Вінницький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних систем управління та автоматики
Кафедра лазерної та оптикоелектронної техніки

МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ТЕПЛОВІЗІЙНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ДИНАМІКИ ТЕМПЕРАТУРИ ТІЛА ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

студента гр. ЛТО-16м Новика Артема Федоровича

Керівник: доцент каф. ЛОТ, к.т.н. Тужанський С.Є.

ВІННИЦЯ – 2018

Актуальність теми. Розвиток оптоелектронних технологій стимулює інтерес до створення більш досконалих засобів і методів вимірювання локальної температури. Експериментальні дослідження температури є важливим джерелом інформації при визначенні ряду патологічних змін в організмі. Однак, не зважаючи на широке впровадження систем автоматизованого контролю температури у медичній діагностиці, і досі не існує досконалої єдиної методології ефективного і швидкого температурного аналізу динаміки патологій єдиним універсальним методом.

Таким чином, розробка й вдосконалення методів і засобів швидкісної та високочутливої тепловізійної діагностики на базі сучасних оптико-електронних технологій є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої дозволить підвищити ефективність виявлення структурних і патологічних змін в органах і судинах при вимірюванні відповідних характеристик температурного поля порівняно із традиційними методами.

Мета роботи. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розширення функціональних можливостей тепловізійної діагностики для моніторингу просторово-часової динаміки змін температури на поверхні людського тіла.

Основні завдання дослідження:

- провести порівняльний аналіз існуючих засобів і моделей термометрії для медичної діагностики;
- удосконалити метод моніторингу аналізу просторово-часової динаміки температурних змін при обробці термограм пацієнтів;
- спроектувати тепловізійну медичну систему для моніторингу просторово-часової динаміки температури;
- виконати розрахунок параметрів мікроболометричного теплового сенсора і об'єктива тепловізора;
- розробити схеми основних функціональних вузлів пристрою на основі сучасної елементної бази та проаналізувати їх роботу.
- розрахувати економічну доцільність розробки та основні економічні показники її впровадження.

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання і контролю температурних характеристик біологічного об'єкта

Предмет дослідження – методи і засоби динамічного вимірювання просторово-часових розподілів температури біологічного об'єкта.

Наукова новизна. Удосконалено метод моніторингу неоднорідності температурного розподілу робочої ділянки на термограмі поверхні людського тіла, який базується на побудові найкоротшого незамкненого шляху за алгоритмом Дейкстри. Це дозволило розширити діапазон виявлення неоднорідностей просторово-часового розподілу температури на термограмі, а також функціональні можливості методу, зокрема для аналізу витривалості при фізичних навантаженнях спортсменів.

Практичне значення полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних результатів розроблено схему тепловізійної системи із розширеними функціональними можливостями, зокрема:

- Розроблено структурну функціональну схему пристрою та електричні схеми його основних функціональних вузлів, що враховують особливості динамічної змін температури ділянок на поверхні людського тіла та дозволяють оптимізувати процес моніторингу;
- Розраховано характеристики мікроболометричного теплового сенсора, що дозволило оптимізувати оптичні характеристики об’єктива та удосконалити схему тепловізора для роботи у режимі, наближеному до експрес-діагностики.

Аналіз тепловізійних систем для медицини

Тепловізори TH9100SL і TH9100MR/WR (Nec)

Провідні виробники тепловізійних систем для медицини: *FLIR Systems, Electrophysics, Fluke Corp., IPI, IRay, Pulsar, Irisys, Nec*

Застосування у медицині:

Онкологія (пухлини молочних залоз, щитовидної залози, лімфатичних вузлів, кісток);

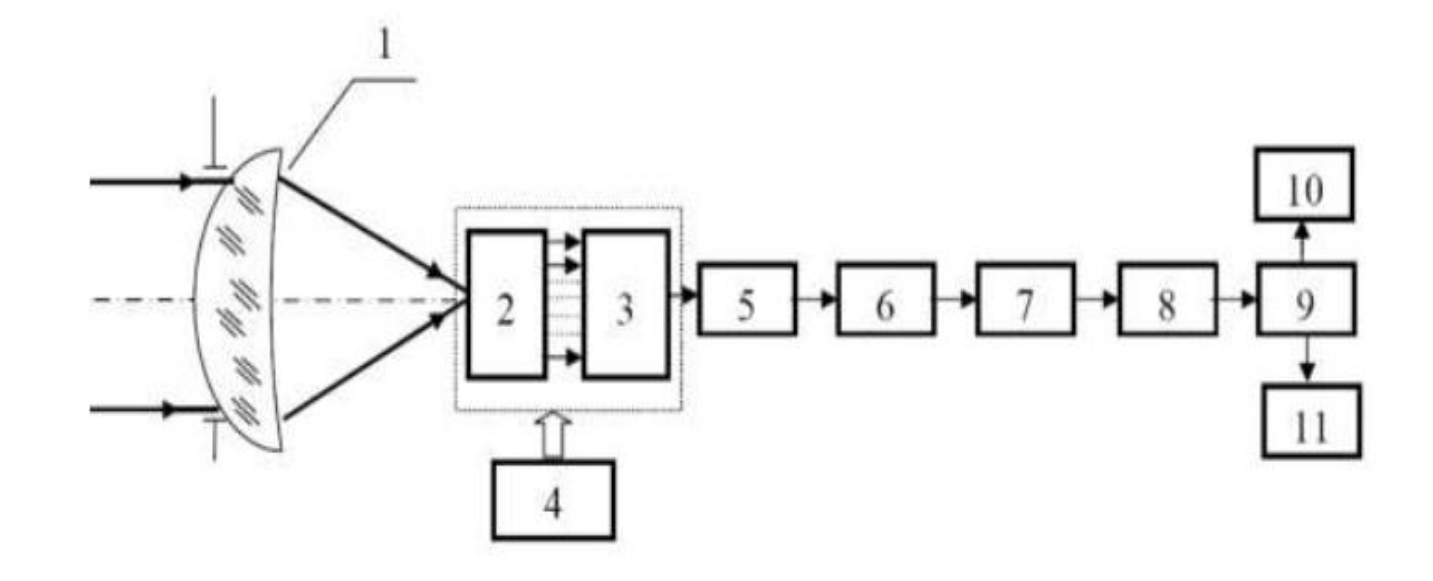
Неврологія (патологія периферичних нервів кінцівок, неврологічні синдроми остеохондрозу різних відділів хребта);

Ангіологія (захворювання магістральних артерій і вен кінцівок);

Травматологія і ортопедія (сколіози, неускладнені і ускладнені переломи хребта та ін.)

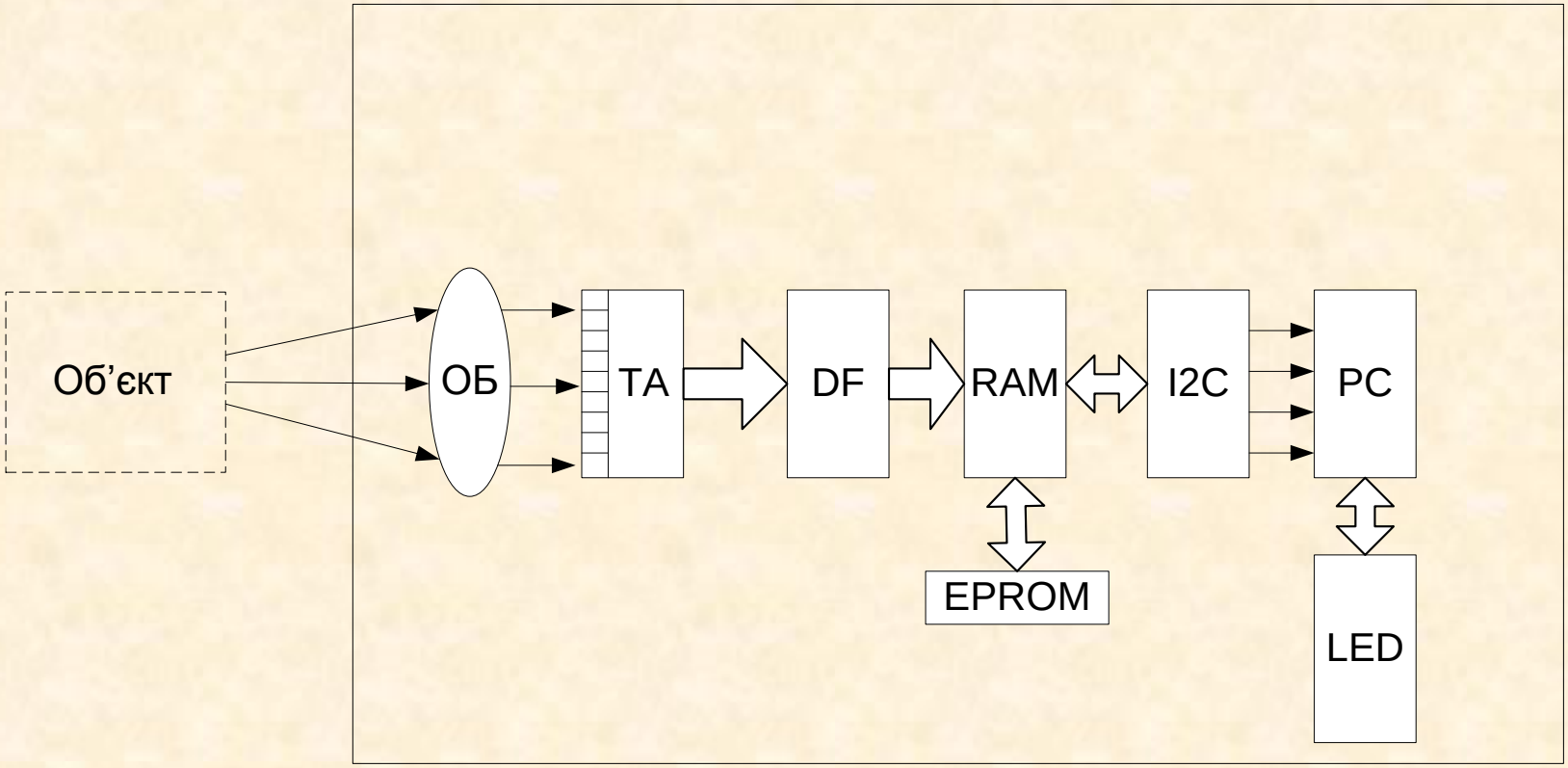
Артрологія …

Функціональна схема типового матричного тепловізора



1 - оптичний об’єктив; 2 - матриця FPA; 3 - мультиплексор;
4 - блок охолодження; 5 - коректор неоднорідності чутливих елементів;
6 - аналого-цифровий перетворювач; 7 - цифровий коректор неоднорідності; 8 - коректор; 9 – формувач зображення;
10 - дисплей; 11 - цифровий вихід

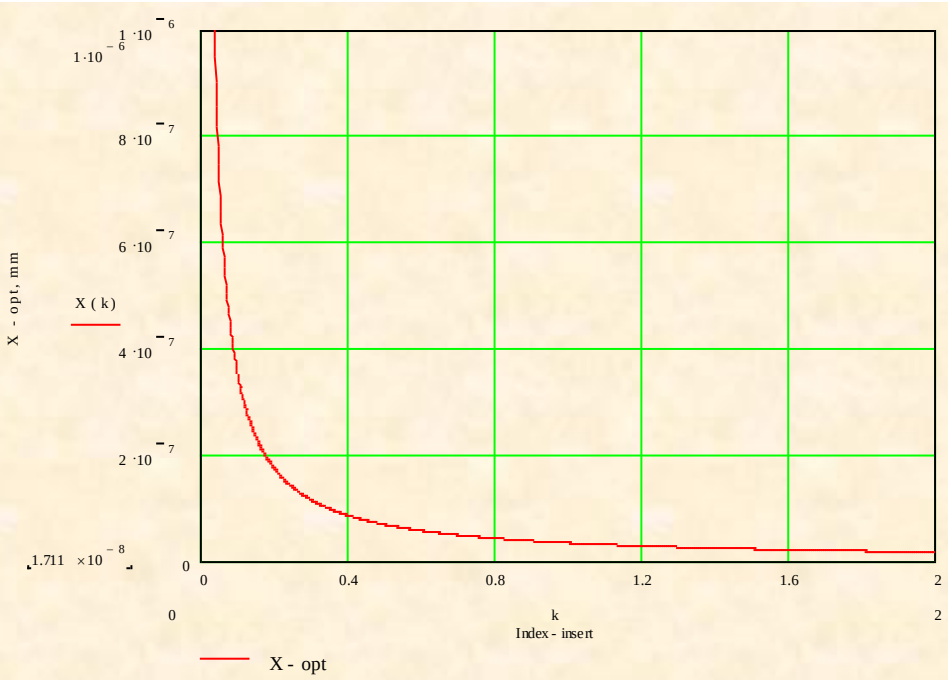
Структурна схема тепловізійної системи для оцінювання просторово-часової динаміки температури

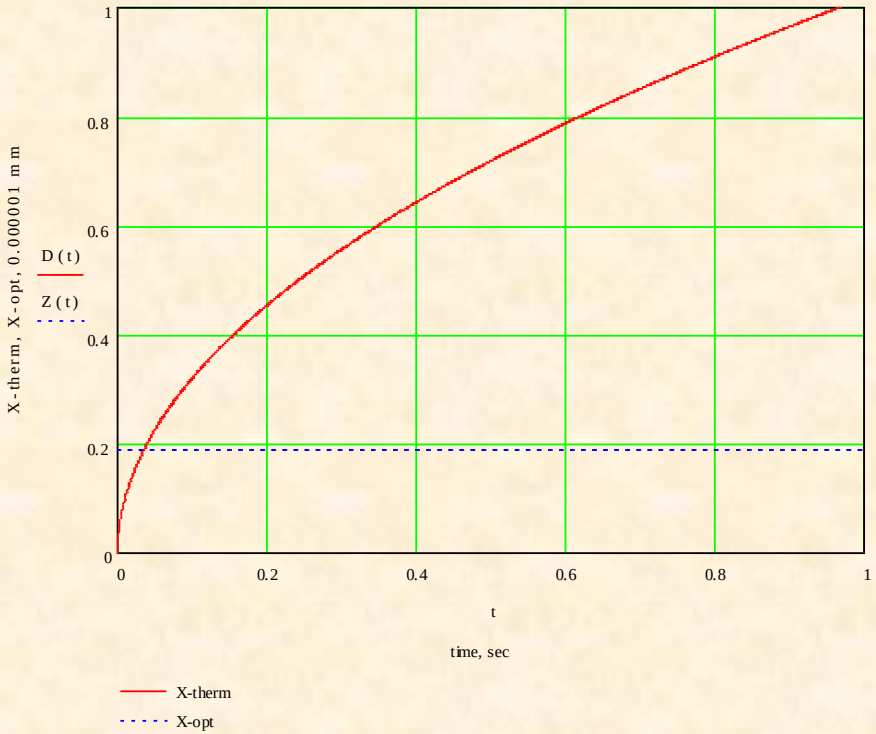


ОБ - германієвий об’єктив
ТА – тепловізійна FPA матриця
DF – блок цифрової обробки
RAM – оперативна пам’ять
EPROM – ПЗУ

I2C – вихідний інтерфейс I2C
PC – персональний комп'ютер
LED – монітор LED

Модельний розрахунок параметрів теплового випромінювання при дії лазерного випромінювання (Mathcad)





Залежність глибини оптичного проникнення від показника поглинання біотканини

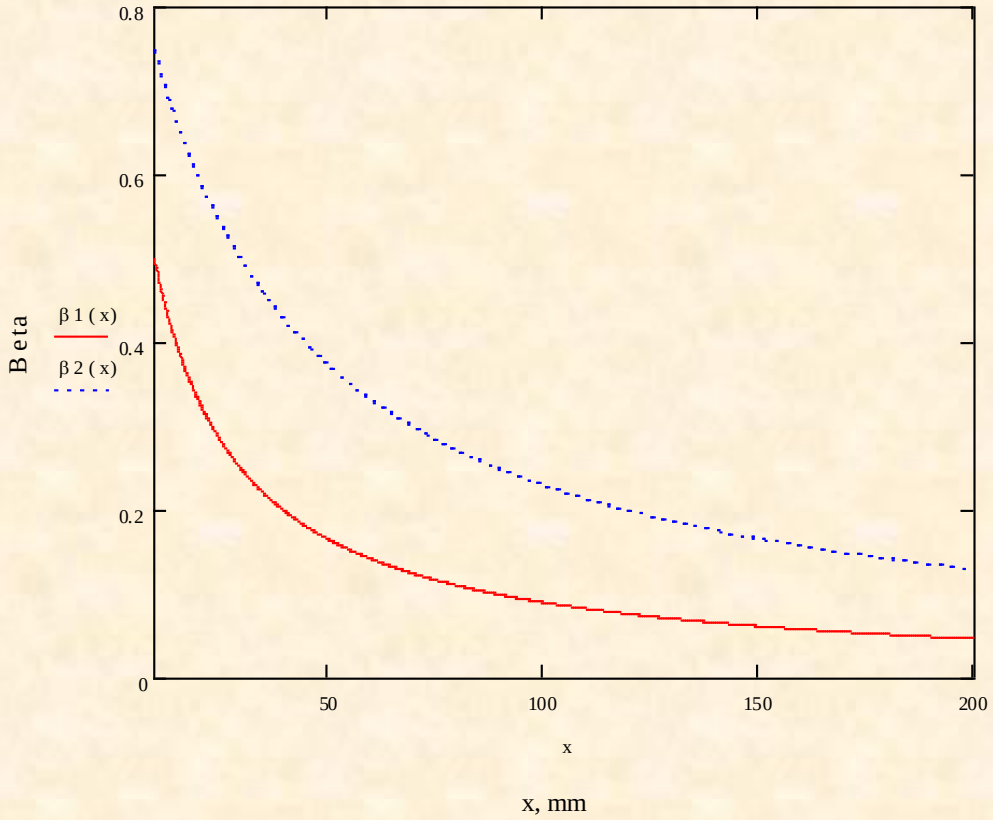
Залежність глибини термічного та оптичного проникнення від часу дії лазера

Параметри моделі:

λ=0,8мкм; n=1,86, r=0,5; k=0,18; c=1930Дж/кг·К;

ρ=1600кг/м3 ; W=10мВт.

Модельний розрахунок параметрів оптичної системи (Mathcad)



Функція лінійного збільшення германієвого об'єктива тепловізора
$\beta_1(x)$ - для f_1=10 мм,
$\beta_2(x)$ - для f_2=30 мм

Фокусна відстань об'єктива $f'_0 = 219{,}2$ *мм*
Діаметр об'єктива $D_0 = 184{,}1$*мм*
Кутова роздільна здатність $\delta\omega_{0.5} = 0{,}45$*мрад*

Модельний розрахунок параметрів сенсора (Mathcad)

Вхідні дані (матриця MLX90621):

1. Температурна чутливість NETD=0,4 К.
2. Частота кадрів f_f =60 Гц.
3. Кутове поле зору $2w_x$´ $2w_y$ =60°×15°.
4. Формат кадру (число елементів матриці) p×q=16×4.
5. Розмір матриці l_{Dx}´l_{Dy} =50×57 мм².
6. Формат матриці p_D´q_D =16×4.
7. Розмір пікселя V_D´W_D =50×50 мкм².
8. Спектральний діапазон Δλ=8-14 мкм.
9. Ефективність сканування η_{sc} =1.
10. Коефіцієнт заповнення k_{Dff} =0.5.
11. ОС складається з декількох лінз.

Результати розрахунку:

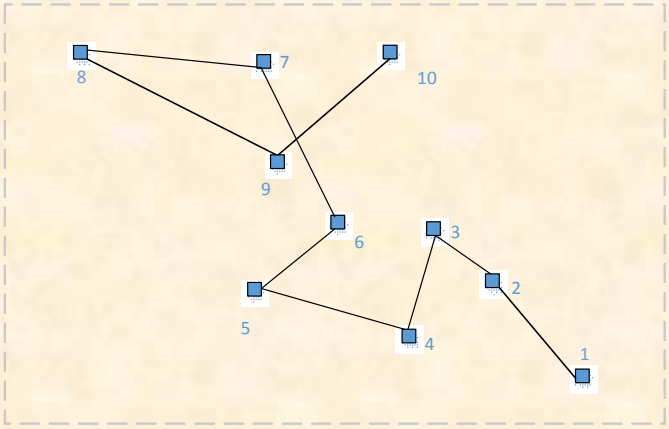
Питома виявляльна здатність $D = 1{,}005 \cdot 10^9 \frac{см \cdot \sqrt{Гц}}{Вт}$

Приведена виявляльна здатність $MD = 2{,}147 \cdot 10^5 \frac{\sqrt{Гц}}{см \cdot К}$

Ефективна шумова смуга пропускання $\Delta f = 1{,}92 \cdot 10^3$ *Гц*

Кутова роздільна здатність $\delta\omega_{0.5} = 0{,}45$*мрад*

Метод оцінювання просторово-часової динаміки неоднорідності температурного розподілу тіла на зображенні термограми



1) Виділяється діапазон температур, характерний для аналізованої зони термограми;

2) Діапазон розбивається на M рівних класів, в кожному з яких підраховується сумарна відстань міжпікселями, яка дорівнює довжині ННШ.

3) Середнє міжпіксельне зображення визначають за формулою:

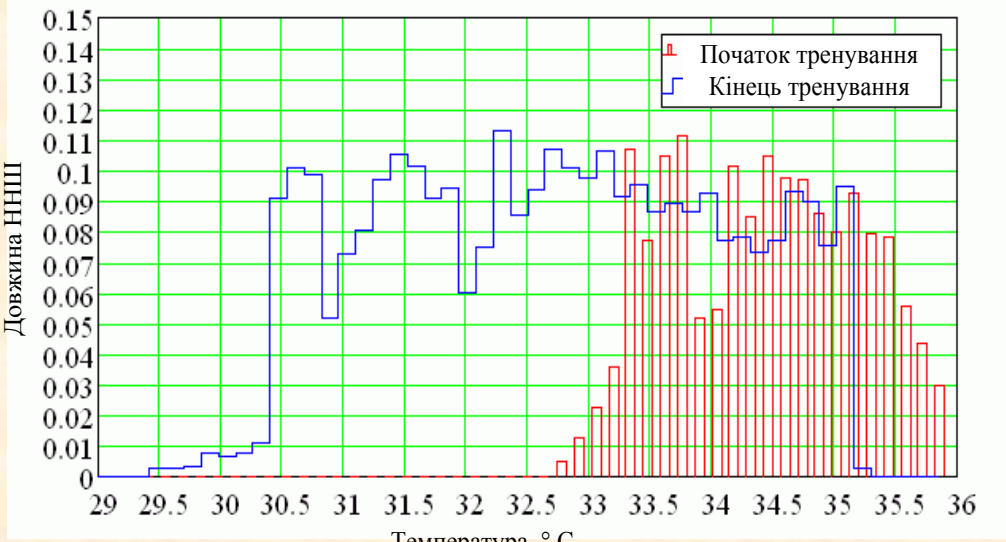
$$\bar{L}_m = \frac{1}{N_m - 1} \sum_{i=1}^{N_m - 1} l^m_{\min_i},$$

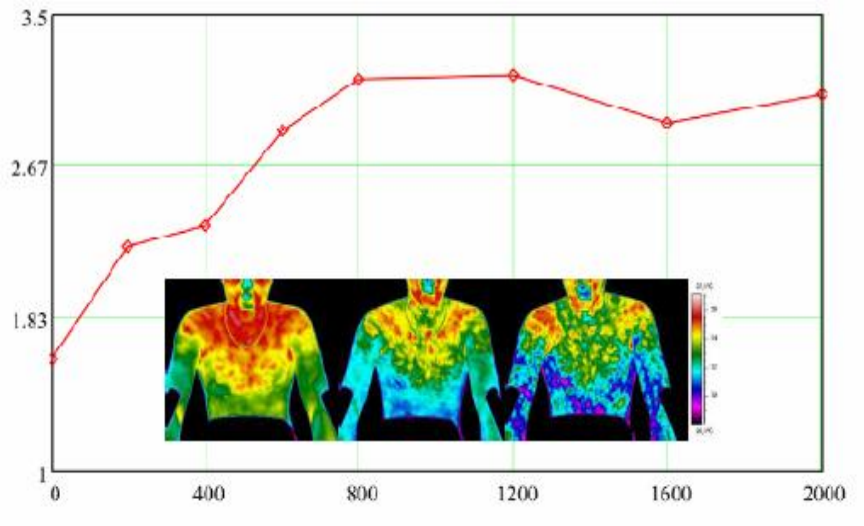
$$l^m_{\min_i} = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2},$$

де *m* – номер класу, *m=1…M*; N^m – кількість точок у класі *m*; $l^m_{\min_i}$ – *i*-та мінімальна відстань у класі *m*; X_i, Y_i – координати *i*-ої точки, найближчої до точки з координатами *x,y*.

Для оцінки температурної неоднорідності термограми об'єкта обчислюється сума $L = \sum_{m=1}^{M} \bar{L}_m$ (інтеграл ННШ) .

Метод оцінювання просторово-часової динаміки неоднорідності температурного розподілу тіла на зображенні термограми





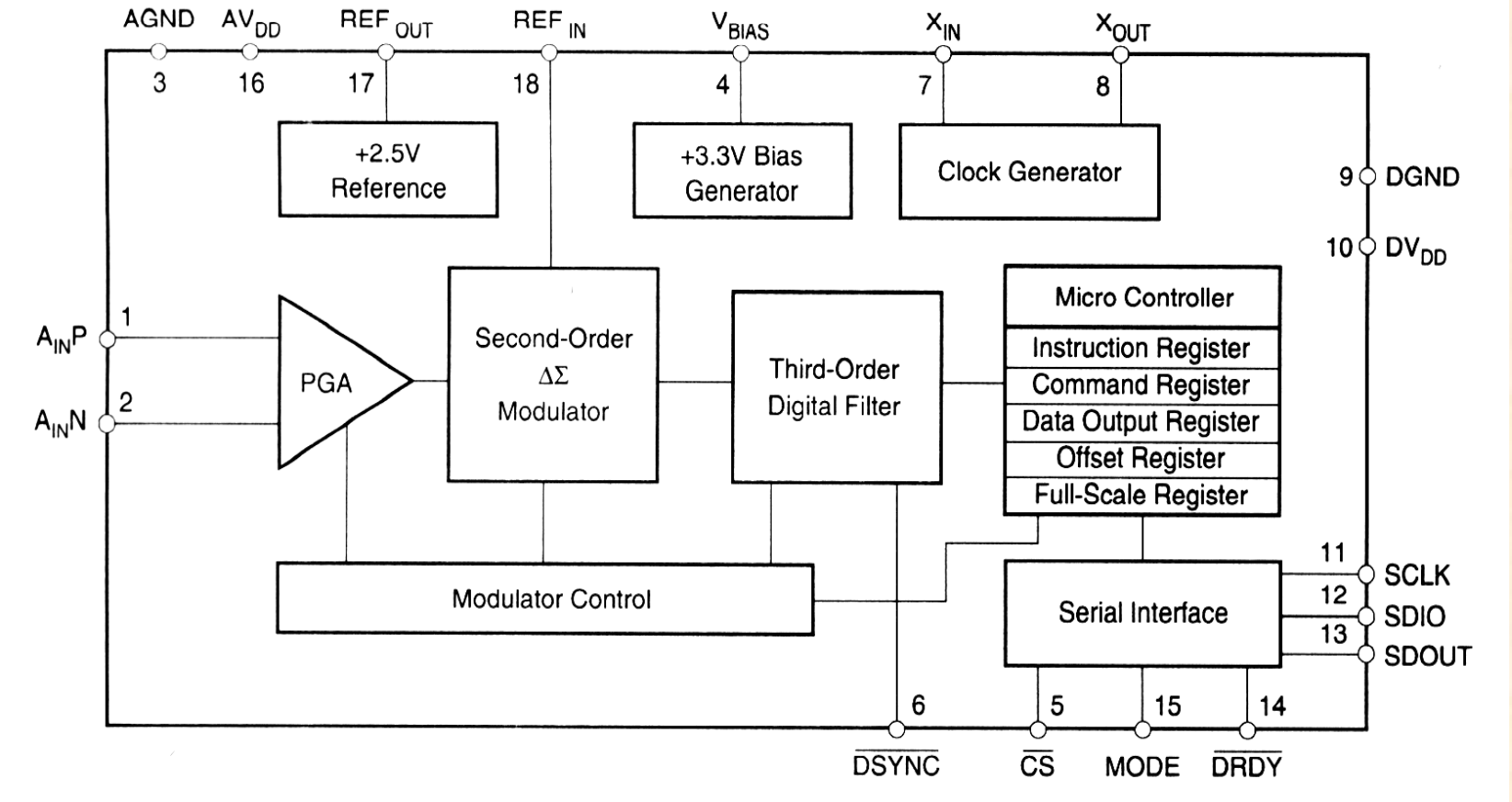
Удосконалений алгоритм Дейкстри:

для топологічно відсортованого графу значень температур окрім ННШ вводиться максимальне (критичне) для відповідної зони значення шляху між стоком і витоком температури у відповідному діапазоні.

Для цього на третьому кроці алгоритму після вибору вершини, для якої виконується умова ННШ, додатково обирається вершина x_i^*, для якої виконується умова $l(x_i^*) = \max[l(x_i)]$.

Окрім інтеграла ННШ додатково будується графік часової зміни інтегралу максимальних температурних градієнтів

Блок цифрової обробки (АЦП ADS 1210 24 біт)



Економічні розрахунки

$$В_{заг} = 83345{,}15\ (грн.)$$

загальні витрати на виконання роботи

$$\Delta П_{2018} = 2357405{,}7\ (грн.)$$

$$\Delta П_{2019} = 2767389{,}3\ (грн.)$$

$$\Delta П_{2020} = 3013379{,}46 (грн.)$$

чистий прибуток (по рокам)

$$Т_{ок} = 0{,}75\ роки$$

Термін окупності

Висновки

Удосконалено існуючі температурні моделі динаміки взаємодії теплових сенсорів із біотканиною, а також термодинамічні моделі поширення теплового випромінювання у біотканині при дії лазерного випромінювання.

Запропоновано удосконалений метод аналізу просторово-часової динаміки температурних змін на термограмах за змінами в часі інтегралів найкоротшого незамкнутого шляху і максимального температурного градієнту.

Спроектовано тепловізійну систему для аналізу просторово-часової динаміки змін температури на поверхні людського тіла, а також виконано розрахунок основних характеристик мікроболометричного сенсора і об'єктива тепловізора. Також розроблено схему цифрового блоку обробки тепловізійної інформації на основі АЦП ADS 1210, за допомогою якої виконується перетворення інформації сенсора у цифровий сигнал, який вводиться у ЕОМ для подальшої обробки за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Запропоновані рішення дозволяють розширити функціональні можливості тепловізійних систем для медичної діагностики та реабілітації за рахунок більш ефективного та швидкого моніторингу просторово-часової динаміки температурних змін послідовності кадрів термографічних зображень за певний період часу. Це також надає можливість використання запропонованих методів і засобів для фізичної реабілітації та експрес-аналізу витривалості спортсменів під час фізичних навантажень.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!