.

1.1.2. Програмне забезпечення Fluke SmartView

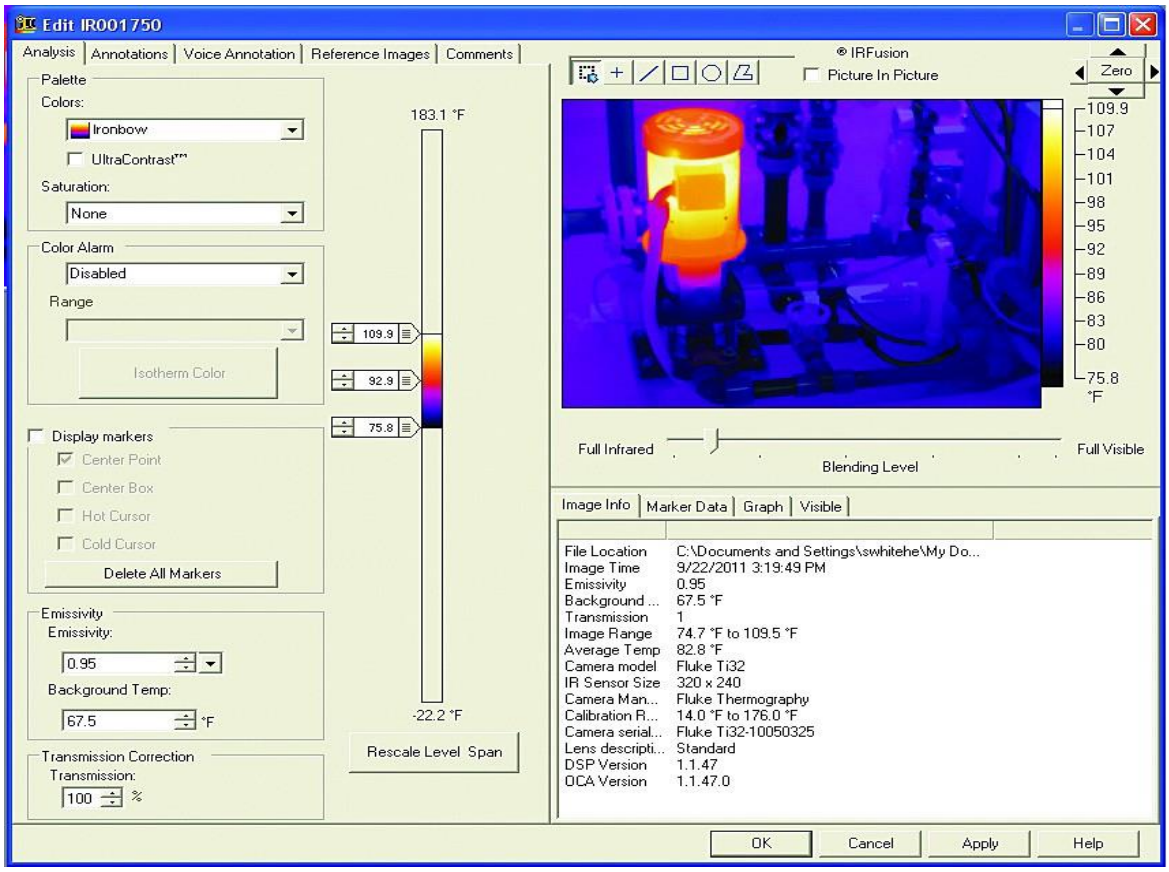


Рис. 1.6. Програмне забезпечення Fluke SmartView для аналізу інфрачервоних зображень та створення звітів

Це потужне програмне забезпечення(Рис. 1.6.) являє собою комплект інструментів для перегляду, оптимізації, анотування та аналізу отриманих ІЧ-зображень і відеороликів. Воно також дозволяє створювати професійні звіти з параметрами, які легко налаштувати виконанням простої послідовності дій. Програмним забезпеченням Fluke SmartView легко користуватися не тільки клієнтам, яким достатньо лише основних його функцій, але і просунутим користувачам, яким необхідно здійснювати детальний аналіз і складати звіти.

Програмне забезпечення Fluke SmartView входить в комплект поставки всіх інфрачервоних камер і візуальних інфрачервоних термометрів Fluke. Це потужне програмне забезпечення, яке являє собою модульний комплект інструментів для перегляду, оптимізації та аналізу інфрачервоного зображення. Воно також дозволяє створювати професійні звіти всього за кілька кроків. Програма є доступною для фахівців різних сфер діяльності, хоча за діапазоном можливостей вона не поступається сучасним програмам.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕНЯ

2.1. Визначення об'єкта за допомогою пошуку контурів

Пошук контурів позначає набір математичних методів, спрямованих на виявлення точок у цифровому зображенні, в яких яскравість зображення різко змінюється.

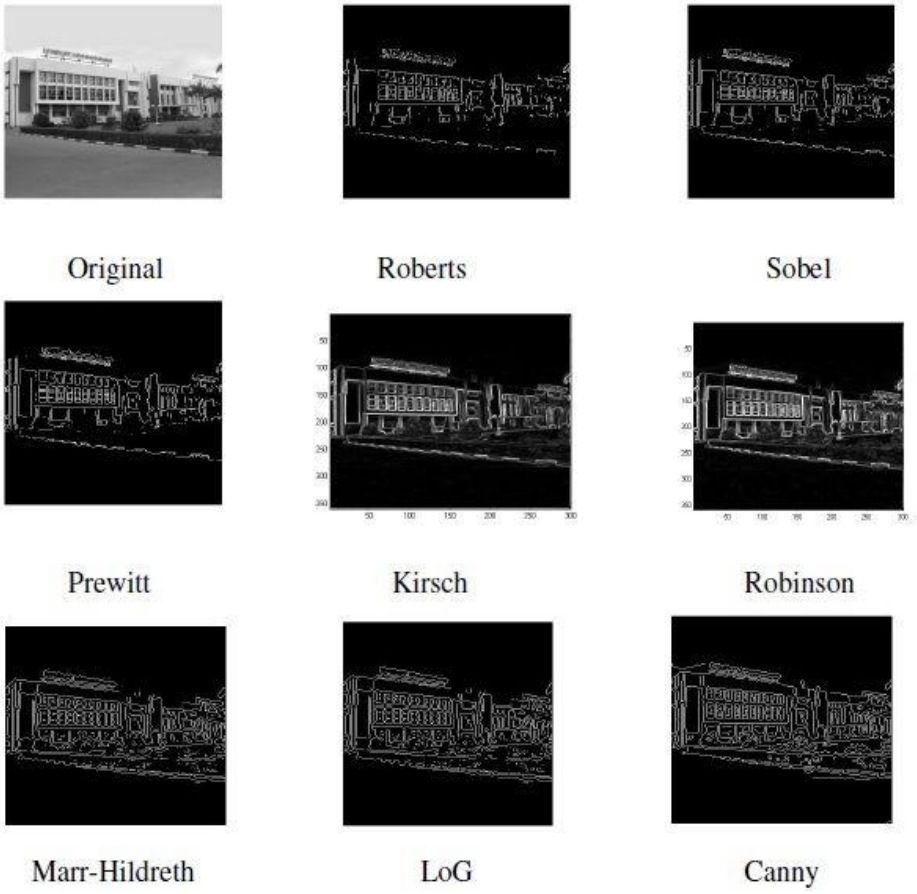


Рис. 2.1. Методи знаходження контурів

Ці точки зазвичай організовані у вигляді набору кривих ліній і називаються границями або контурами. В ідеальному випадку визначення контурів допомагає встановити форму об'єкта. Виділені контури можуть бути двох типів: незалежні і залежні від куту огляду. Незалежні контури відображають такі властивості, як колір поверхні. Залежні можуть змінюватися в різних кутах огляду і відображають геометрію сцени. Одним з відомих

методів виділення країв є оператор Собеля. Це дискретний диференціальний оператор, який обчислює наближене значення градієнта яскравості зображення. Результатом застосування оператора Собеля в кожній точці є вектор градієнта яскравості або його норма. Оператор Собеля заснований на обробку зображення невеликими фільтрами у вертикальному і горизонтальному напрямках.

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A \text{ і } G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} * A \qquad (2.1)$$

Формула (2.1) для визначення наближених похідних по горизонталі і вертикалі за допомогою матриць згортки Собеля, де G_x і G_y - значення, що містять наближені похідні, А - оригінальне зображення, а $*$ - двовимірна операція згортки.

У кожній точці зображення наближене значення величини градієнта можна знайти шляхом за допомогою отриманих наближених значень похідних у формулі:

$$G_i = \sqrt{G_{yi}^2 + G_{xi}^2} \qquad (2.2)$$

Формула (2.2) для визначення величини градієнта і-го елемента зображення, де G_i – елемент який містить величини градієнта, а G_{xi} і G_{yi} - містить наближені похідні.

Обчислення напрямку веткора градієнта:

$$\theta_i = arc\tan\left(\frac{G_{yi}}{G_{xi}}\right), \qquad (2.3)$$

де- напрямок вектора градієнта, а G_{xi} і G_{yi} - наближені похідні.

Перевагою даного оператора є його зручність. Але обчислювана їм апроксимація градієнта дуже сувора. Проблема полягає в тому, що оператор Собеля використовує лише поблизу кожного пікселя. Також оператор Собеля дуже чутливий до шуму на зображенні. Отже, він являє собою приблизне наближення градієнта, але він підходить для практичного застосування в багатьох завданнях.

Крім оператора Собеля, можуть використовуватися і інші матричні детектори кордонів, такі як оператор Прюітта, оператор Шарра і перехресний оператор Робертса. Ці методи схожі з оператором Собеля, але використовують інші матриці згортки.

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A \text{ і } G_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * A \qquad (2.4)$$

Формула (2.4) для визначення наближених похідних по горизонталі і вертикалі за допомогою матриць згортки Прюітта, де G_x і G_y - наближені похідні, А - оригінальне зображення, а $*$ - двовимірна операція згортки.

$$G_x = \begin{bmatrix} -3 & 0 & 3 \\ -10 & 0 & 10 \\ -3 & 0 & 3 \end{bmatrix} * A \text{ і } G_y = \begin{bmatrix} -3 & -10 & -3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 3 & 10 & 3 \end{bmatrix} * A \qquad (2.5)$$

Формула (2.5) пошуку значень по горизонталі і вертикалі за допомогою матриць згортки Шарра, де G_x і G_y - наближені похідні, A - оригінальне зображення, а $*$ - двовимірна операція згортки

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} A \text{ і } G_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} * A \qquad (2.6)$$

Формула (2.6) пошуку значень по горизонталі і вертикалі за допомогою матриць згортки Робертса, де G_x і G_y - наближені похідні, A - оригінальне зображення, а $*$ - двовимірна операція згортки.

Більш якісним і точним методом є детектор Канні. У 1986 році Джон Канні розробив детектор кордонів, оптимальний для трьох критеріїв: точність, правильна локалізація і мінімізація похибок.

Використаний в даній роботі метод виділення контурів зображень об'єктів, заснований на послідовному застосуванні детектора Канні, а також виконанні ряду морфологічних операцій обробки зображень, і названий нами комбінованим методом. Суть комбінованого методу ілюструється схемою (Рис. 2.2).

Застосування алгоритму Канні в базовому варіанті не завжди може давати ті результати, які потрібні для вирішення поставленого завдання. Алгоритм є універсальним для знаходження кордонів, а універсальність, як правило, збалансована складністю обчислень або реалізації. Одним з істотних недоліків алгоритму Канні є необхідність Використання детектора практично для кожного зображення індивідуально. Це вимагає часу, тому на етапі попередньої обробки зображення за результатами оцінки гістограми необхідно визначити порогові значення коефіцієнтів, які будуть використані при подальшій обробці. Визначення порогових значень може залежати від багатьох факторів: яскравість картинки, кількість пікселів однієї яскравості, розподіл об'єктів по зображенню, а розмір самого зображення.



Рис 2.2. Схема алгоритму контурної сегментації комбінованим методом

Алгоритм Канні (Рис. 2.3.).

1) Перетворення зображення в відтінки сірого. Значення інтенсивності пікселів знаходяться в діапазоні від 0 до 255 (Рис. 2.4.).
2) Розмиття по Гаусу на зображенні. Розмиття видаляє частину шуму перед подальшою обробкою зображення (Рис.2.5.).
3) Визначення градієнтів інтенсивності (Рис. 2.4.). Також обчислення спрямованих градієнтів (Рис. 2.3., Рис. 2.5.).
4) Оптимізація відображення контурів шляхом знаходження пікселя з максимальним значенням (Рис. 2.6.,Рис. 2.8).



Рис. 2.3. Приклад роботи метода Канні

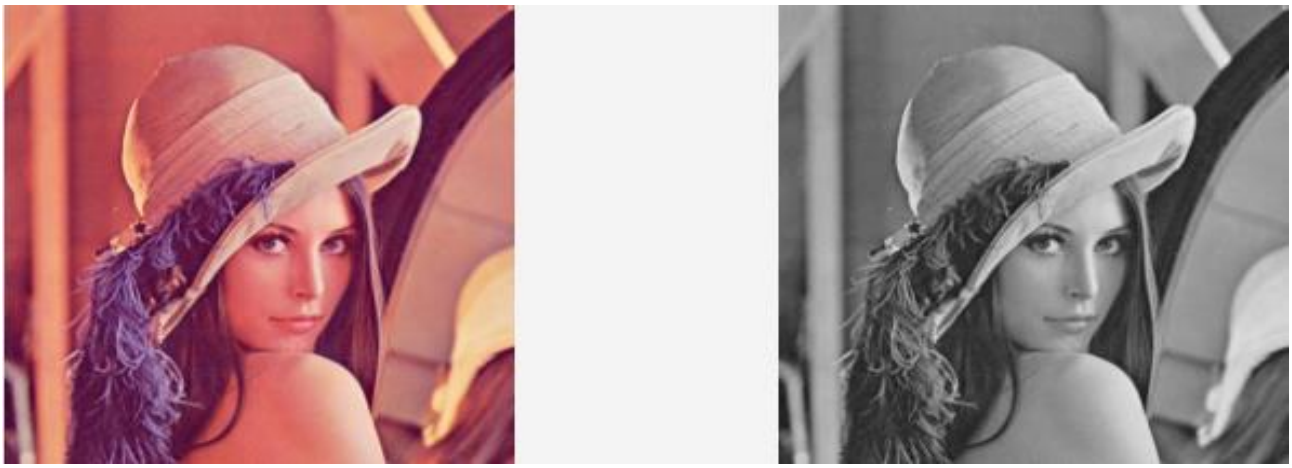


Рис 2.4. Перетворення зображення у відтінки сірого



Рис. 2.5. Розмиття зображення по Гаусу

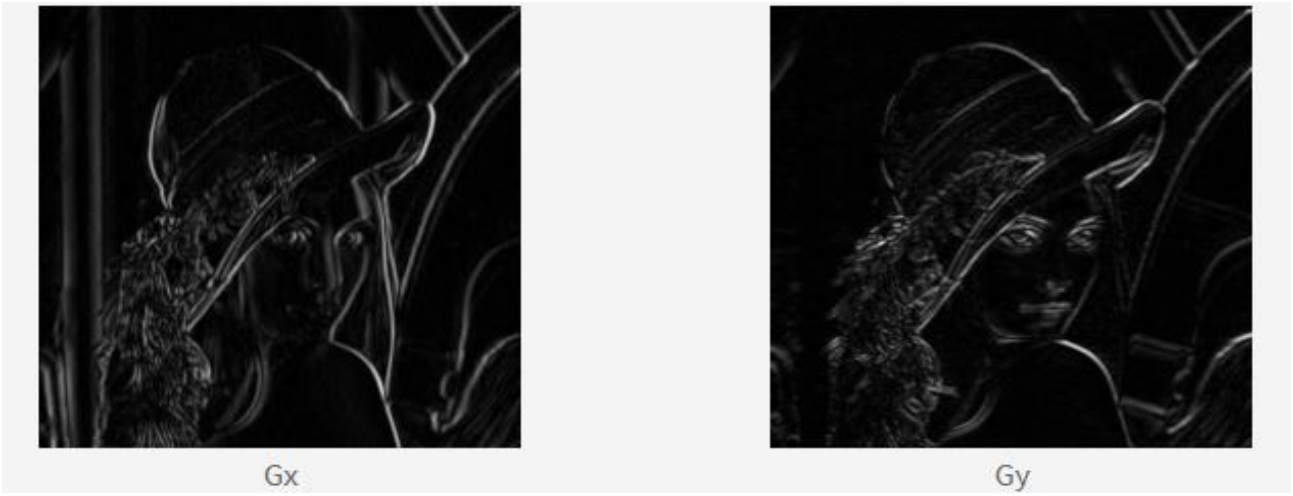


Рис. 2.6. Визначення градієнтів інтенсивності

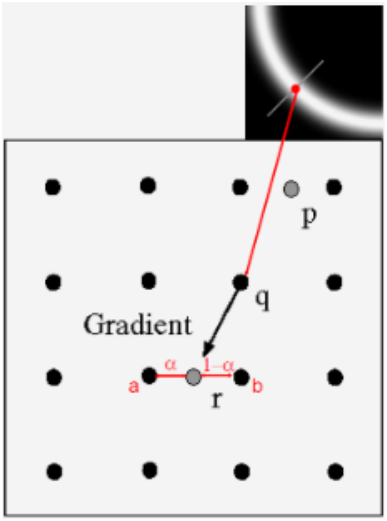


Рис. 2.7. Діаграма інтерполяції

На наведеному вище зображенні це відбувається, коли піксель q має інтенсивність, яка більше, ніж p і r, де пікселі p і r-це пікселі в напрямку градієнта q, за умовою, що ця умова істинна, то піксель зберігається, в іншому випадку піксель дорівнює нулю (відображення у чорному кольорі).



Рис. 2.8. Застосування інтерполяції

5) Подвійний пороговий рівень. Можна помітити, що результат не ідеальний, деякі ребра можуть насправді не бути ребрами, і в зображенні

є деякий шум. Це залежить від Double ThreshHolding, як встановлює два пороги: високий і низький. У цьому алгоритмі можна нормалізувати всі значення так, що вони будуть знаходитися тільки в діапазоні від 0 до 1.



Рис. 2.9. Подвійний пороговий рівень

6) Потрібно визначити реальні контури. Для цього використовується алгоритм відстеження контурів. Зайві контури, які не з'єднані з потрібними, будуть видалені.



Рис. 2.10. Відстеження контурів

2.2. Морфологічні замикання і розмикання

Замикання є важливим оператором з області математичної морфології. Як і оператор відкриття, воно може бути отримано з фундаментальних операцій ерозії і дилатації. Як і ці оператори, вони зазвичай застосовується до бінарних зображен. Замикання в певному сенсі схоже на дилатацію, оскільки воно має тенденцію збільшувати межі областей (яскравих) на зображенні (і зменшувати колірні отвори фону в таких областях), але воно більш спрямовано для вихідної форми контуру. Як і у випадку з іншими морфологічними операторами, точна операція визначається структурним елементом. Користь полягає в збереженні фонових областей, які мають подібну форму з цим елементом, або які можуть повністю містити елемент, усуваючи при цьому всі інші області фонових пікселів. Одне з застосувань дилатації полягає в заповненні невеликих кольорових отворів фону в зображеннях, наприклад "перцевий шум". Однак одна з проблем, полягає в тому, що розширення також буде спотворювати всі області пікселів водночас. Виконуючи ерозію на зображенні після дилатації, ми зменшуємо частину цього ефекту. Ефект закриття можна досить легко візуалізувати. Можно уявити елемент переміщений за межі кожної області, не змінюючи його орієнтації. Ця властивість відома як ідемпотентність. Ефект закриття на бінарному зображенні з використанням квадратного елемента розміром 3x3 показаний на Рис. 2.11. Розмикання та замикання - це два важливих оператора з математичної морфології. Вони обидва є похідними від фундаментальних операцій ерозії та дилатації. Вони зазвичай застосовуються до бінарних зображень.

Основний ефект відкриття дещо схожий на ерозію в тому, що він видаляє деякі (яскраві) пікселі з контурів областей. Як і у випадку з іншими морфологічними операторами, операція визначається структурним елементом. Користь полягає в збереженні областей, які мають подібну форму з цим

структурним елементом, або які можуть повністю містити структурний елемент, усуваючи при цьому все зайве.

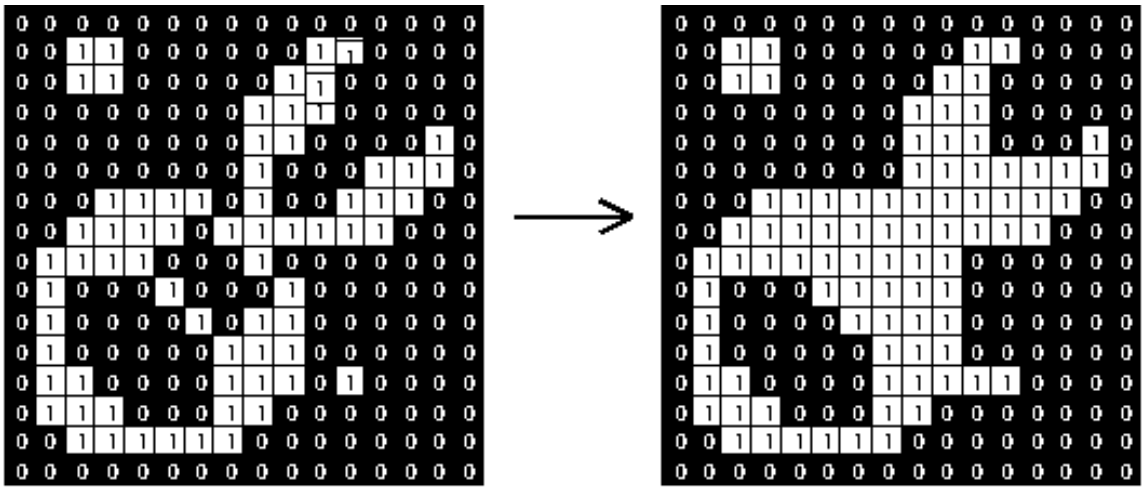


Рис 2.11. Ефект замикання з використанням квадратного елемента розміром 3 x 3

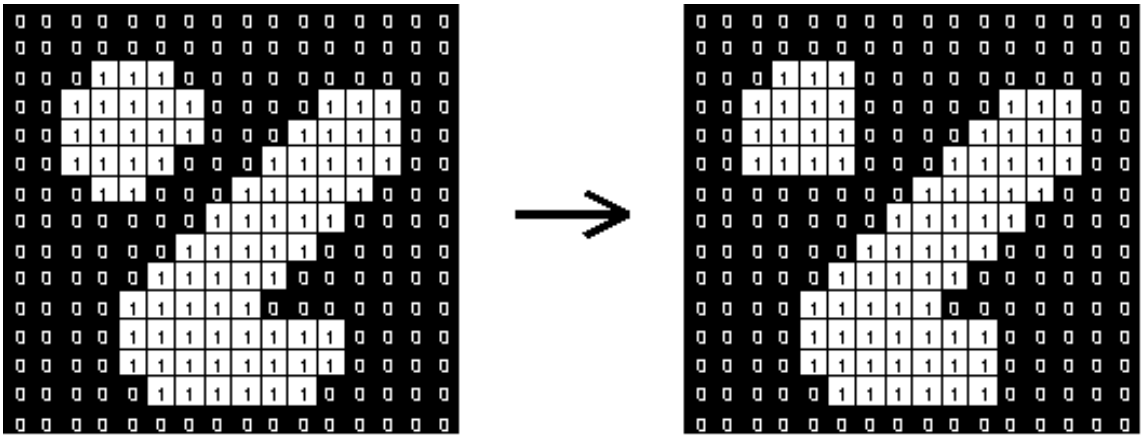


Рис 2.12. Ефект відкриття з використанням квадратного елемента розміром 3 x 3

2.3 Знаходження області інтересу

Об'єднання областей інтересу (Рис. 2.13.) - це шар нейронної мережі, який використовується для виявлення об'єктів. Вперше він був запропонований Россом Гіршиком у квітні 2015 року і дозволяє значно прискорити як навчання, так і тестування. Він також підтримує високу точність виявлення.

Шар приймає два входи:

1) Карта об'єктів фіксованого розміру.

2) Матриця N x 5 являє собою список регіонів інтересу, де N-число ROI. Перший стовпець представляє Індекс зображення, а інші чотири-координати верхнього лівого і нижнього правого кутів області.

Для кожної області інтересу з вхідного списку метод бере відповідну їй ділянку карти вхідних об'єктів і масштабує його до деякого заздалегідь заданого розміру (наприклад, 7x7). Масштабування здійснюється за допомогою:

1) Розподілу регіонів на рівні за розміром секції (кількість яких збігається з розміром вихідних даних)

2) Пошуку найбільшого значення в кожному розділі

3) Копіювання цих максимальних значень у вихідний буфер

В результаті зі списку прямокутників з різними розмірами ми можемо швидко отримати список відповідних карт об'єктів з фіксованим розміром. Треба звернути увагу, що розмір вихідних даних пулу ROI фактично не залежить ні від розміру вхідної карти об'єктів, ні від розміру регіону. Це визначається виключно кількістю розділів, на які ділиться регіон. Великою перевагою є швидкість обробки даних. Якщо на кадрі є кілька об'єктів, все одно можливо використовувати одну і ту ж вхідну карту об'єктів для всіх них. Оскільки обчислення згортки на ранніх стадіях обробки вимагає ресурсів, такий підхід може заощадити багато часу.

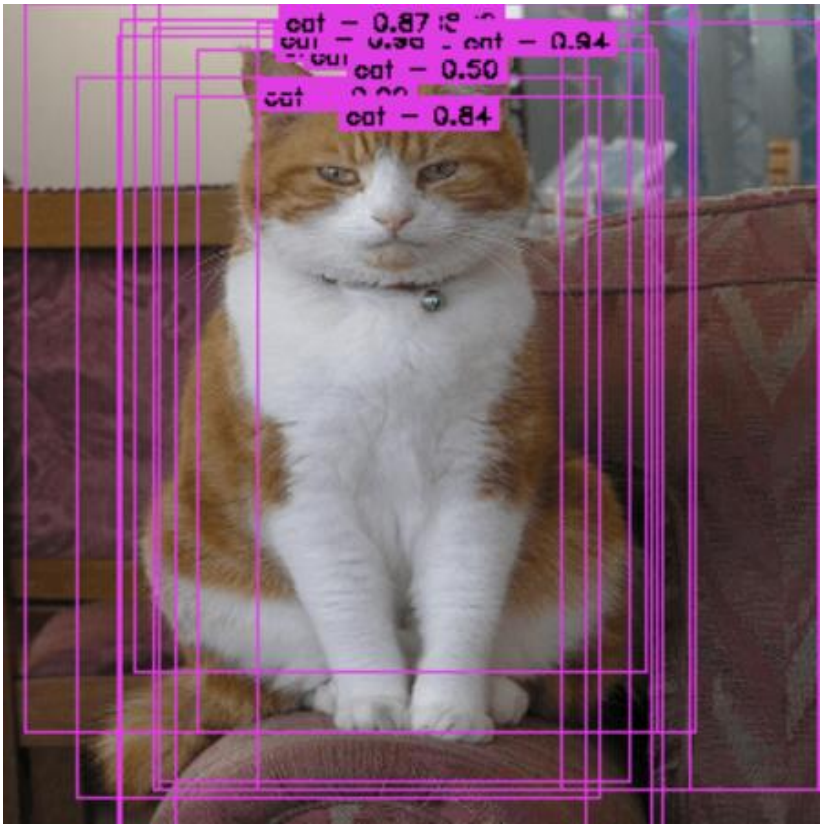


Рис. 2.13. Використання пошуку областей інтересу а)

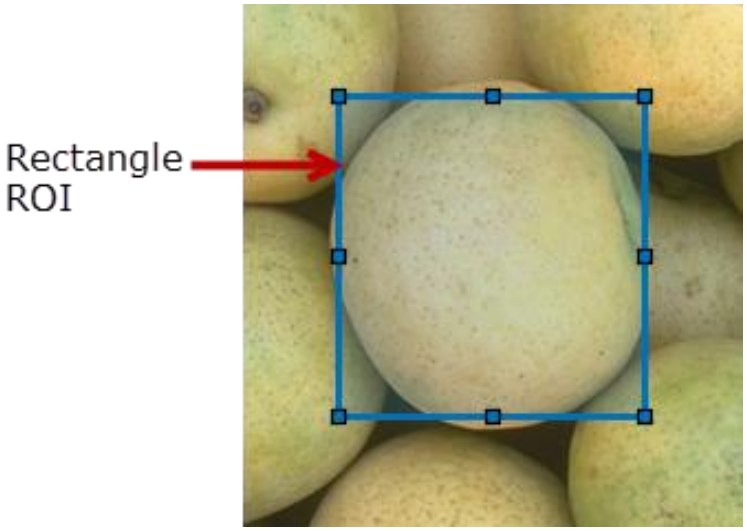


Рис. 2.14. Використання пошуку областей інтересу б)

3. ОПИС ПРОГРАМИ ДЛЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

3.1. Функціональне призначення

В даній дипломній роботі розроблено програмне забезпечення для тепловізійного дослідження об'єктів енергетики. Розроблений додаток дозволяє зчитувати температуру об'єктів за допомогою тепловізійних камер, виконувати сегментацію зображень та задавати максимальну температуру кожного об'єкта на зображенні. На підставі отриманої інформації, програма виконує температурний аналіз об'єктів на інфрачервоному зображенні, та у разі їх перегріву сповіщає користувача про це.

3.2. Алгоритм роботи програми для телповізійного дослідження об'єктів енергетики

Програма складається з наступних модулів:

- Модуль ініціалізація форми та глобальних змінних.
- Модуль знаходження об'єктів енергетики.
- Модуль обробки натиску на обёэкти.
- Модуль отримання зображення з камери.
- Модуль запуску.
- Модуль повторного запуску знаходження об'єктів.
- Модуль виділення об'єктів при натиску на строку в Listbox.
- Модуль задання максимальної температури об'єкта.
- Модуль задання області інтересу.
- Модуль формування списку доступних камер.
- Модуль вибору камери зі списку доступних камер.
- Модуль запуску запису з камери.
- Модуль зупинка запису з камери



Рис. 3.1. Схема роботи програми

На рис. 3.2. зображено нтерфейс програми для тепловізійного дослідження об’єктів енергетики.

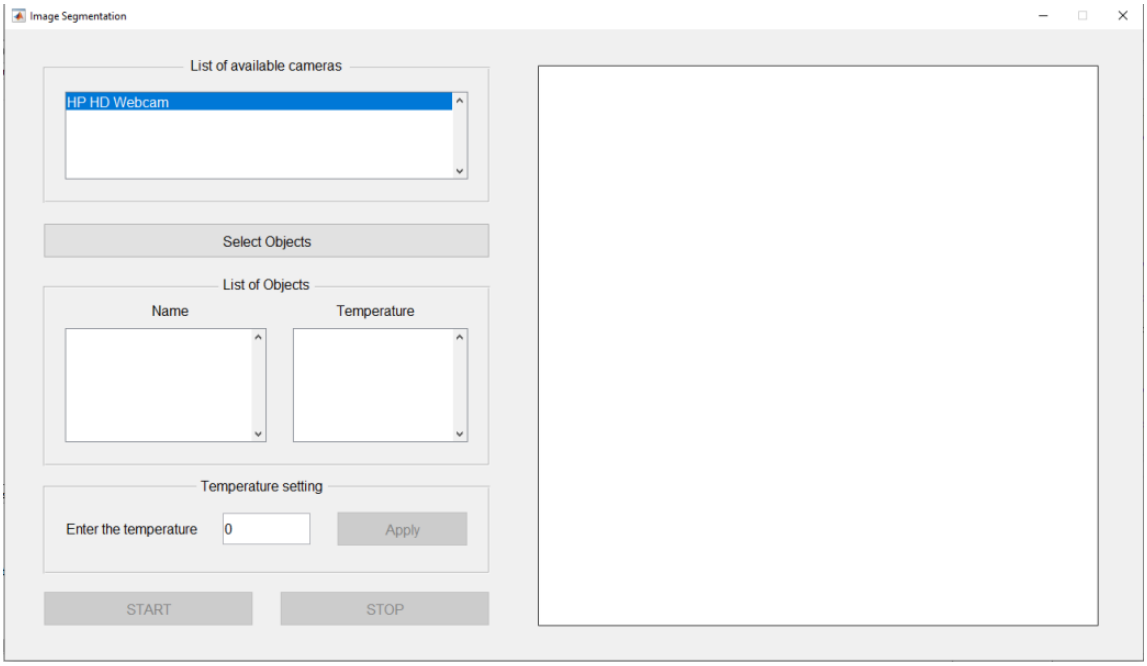


Рис. 3.2. Загальний інтерфейс програми

На Рис. 3.2 зображений загальний інтерфейс програми. З лівої частини знаходиться область, яка відповідає за керування програмою (Рис. 3.3., Рис. 3.4., Рис. 3.5., Рис. 3.6.). З правої частини знаходиться область, яка візуально відображає результат роботи програми.

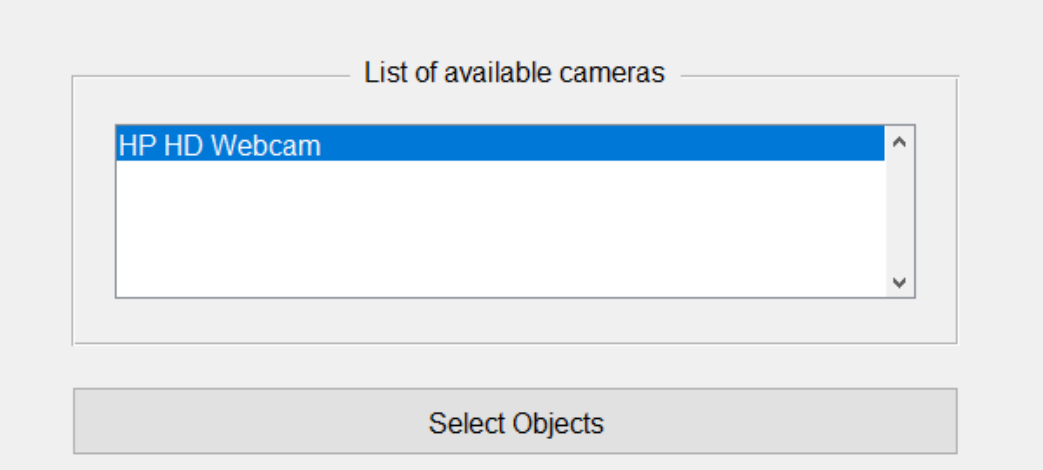


Рис. 3.3. Секція вибору камери зі списку існуючих

На Рис. 3.3. зображена секція, яка відповідає за вибір камери, за допомогою якої, будуть отримані об’єкти.

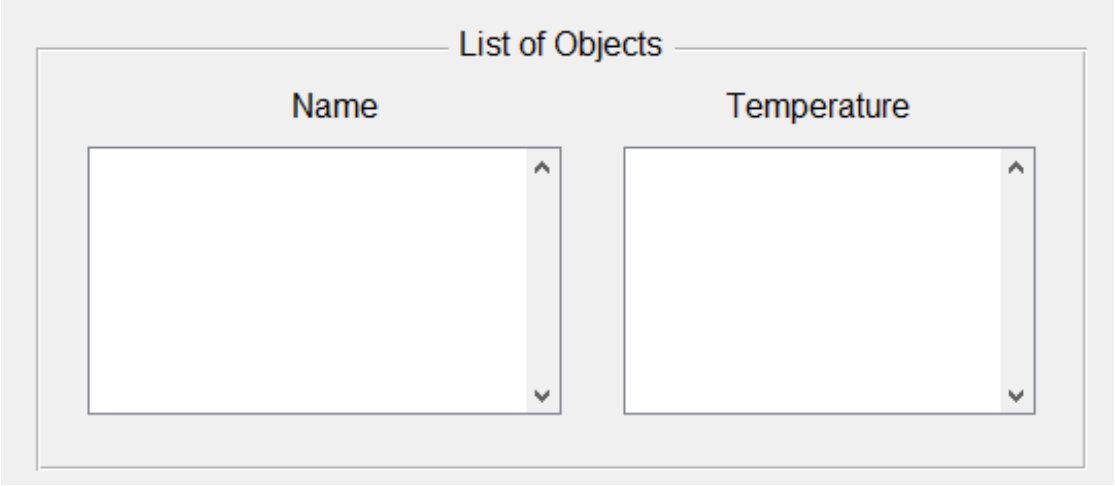


Рис. 3.4. Секція для відображення розпізнаних об’єктів

На Рис. 3.4 знаходиться секція, яка відображає лист зі знайдених, на зображенні, об’єктів.

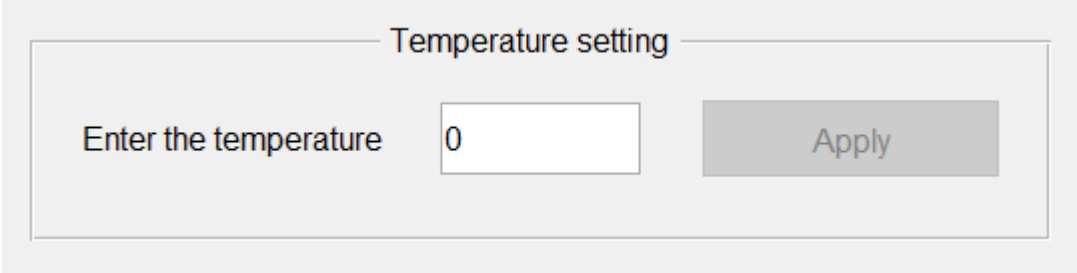


Рис. 3.5. Секція налаштувань температури

На Рис. 3.5. відображена секція, за допомогою якої, задається потрібна температура.



Рис. 3.6. Пуск та зупинка програми

На Рис. 3.6. розташовані кнопки управління програмою.

3.3. Інструкція користувача

1) Спочатку вибираємо камеру, за допомогою якої, буде отримано зображення (Рис.3.7.)

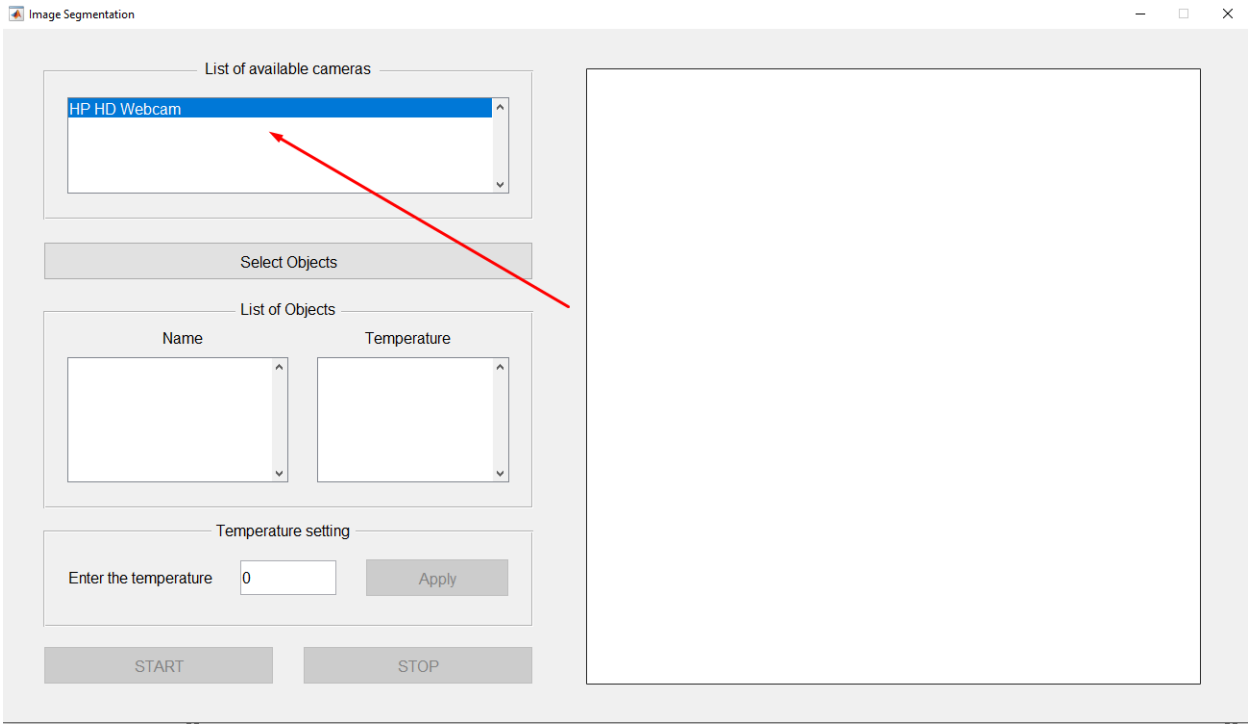


Рис. 3.7. Вибір камери

2) Натискаємо кнопку вибору об’єктів (Рис. 3.8.)

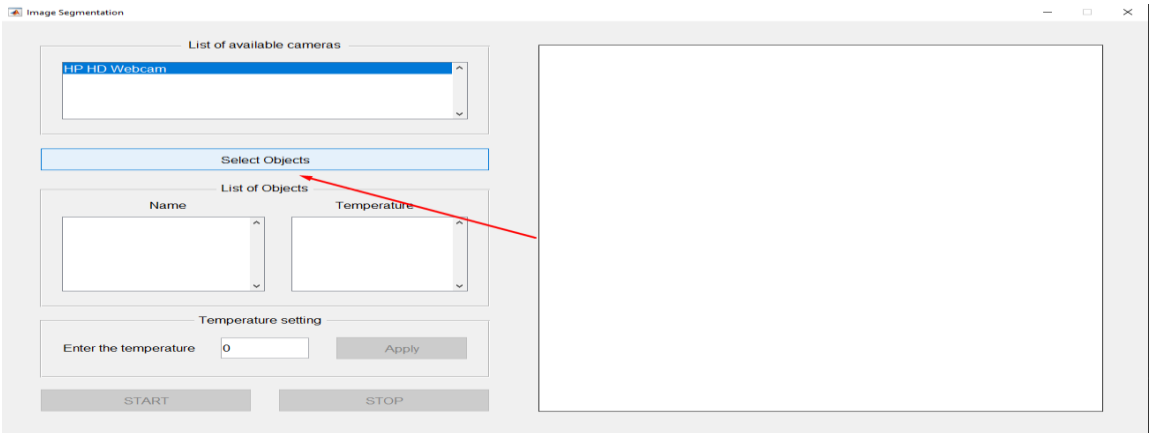


Рис. 3.8. Знаходження об’єктів на зображенні

3) Вибираємо об’єкт, який потрібно проаналізувати (Рис. 3.9.)

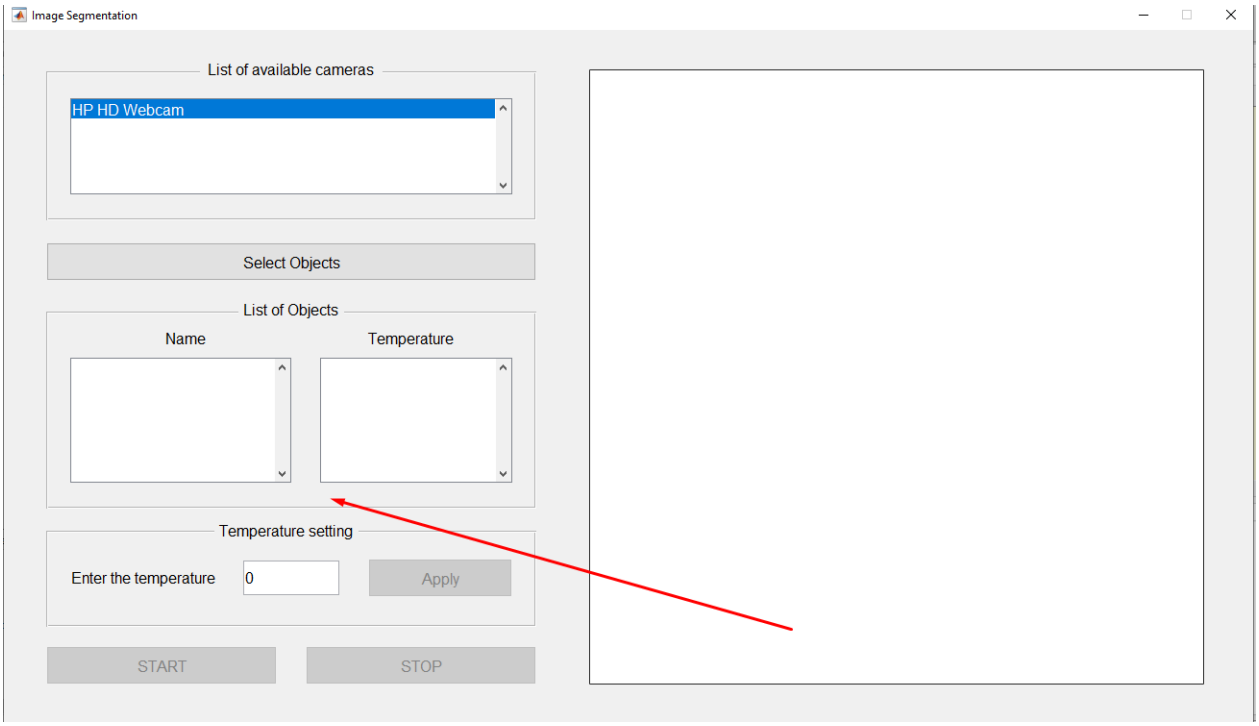


Рис. 3.9. Лист знайдених об’єктів

4) Вибираємо температуру, яку потрібно діагностувати (Рис. 3.10.)

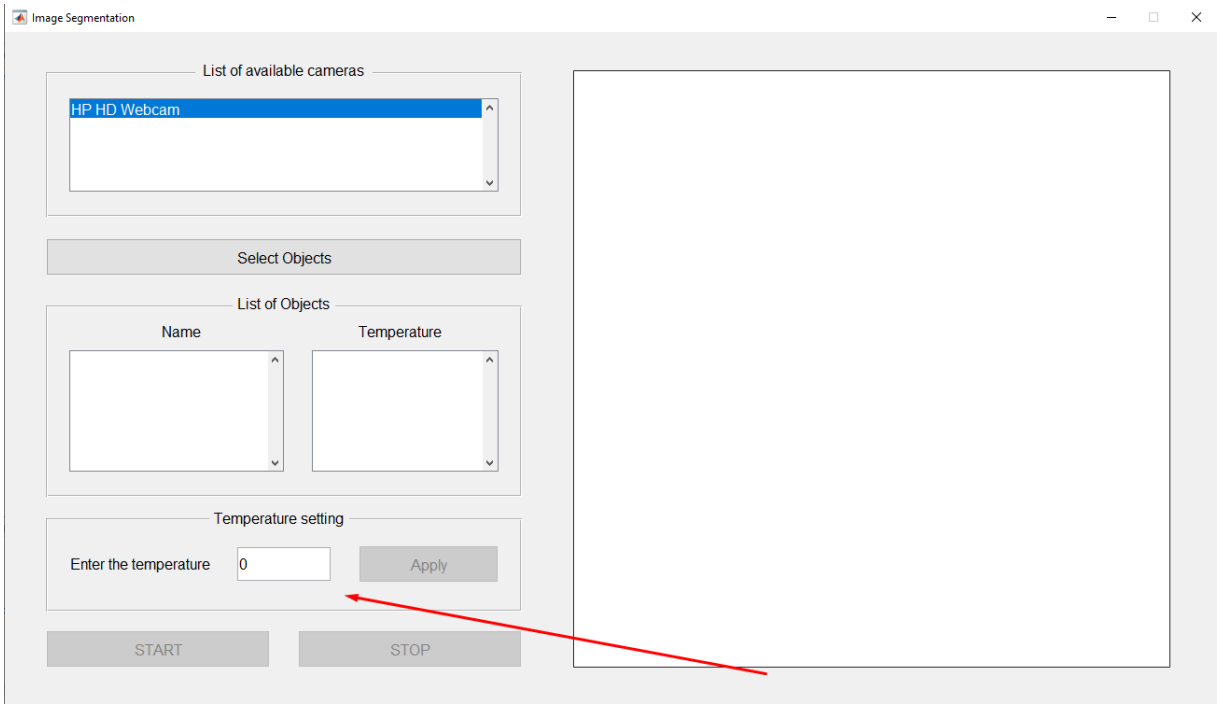


Рис. 3.10. Задання температури, яку потрібно діагностувати

5) Далі робимо пуск програми, та після того як результати отримані – зупиняємо роботу програми (Рис. 3.11.)

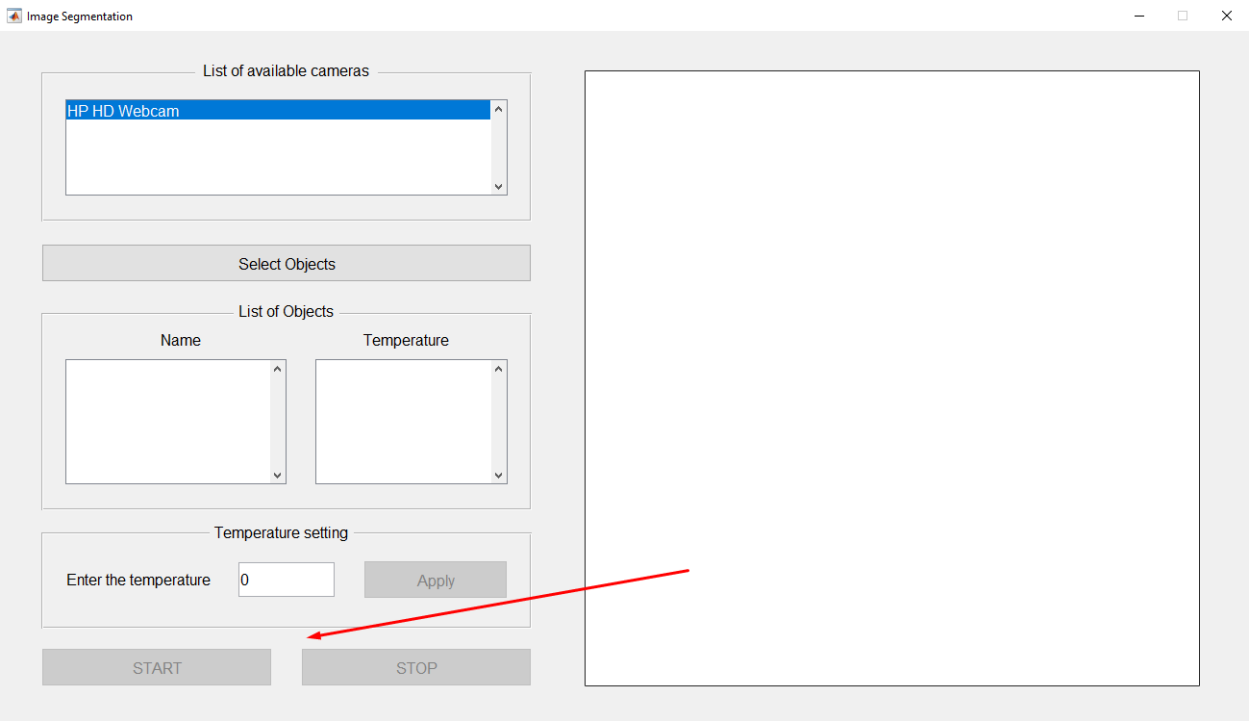


Рис. 3.11. Кнопки керування пуском та зупинкою програми

ВИСНОВКИ

Виконані наступні задачі:

- було написане технічне завдання
- був проведений аналіз тепловізійного методу
- було здійснено огляд існуючих систем тепловізійного методу
- було розроблено інтерфейс програми
- був розроблений алгоритм роботи програми
- було проведено тестування програмного продукту

Реалізована система тепловізійного дослідження об’єктів енергетики, яка може функціонувати у стаціонарному режимі. У систему було включено комбіновані методи обробки зображення. Також програма потребує мінімальних ресурсів для функціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Молодой ученый. Международный научный журнал. № 7 (193) / 2018.

2. В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб. Цифровые изображения: от получения до обработки. Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – 202 с. - ISBN 978-985-6744-80-1.

3. Старовойтов, В. В. Получение и обработка изображений на ЭВМ : учебно-методическое пособие / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб. – Минск : БНТУ, 2018. – 204 с. ISBN 978-985-550-770-4.

4. Pei-Gee Peter Ho. Image Segmentation.

5.Інтернет-ресурс https://www.mathworks.com/help/matlab/creating_guis/add-ui-components-to-app-designer-programmatically.html

6. Pham, Dzung L.; Xu, Chenyang; Prince, Jerry L. (2000). "Current Methods in Medical Image Segmentation". Annual Review of Biomedical Engineering. 2: 315–337.

7. Barghout, Lauren, and Lawrence W. Lee. "Perceptual information processing system." Paravue Inc. U.S. Patent Application 10/618,543, filed July 11, 2003.

8. Belongie, Serge, et al. "Color-and texture-based image segmentation using EM and its application to content-based image retrieval." Sixth International Conference on Computer Vision (IEEE Cat. No. 98CH36271). IEEE, 1998.

8. Forghani, M.; Forouzanfar, M.; Teshnehlab, M. (2010). "Parameter optimization of improved fuzzy c-means clustering algorithm for brain MR image segmentation". Engineering Applications of Artificial Intelligence. 23 (2): 160–168. doi:10.1016/j.engappai.2009.

9. W. Wu, A. Y. C. Chen, L. Zhao and J. J. Corso (2014): "Brain Tumor detection and segmentation in a CRF framework with pixel-pairwise affinity and super pixel-level features", International Journal of Computer Aided Radiology and Surgery, pp. 241–253, Vol. 9.

10. J. A. Delmerico, P. David and J. J. Corso (2011): "Building façade detection, segmentation and parameter estimation for mobile robot localization and guidance", International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1632–1639.
11. Liu, Ziyi; Wang, Le; Hua, Gang; Zhang, Qilin; Niu, Zhenxing; Wu, Ying; Zheng, Nanning (2018). "Joint Video Object Discovery and Segmentation by Coupled Dynamic Markov Networks"
12. Wang, Le; Duan, Xuhuan; Zhang, Qilin; Niu, Zhenxing; Hua, Gang; Zheng, Nanning (2018-05-22). "Segment-Tube: Spatio-Temporal Action Localization in Untrimmed Videos with Per-Frame Segmentation"
13. Batenburg, K J.; Sijbers, J. (2009). "Adaptive thresholding of tomograms by projection distance minimization". Pattern Recognition. 42 (10): 2297–2305.
14. Barghout, Lauren. Visual Taxometric approach Image Segmentation using Fuzzy-Spatial Taxon Cut Yields Contextually Relevant Regions. Communications in Computer and Information Science (CCIS). Springer-Verlag. 2014.
15. Witold Pedrycz (Editor), Andrzej Skowron (Co-Editor), Vladik Kreinovich (Co-Editor). Handbook of Granular Computing. Wiley 2008.
16. Lindeberg, T.; Li, M.-X. (1997). "Segmentation and classification of edges using minimum description length approximation and complementary junction cues". Computer Vision and Image.
17. R. Nock and F. Nielsen, Statistical Region Merging, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 26, No 11, pp 1452–1458, 2004.
18. L. Chen, H. D. Cheng, and J. Zhang, Fuzzy subfiber and its application to seismic lithology classification, Information Sciences: Applications, Vol 1, No 2, pp 77–95, 1994.
19. S.L. Horowitz and T. Pavlidis, Picture Segmentation by a Directed Split and Merge Procedure, Proc. ICPR, 1974, Denmark, pp. 424–433.
20. S.L. Horowitz and T. Pavlidis, Picture Segmentation by a Directed Split and Merge Procedure, Proc. ICPR, 1974, Denmark, pp. 424–433.

21. Dervieux, A. and Thomasset, F. 1979. A finite element method for the simulation of Raleigh-Taylor instability. Springer Lect. Notes in Math., 771:145–158.
22.Інтернет-ресурс: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.124.7645&rep=rep1&type=pdf
23.Інтернет-ресурс:https://scikit-image.org/docs/0.12.x/auto_examples/xx_applications/plot_morphology.html
24. Forcadel, Nicolas; Le Guyader, Carole; Gout, Christian (July 2008), "Generalized fast marching method: applications to image segmentation", Numerical Algorithms, 48 (1–3): 189–211.
25. Chan, T.F.; Vese, L. (2001). "Active contours without edges". IEEE Transactions on Image Processing. 10 (2): 266–277.
26. David Mumford and Jayant Shah (1989): Optimal approximations by piecewise smooth functions and associated variational problems, Communications on Pure and Applied Mathematics, pp 577–685, Vol. 42, No. 5
27. https://studfile.net/preview/3368585/page:10/
28. Leo Grady (2006): "Random Walks for Image Segmentation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1768–1783, Vol. 28, No. 11.
29.Інтернет-ресурс:https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_canny/py_canny.html
30. Iasonas Kokkinos, and Petros Maragos (2009),”Synergy between Object Recognition and image segmentation using Expectation and Maximization Algorithm”., IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), Vol. 31(8), pp. 1486-1501, 2009.
31. Distributions and Bayesian Restoration of Images", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 721–741, Vol. 6, No. 6.
32. A. Bouman and M. Shapiro (2002): "A multiscale Random field model for Bayesian image segmentation", IEEE Transactions on Image Processing, pp. 162–177, Vol. 3.

33. J. Liu and Y. H. Yang (1994): "Multiresolution color image segmentation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 689–700, Vol. 16.
34. Corso, Z. Tu, and A. Yuille (2008): "MRF Labelling with Graph-Shifts Algorithm", Proceedings of International workshop on combinatorial Image Analysis.
35. Staib, L.H.; Duncan, J.S. (1992). "Boundary finding with parametrically deformable models". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 14 (11): 1061–1075.
36. Staib, L.H.; Duncan, J.S. (1992). "Boundary finding with parametrically deformable models". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 14 (11): 1061–1075.
37. Witkin, A. P. "Scale-space filtering", Proc. 8th Int. Joint Conf. Art. Intell., Karlsruhe, Germany,1019–1022, 1983.