

Комплексна  
Магістерська кваліфікаційна робота

**Інформаційна технологія  
оцінювання якості фотокамер.  
Аналіз рівня шумів і дисторсії**

Розробив студ. гр. 2КН-16м Радченко О.С.

Керівник: доц.каф КН, к.т.н., Сілагін О.В.

# Актуальність дослідження

Пропонована робота присвячена розробці частини інформаційної технології, що аналізує останні два види спотворень – шуми та дисторсію.

Присутність в зображеннях цифрових фотокамер шумів та дисторсії (геометричних спотворень) є серйозною проблемою як для величезної армії фотолюбителів так і, тим більше, професіоналів. Як правило, чим менше «професіоналізм» фотокамери, її якість, і відповідно її ціна, тим більше рівень завад, пов'язаних із шумами та дисторсією. Звичайно любитель-початківець і фотограф-професіонал по різному формують уявлення про якість своїх фотокамер. Іншими словами оцінку якості фотокамер треба робити відносно до певного цінового або користувацького класу, і тільки автоматизована оцінка якості дасть можливість усунути суб'єктивну складову.

**Метою** даного дослідження є підвищення достовірності оцінки якості растрових графічних зображень. Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати наступні **завдання**:

- аналіз існуючої методології вимірювання шумів та дисторсії;
- математичне моделювання та формалізація ієрархічного процесу виведення узагальненого (інтегрованого) показника величини шумів та дисторсії;
- математичне моделювання вимірювання величини шумів;
- математичне моделювання вимірювання величини дисторсії;
- проектування та реалізація програмного забезпечення технології оцінювання якості фотокамер;
- Провести тестування програмного продукту та виконати аналіз отриманих результатів
- Розробити економічну частину.

- **Об'єктом дослідження** є процес вимірювання спотворень растрових графічних файлів.
- **Предметом дослідження** є моделі, алгоритми та програмні інструменти для вимірювання геометричних спотворень і шумів фотокамер.
- **Методи дослідження.** В роботі застосовані наступні методи наукових досліджень: системного аналізу для аналізу структури інформаційної технології, теорія нечітких множин (нечіткі рівняння, нечітка логіка), продукційна експертна база знань, нечітке ієрархічне логічне виведення

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому що:

- вперше запропонована інформаційна технологія оцінювання якості фотокамер, що поєднує класичні методи вимірювання величини спотворень растрових зображень з процесом оцінювання на основі апарату нечіткої логіки;
- розроблена спеціалізована математична модель виведення оцінки рівня шумових спотворень;
- розроблена спеціалізована математична модель виведення оцінки рівня дисторсії;
- розроблена нечітка модель виведення інтегрованого показника величини шумів та дисторсії.

**Практичну цінність** становлять розроблені алгоритми та експериментальний програмний блок.

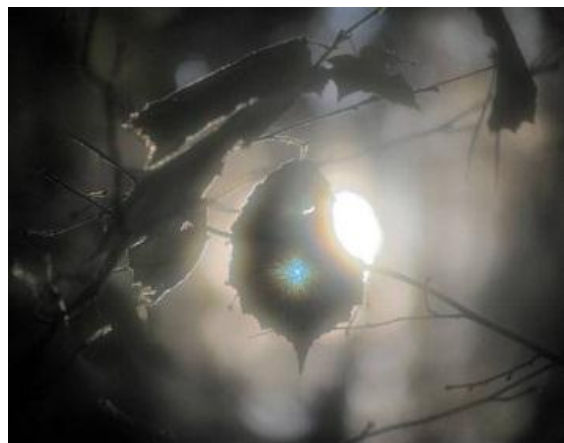
# Види дисторсії



Хроматична аберация



Дисторсія (бочка)

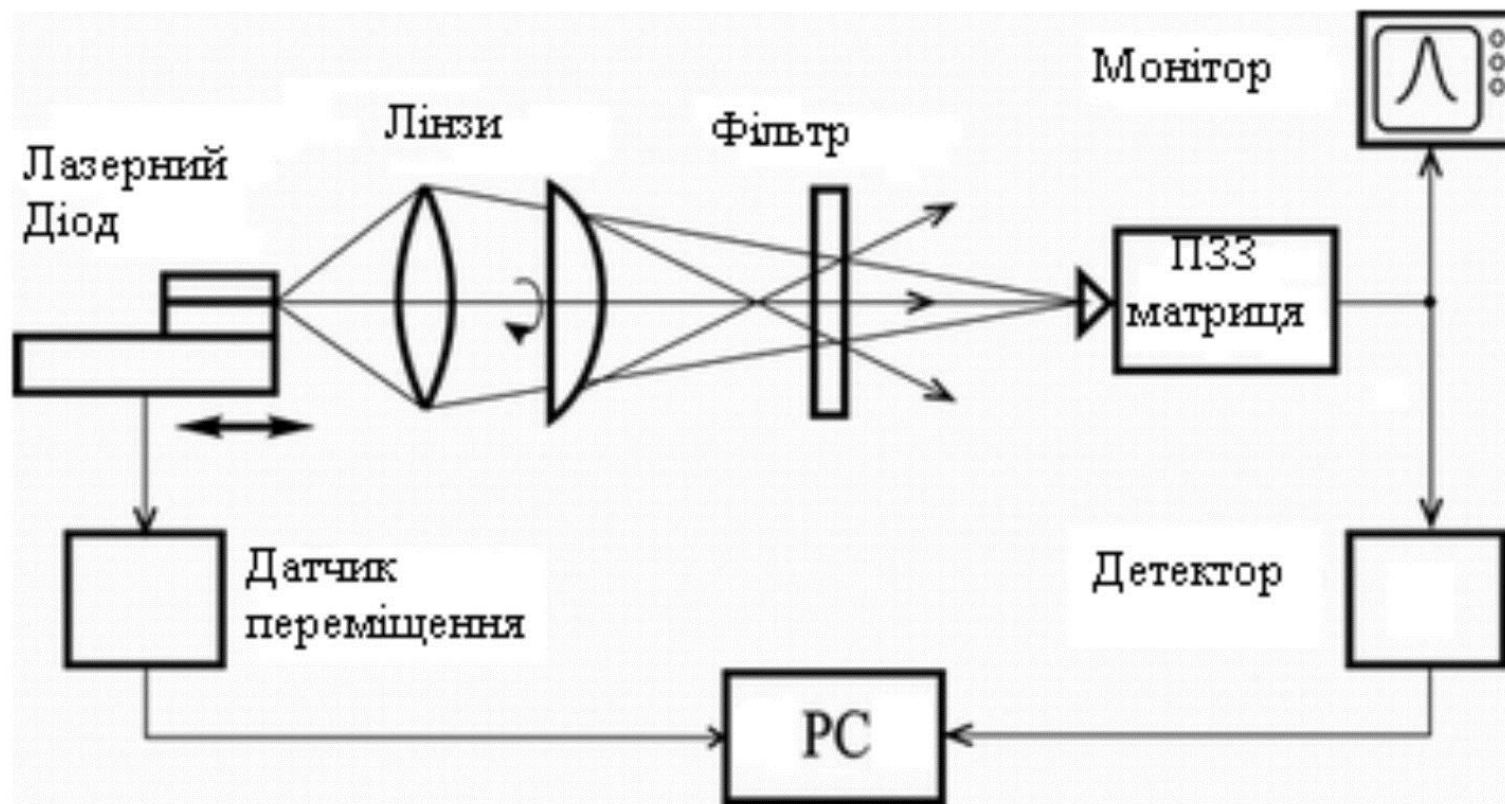


Дифракція



Астигматизм

# Система вимірювання геометричних спотворень (аналог)



# Дисторсія

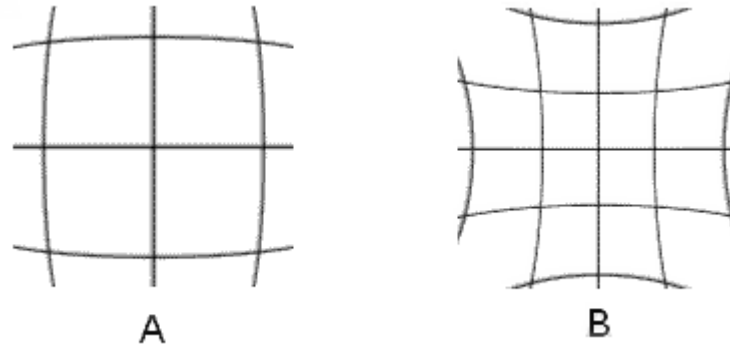
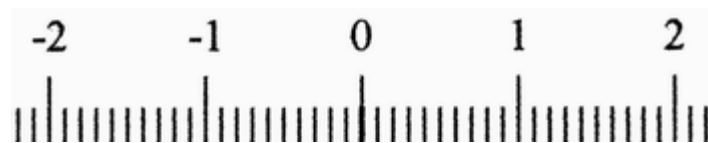


Рис. 1 Види дисторсії

Для задач первинного одержання растрових графічних зображень таких як сканування та фотографування, де найсуттєвіша складова виникнення геометричних спотворень пов'язана з проходженням світла через об'єктив, основним типом геометричних спотворень є дисторсія.

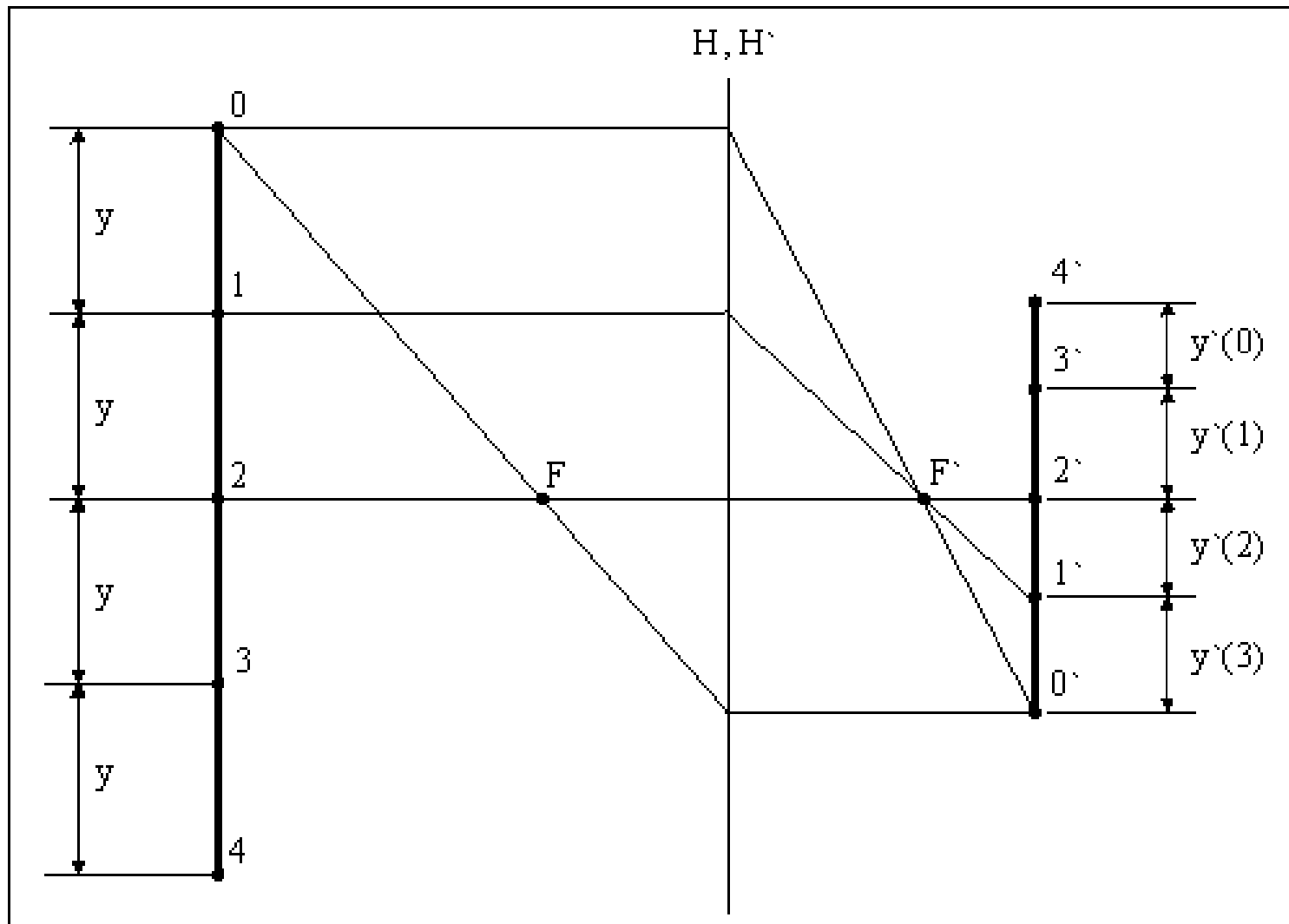


# Найпростіше тестове зображення



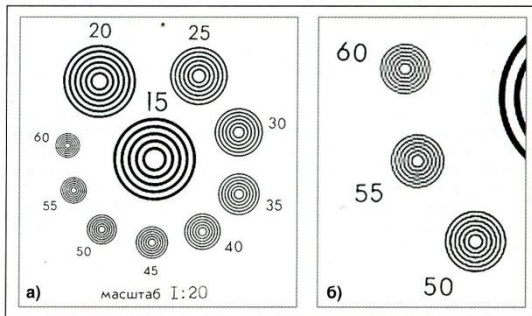
Фрагмент тесту для визначення лінійної дисторсії

# Принцип вимірювання лінійної дисторсії

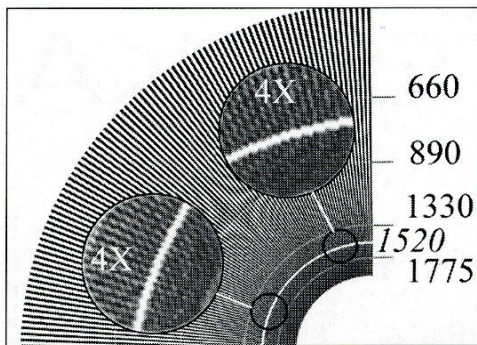


# Тестові зображення для цифрових фотоапаратів

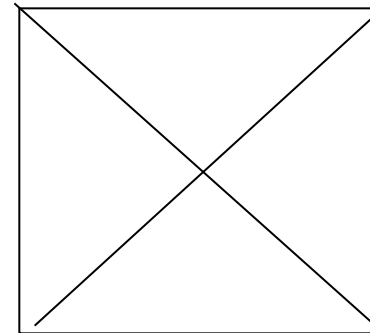
- Серед показників, що найбільше впливають на якість графічних зображень при цифровому фотографуванні треба відмітити дисторсію об'єктива і невідповідність роздільної здатності.



- Концентричні мірки



- Радіальні мірки

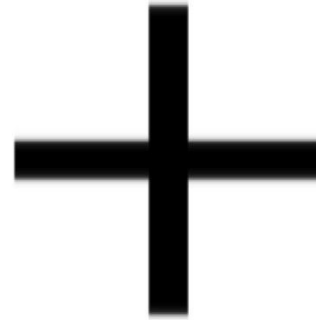


Тест вимірювання дисторсії

# Тестування на астигматизм



а)



б)

Зображення тест-об'єкту, що створюється оптичною системою, в якій присутній астигматизм: а - зображення розглядається в сагітальному фокусі; б – в меридіональному  
Для вимірювання величини астигматизму використовують метод вейвлет перетворень (в середовищі Mat-LAB)

# Математична модель та алгоритм визначення положення лінії тесту

Алгоритм визначення координат центрів вертикальних ліній тесту заснований на алгоритмі оцінки положення детермінованого сигналу на тлі аддитивного Гаусового шуму. Алгоритм включає в себе наступні операції:

- 1. Розрахунок багатокomпонентного зображення рядка тесту

$$S_Y(x)$$

з його багатоспектрального зображення:

$$S_Y(x) = \sum_{r=0}^{nRad-1} S_r(x), \quad \text{де}$$
$$S_r(x),$$

спектральні (кольорові) компоненти,  $nRad$  - кількість спектральних компонент.

- 2. Застосування до повнокольорового зображення узгодженого фільтра з формою

$$K(x)$$

імпульсу вертикальної смуги:

$$S_{YF}(\tau) = \sum_x S_Y(x) K(x - \tau),$$

- 3. Позиціонування екстремумів фільтрованого сигналу зображення, відповідного вертикальним лініям тесту:

$$XM = \max_{\tau} S_{YF}(\tau),$$

# Математична модель тестування цифрових фотоапаратів

- Тестування включає в себе фотографування даної тест-картинки та отриманий в результаті знімок співставляється з тестовим та перевіряється по заданим даним. Геометричним спотворенням є:

$$\Delta Z = |Z_{вим} - Z_{э}|$$

- Оцінка даному фотоапарату, що тестується на геометричні спотворення, ставиться за допомогою функції відповідності (2.6):

$$X = \frac{\Delta Z_{\max}}{\Delta Z} - 1$$

- В якості теста на відповідність задекларованої роздільної здатності традиційно використовуються радіальні та концентричні мірри, що показані на попередньому слайді.

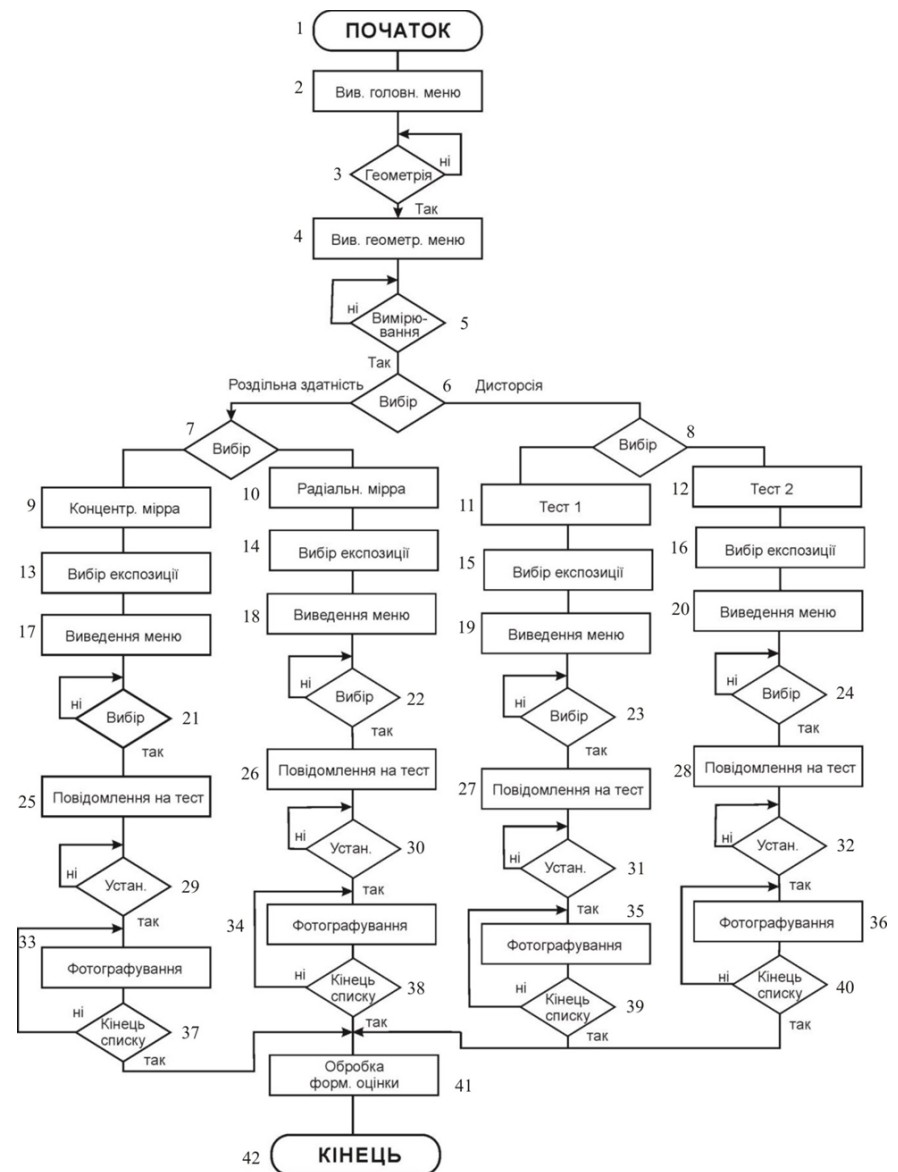
# Розробка алгоритма тестування на геометричні спотворення

- Оскільки тестування фотоапаратів на геометричні спотворення є частиною загальної системи оцінки якості цифрових фотоапаратів, то робота алгоритма починається з виводу головного меню, на якому користувач вибирає саме режим оцінки геометричних спотворень. Цей режим передбачає два альтернативні варіанти:
  1. Робота з блоком «Статистика», де коригуються критерії оцінки якості
  2. Власне режим «вимірювання», де визначається та вимірюється рівень геометричних спотворень. Як уже відзначалось у попередньому розділі, геометричні спотворення цифрових фотоапаратів містять дві суттєві складові:
    - - дисторсія об'єктива;
    - - завищена роздільна здатність ;
  3. Після того як вибрано відповідний режим, пропонується зробити вибір тестової картинки.
  4. Вибір режиму експозиції;
  5. Вибір режиму тесту, де формується список і параметри тестових знімків.
  6. Послідовність фотографування тестової картинки з різними параметрами та умовами експозиції.
  7. Обробка результатів тестування з формуванням локальної та інтегрованої оцінки.

# Схема алгоритма тестування на геометричні спотворення

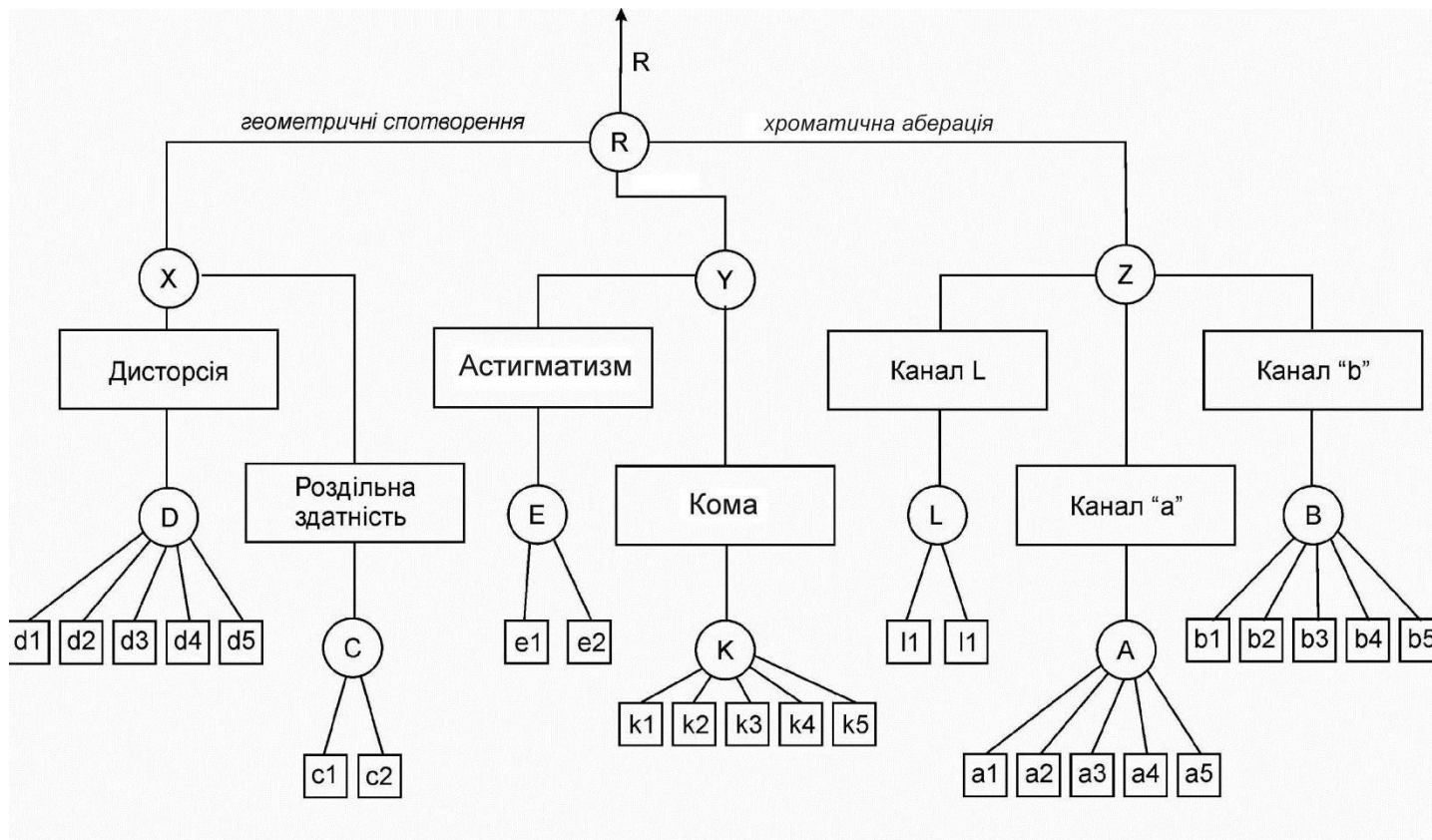
Алгоритм реалізований у програмі TestGeomFoto, що приведена в додатку В.

В додатку Б приведена коротка інструкція по роботі з програмою.





# Дерево виводу інтегрального показника геометричного спотворення



# Розробка моделі узагальненого логічного виводу оцінки фотокамери

Для розробки моделі узагальненого логічного виводу оцінки фотокамери скористаємося апаратом нечіткої логіки. Ієрархічний взаємозв'язок між вхідними змінними, що описуються нечіткими термами типу «незначні», «малі», «середні», «великі», «дуже великі», що стосується, наприклад геометричних спотворень, або «відповідає», «не відповідає», що стосується роздільної здатності, класів вхідних змінних і вихідною змінною (узагальненою оцінкою фотокамери) представимо у вигляді дерева (Рис.6.1), якому відповідає система співвідношень

$$R = \int_R (X, Y, Z),$$

$$X = \int_X (D, C),$$

$$Y = \int_Y (E, K, ),$$

$$Z = \int_Z (L, B),$$

де  $R$ - вихідна змінна (інтегрований узагальнений показник);  $X, Y, Z$  – класи вхідних змінних;  
 $A, B, C, D, E, K, L$  – підкласи вхідних змінних;

Будемо вважати, що всі змінні, що стоять у вершинах дерева (Рис.6.1), є лінгвістичними змінними зі слідуючими нечіткими термами:

$\{2-, 2, 2+, 3-, 3, 3+, 4-, 4, 4+, 5-, 5, 5+\}$  – множина термів для оцінки змінної  $R$ ;

$\{\text{«незначні»}, \text{«малі»}, \text{«середні»}, \text{«великі»}, \text{«дуже великі»}\}$  – множина термів для оцінки змінних  $X$ (геометричні спотворення),  $D$ (дисторсія),  $Y, K$ (шуми),  $A, B, Z$ (кольороспотворення каналу «а» , «в» та загальне).

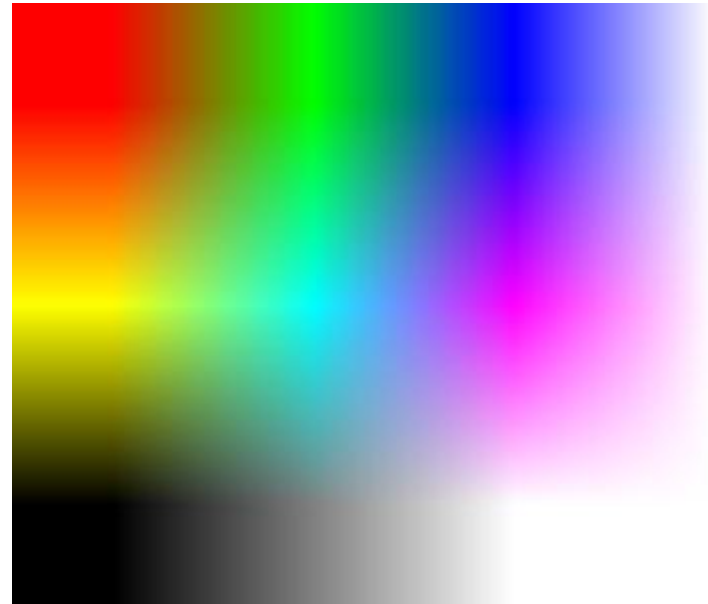
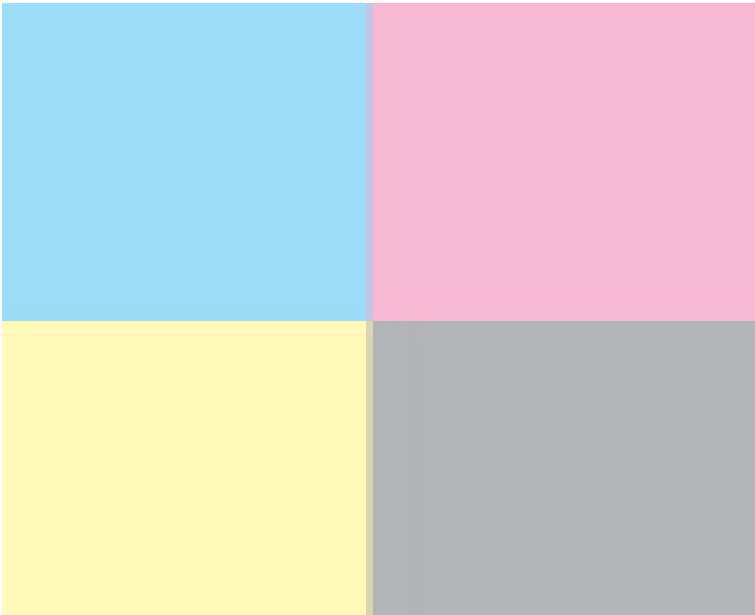
$\{\text{«відповідає»}, \text{«не відповідає»}\}$  - множина термів для оцінки змінної  $C$ (роздільна здатність),

$\{\text{«яскраві»}, \text{«не яскраві»}\}$  - множина термів для оцінки змінної  $L$ (яскравість),

$\{\text{«сприятливі»}, \text{«не сприятливі»}\}$  - множина термів для оцінки змінної  $E$ (умови зйомки).

# Методологія вимірювання шумів

Метод виявлення шумів в зображенні базується на фотографуванні тестової картинки, яка представляє собою головні кольори кожного з каналів кольорової моделі ( RGB, CMYK, Lab ).



# Математична модель вимірювання шумів

- Кожен з кольорів моделі (С, М, Y, К) представляє собою масив  $\bar{Y}_\phi$ , який складається з елементів  $y_{ij}^k$ :
 
$$y_{ij}^k \in \bar{Y}_\phi$$
- Припустимо, що критерієм шуму є дисперсія  $\sigma^2\{y_{ij}^k\}$ . Так як дисперсія є двосторонньою, то використовувати її в якості критерію для оцінки шуму незручно. В даному випадку, в якості критерію шуму, краще використовувати математичне очікування відхилень від  $y_{вим}^k$ .
- Максимальним числом системи кодування кольору у відсотковому відношенні вважається 100%. При фотографуванні отримуємо по 50% кожного з кольорів.
- Максимальний рівень шуму для певного класу фотоапаратів  $y_{\max}^k$  береться з експертних оцінок. Пороговими значеннями шуму при певних параметрах чутливості (ISO 80, 160 та 320) є 5%, 10% та 20% відповідно. Всі отримані значення які нижчі порогових не вважаються шумом. Якщо в результаті отримані дані перевищують порогові значення, то необхідно знайти їх математичне очікування:
 
$$y_{вим}^k \quad y_{ij}^k - y_{вим}^k \geq y_{пор}^k$$
- де  $y_{\text{нн}}^k = y_{\max}^k / 20$

Отже, математичне очікування  $y^k = E\{\bar{Y}_{ij}\}$  є критерієм оцінки шуму

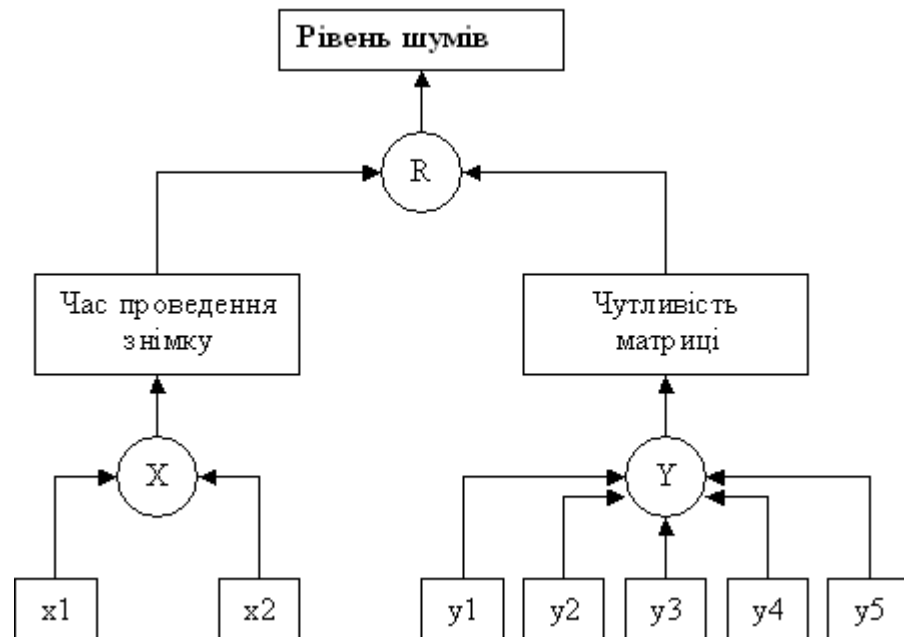
# Визначення інтегрального та частинних показників оцінки шумів в цифрових фотоапаратах методом нечіткої логіки

Позначимо інтегральний показник рівня шумів через  $R$ . Цей показник оцінюється за допомогою частинних показників:  
 $X$  – час проведення знімку, де  $x_1$  – зйомка проводиться вдень,  $x_2$  – зйомка проводиться вночі;  $Y$  – чутливість матриці, де  $y_1$  – 100 ISO,  $y_2$  – 200 ISO,  $y_3$  – 400 ISO,  $y_4$  – 600 ISO,  $y_5$  – 800 ISO.  
Представимо схему ієрархії прийнятих показників у вигляді дерева виводу  
Дану схему представимо у вигляді співвідношень

$$R = fR ( X, Y )$$

$$X = fX ( x_1, x_2 )$$

$$Y = fY ( y_1, \dots, y_5 )$$

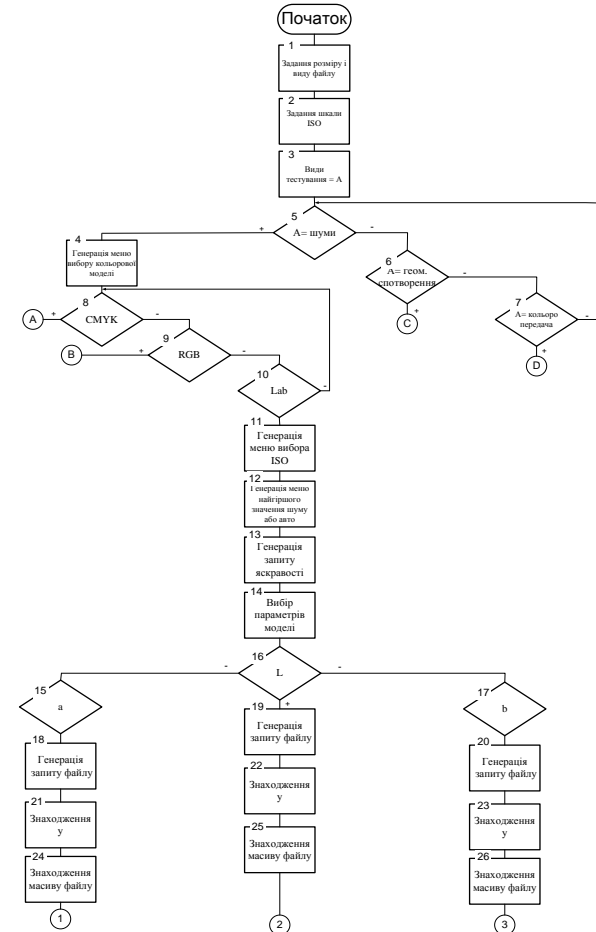


Цим співвідношенням надалі будуть поставлені у відповідність нечіткі логічні рівняння, які дозволяють обчислити рівень показника  $R$  за максимумом функції належності.

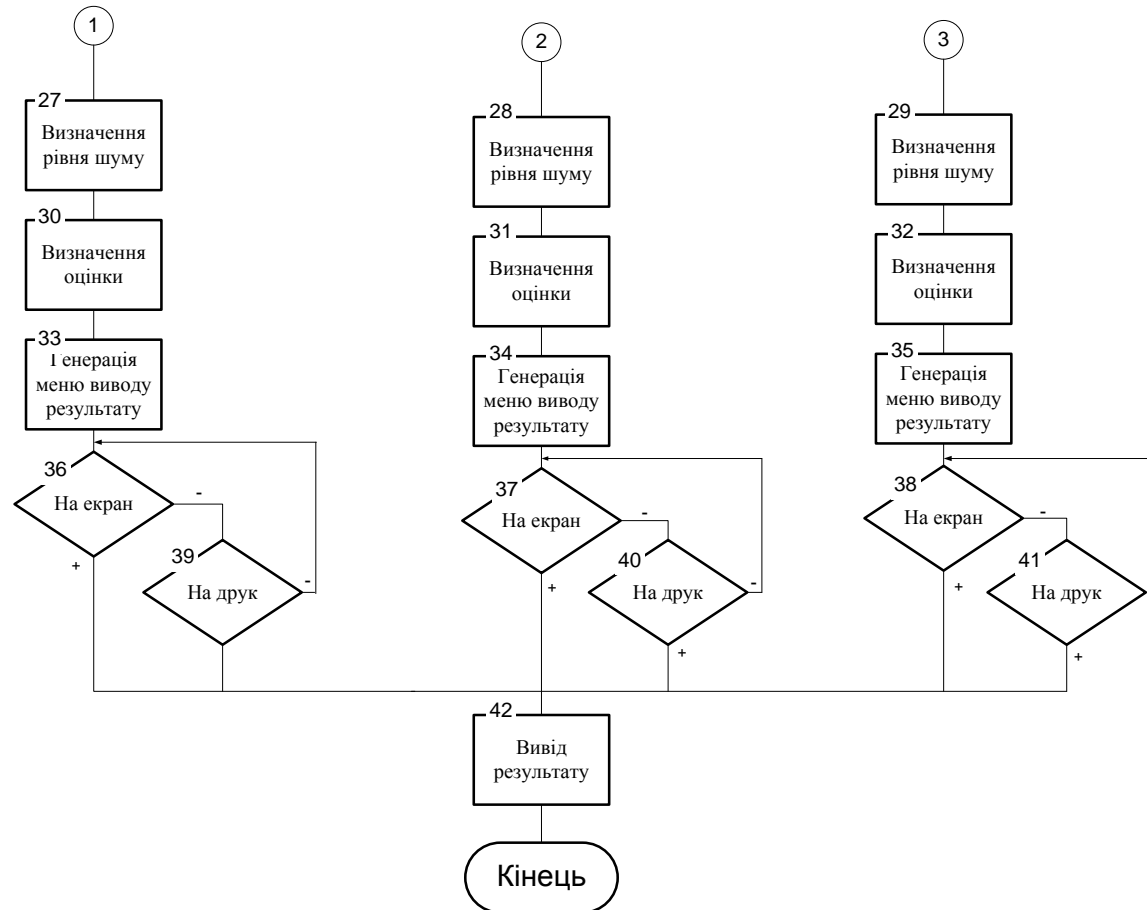
# Алгоритм тестування цифрових фотоапаратів на шумові завади

- Тестування цифрових фотоапаратів на шумові завади проводиться згідно наступного алгоритму.
- 1 Крок: Вибираємо кольорову модель в якій проводиться тестування, наприклад Lab.
- 2 Крок: Задаємо значення шкали чутливості.
- 3 Крок: Вводимо найгірше значення шуму, яке задається користувачем на підставі свого досвіду, або вибираємо автоматичний режим виводу значення.
- 4 Крок: Задаємо значення яскравості.
- 5 Крок: Вибираємо в якому параметрі кольорової моделі Lab провести тестування.
- 6 Крок: Вибираємо файл для тестування.
- 7 Крок: Знаходимо вимірне значення інтенсивності кольору в певному каналі.
- 8 Крок: Знаходимо масив файлу.
- 9 Крок: Визначаємо рівень шуму.
- 10 Крок: Визначаємо оцінку фотоапарата що тестується.
- 11 Крок: Виводиться результат тестування.
- Алгоритм, що розглядався, представлений на рис

Алгоритм роботи програми тестування на шумові завади

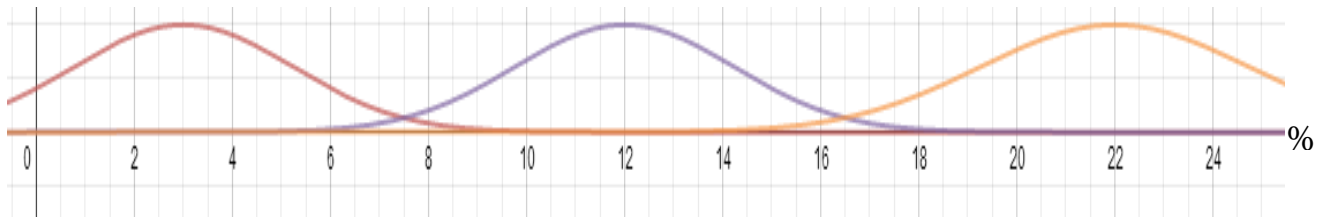
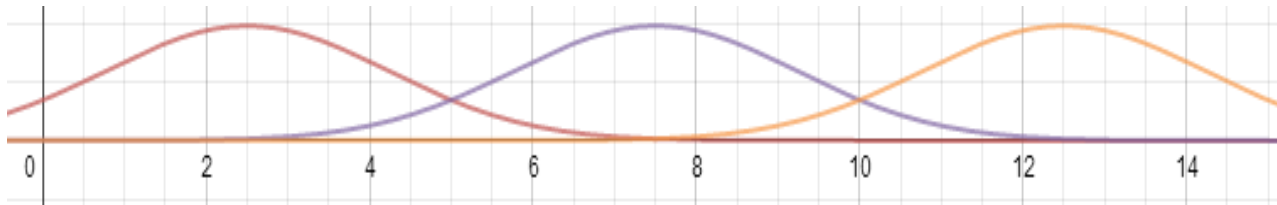
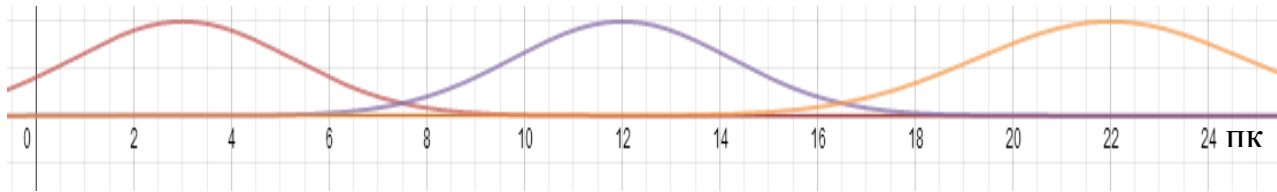


# Продовження алгоритму



# ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО БЛОКУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ

## Функція належності усіх термів лінгвістичних змінних





# Розробка спрощеного програмного блоку

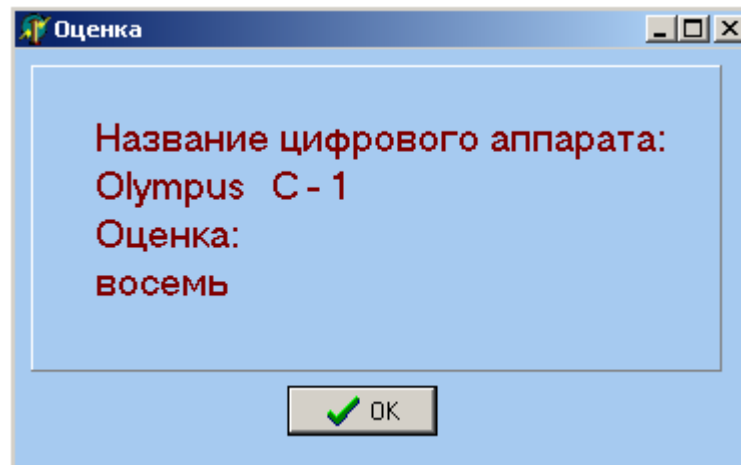
## Алгоритм роботи спрощеного блоку



## Нечітка база знань спрощеного блоку

ЯКЩО				ТО
№ п/п	a	b	c	D
1	М	М	М	Висока якість зображення
2	М	С	М	
3	С	М	М	
4	С	С	М	Середня якість зображення
5	М	М	С	
6	С	С	С	
7	В	В	С	Задовільна якість зображення
8	В	М	В	
9	М	В	В	
10	В	С	В	Низька якість зображення
11	С	В	В	
12	В	В	В	

# Вікно програми, яке виводить результат тестування



# ВИСНОВКИ

Всі задачі, що поставлені в завданні на магістерську кваліфікаційну роботу, виконані в повному об'ємі, а саме:

- проаналізовано існуючої методології вимірювання шумів та дисторсії;
  - виконано математичне моделювання та формалізація ієрархічного процесу виведення узагальненого (інтегрованого) показника величини шумів та дисторсії;
  - виконано математичне моделювання вимірювання величини шумів;
  - виконано математичне моделювання вимірювання величини дисторсії;
  - виконано проектування та реалізацію програмного забезпечення технології оцінювання якості фотокамер;
  - проведено тестування програмного продукту та проаналізовані отримані результати;
  - в роботі також вирішено ряд економічних задач які свідчать про доцільність та економічну ефективність розробки та реалізації інформаційної технології оцінювання якості фотокамер..
- Результати роботи відповідають поставленим задачам. Поставлена мета, а саме підвищення достовірності оцінки якості, досягнута за рахунок застосування на всіх стадіях виведення оцінки якості єдиного апарату нечіткої логіки і єдиної нечіткої продукційної бази знань.