

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА**

на тему Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

Шифр і назва спеціальності

Виконав: студент 2 курсу, група КНм-20-2

О.А. Пасічник

Ініціали, прізвище

Керівник: д.т.н., професор кафедри КН

О.В. Бармак

Ініціали, прізвище

Нормоконтроль: к.т.н., доцент кафедри КН

Р.О. Багрій

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КН, д.т.н., професор

О.В. Бармак

Ініціали, прізвище

2 грудня 2021 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

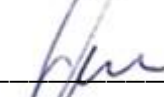
Освітній ступінь магістр

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук



(підпис)

д.т.н., професор О.В. Бармак

« 1 » вересня 2021 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: «Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень»

2. Завдання видано студенту Пасічнику Олександрю Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

3. Керівник роботи д.т.н., професор кафедри КН Бармак Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

4. Затверджені наказом університету від « 25 » серпня 2021 р. № 102

5. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:

Мета роботи – розробка методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень та програмна реалізація відповідної тестової інформаційної системи для дослідження практичної ефективності запропонованого методу збору, обробки та представлення у зручній формі результатів спостережень за рухливим об'єктом. В основу методики збору та обробки інформації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень покладено апаратно-програмні інструментальні засоби, що поєднують інструментарій отримання цифрового зображення, методологічні підходи спрощення умов спостереження та опрацювання результатів спостереження шляхом застосування спеціальних маркерів та відповідних розрахункових співвідношень. Запропонований метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень повинен дозволити проводити відповідні вимірювання з точністю прийнятною для широкої сфери застосування.

Реферат

Кваліфікаційна робота магістра присвячена розробці методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Актуальність теми. Поширення інформаційних технологій, розповсюдження дешевих та ефективних засобів фіксації зображень, що ґрунтуються на комп'ютерних технологіях, привели до розвитку та впровадження методів вимірювань лінійних переміщень за аналізом зображень.

Мета і задачі роботи. Мета роботи полягає у розробці методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні задачі дослідження:

- визначити послідовність застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- визначити структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- сформулювати функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- визначити функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- вирішити задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях;
- сформулювати математичну залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення;
- реалізувати програмну складову методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Об'єкт дослідження – процес обробки зображень у цифровому форматі.

Предмет дослідження – цифрове зображення як основа методу вимірювання

лінійних переміщень.

Методи дослідження, застосовані для вирішення поставлених завдань:

для визначення послідовності застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методи аналізу,
 - системний підхід,
- методи обробки зображень;

для визначення структури інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- теорія алгоритмів,
- методи обробки зображень,
- системний аналіз,
- методи оптимізації;

для формулювання функціональних відмінностей апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методи системотехніки,
- метрологія,
- структурний аналіз,
- методологія проектування технічних систем,
- методологія проектування програмних систем;

для визначення функцій програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методи функціонального аналізу;
- методи обробки зображень;

для вирішення задачі встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних

метричних одиницях:

- методи аналітичної геометрії,
- методи обробки зображень;

для формулювання математичної залежності для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення:

- методи аналітичної геометрії,
- методи обробки зображень;

для реалізації програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методологія створення програмних систем,
- об'єктно-орієнтоване програмування.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті проведеної роботи були отримані такі результати:

- набули подальшого розвитку існуючі непрямі методи визначення лінійних переміщень, які ґрунтуються на аналізі серії послідовних цифрових зображень;
- вдосконалено метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

Практичне значення одержаних результатів. На основі розробленого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень було реалізовано методику вимірювання, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Основні наукові та практичні результати доповідалися на конференціях:

- доповідь на тему «Програмна система методу вимірювання лінійних

переміщень за аналізом зображень» на XIII всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021» 15 листопада 2021 р., м. Хмельницький, Україна.

За темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано три наукових публікації [36, 37, 38] у фахових виданнях, включених в перелік МОН України.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з завдання, реферату, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 38 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг дипломної роботи магістра становить 131 сторінок, з них 81 сторінки основного тексту та 50 сторінок додатків. У роботі наведено 46 рисунків та 3 таблиці.

Ключові слова: метод вимірювань, лінійні переміщення, аналіз зображень.

Зміст

ВСТУП.....	4
Розділ 1. Аналіз сучасного стану проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.....	9
1.1 Аналіз предметної області.....	9
1.2 Аналіз сучасних наукових публікацій з проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.....	15
1.3 Дослідження інформаційного забезпечення для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.....	18
Висновки до розділу та постановка задачі.....	19
Розділ 2. Інформаційна модель для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення.....	21
2.1 Методологічна основа методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення.....	21
2.2 Математичне забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.....	25
Висновки до розділу 2.....	33
Розділ 3. Проектування програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.....	34
3.1 Структура модулів системи, їх взаємозв'язок.....	34
3.2 Розробка програмних модулів.....	42
Висновки до розділу 3.....	43
Розділ 4. Валідація та верифікація методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.....	46
4.1. Загальні положення застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення.....	46
4.2. Результати застосування методу вимірювання лінійних переміщень за	

аналізом зображення на всьому діапазоні спостережень.....	39
4.3. Результати застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення на окремих етапах спостереження.....	51
Висновки до розділу 4.....	70
Висновки.....	73
Література.....	77
Додатки	

Вступ

Актуальність теми. Поточний етап розвитку людства характеризується величезними обсягами та потоками інформації, які поширюються в усіх сферах його життєдіяльності.

Характерною рисою розвитку технологій та техніки є інформаційний вибух. Так, до прикладу, якщо в середині XIX століття обсяг інформації подвоювався за 50 років, то вже на початку XX сторіччя це відбувалося за 20 років, а наприкінці минулого століття цей термін скоротився до 3-4 років.

Опанування та ефективне використання інтенсивно зростаючими обсягами інформації та даних задля задоволення потреб науки та виробництва на сучасному етапі розвитку техніки та технологій є можливим на основі використання сучасних інформаційних технологій.

Серед різноманітних видів інформації, які використовує людство у своїй повсякденній науковій, виробничій та побутовій діяльності важливу роль відіграє вимірювальна інформація, яка містить кількісну оцінку результатів наукових досліджень та спостережень, стану виробничих та технологічних процесів, характеристик виробів, параметрів навколишнього середовища, фізіологічного та психоемоційного стану людини, тощо.

Поширення інформаційних технологій, розповсюдження дешевих та ефективних засобів фіксації зображень, що ґрунтуються на комп'ютерних технологіях, привели до розвитку та впровадження методів вимірювань лінійних переміщень за аналізом зображень.

Мета і задачі роботи. Мета роботи полягає у розробці методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні задачі дослідження:

- визначити послідовність застосування методу вимірювання лінійних

переміщень за аналізом зображень;

- визначити структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- сформулювати функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- визначити функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- вирішити задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях;

- сформулювати математичну залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення;

- реалізувати програмну складову методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Об'єкт дослідження – процес обробки зображень у цифровому форматі.

Предмет дослідження – цифрове зображення як основа методу вимірювання лінійних переміщень.

Методи дослідження, застосовані для вирішення поставлених завдань:

для визначення послідовності застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методи аналізу,

- системний підхід,

методи обробки зображень;

для визначення структури інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- теорія алгоритмів,

- методи обробки зображень,
- системний аналіз,
- методи оптимізації;

для формулювання функціональних відмінностей апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методи системотехніки,
- метрологія,
- структурний аналіз,
- методологія проектування технічних систем,
- методологія проектування програмних систем;

для визначення функцій програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методи функціонального аналізу;
- методи обробки зображень;

для вирішення задачі встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях:

- методи аналітичної геометрії,
- методи обробки зображень;

для формулювання математичної залежності для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення:

- методи аналітичної геометрії,
- методи обробки зображень;

для реалізації програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень:

- методологія створення програмних систем,

- об'єктно-орієнтоване програмування.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті проведеної роботи були отримані такі результати:

– набули подальшого розвитку існуючі непрямі методи визначення лінійних переміщень, які ґрунтуються на аналізі серії послідовних зображень;

– вдосконалено метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях

Практичне значення одержаних результатів. На основі розробленого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень було реалізовано методику вимірювання, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Основні наукові та практичні результати доповідалися на конференціях:

– доповідь на тему «Програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень» на XIII всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021» 15 листопада 2021 р., м. Хмельницький, Україна.

За темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано три наукових публікації [36, 37, 38] у фахових виданнях, включених в перелік МОН України.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з завдання, реферату, змісту, переліку скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань із 39 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг дипломної роботи магістра становить 131 сторінок, з них 81 сторінки основного тексту та 5

сторінок додатків. У роботі наведено 46 рисунків та 3 таблиці.

Ключові слова: метод вимірювань, лінійні переміщення, аналіз зображень.

РОЗДІЛ 1

Аналіз сучасного стану проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

1.1 Аналіз предметної області

Поточний етап розвитку людства характеризується величезними обсягами та потоками інформації, які поширюються в усіх сферах його життєдіяльності [1]. Характерною рисою розвитку технологій та техніки є інформаційний вибух. Так, до прикладу, якщо в середині XIX століття обсяг інформації подвоювався за 50 років, то вже на початку XX сторіччя це відбувалося за 20 років, а наприкінці минулого століття цей термін скоротився до 3-4 років [1].

Серед різноманітних видів інформації, які використовує людство у своїй повсякденній науковій, виробничій та побутовій діяльності важливу роль відіграє вимірювальна інформація, яка містить кількісну оцінку результатів наукових досліджень та спостережень, стану виробничих та технологічних процесів, характеристик виробів, параметрів навколишнього середовища, фізіологічного та психоемоційного стану людини, тощо [1].

Розвиток наукових досліджень та спостережень фундаментального та прикладного характеру, провадження технологічних процесів та контролю їх параметрів потребує вимірювання значної кількості фізичних величин різноманітної природи. Свідченням щодо кількості та різноманіття фізичних величин є той факт, що система одиниць СІ містить 7 основних, 2 додаткових та 113 похідних одиниць, зокрема магнітних та електричних 40, світлових 15, механічних 14, акустичних 14, теплових 11, молекулярної фізики та фізичної хімії 11, часових та просторових 6, іонізуючого випромінювання 2 [1]. Що обсягів вимірювання наприкінці XX століття у промисловості мали місце такі частки вимірювання різноманітних фізичних

величин, зокрема, вимірювання об'єму - 50%, вимірювання масових та об'ємних витрат - 15%, вимірювання тиску - 10%, вимірювання рівня - 5%, вимірювання маси та об'єму - 5%, вимірювання часу - 4%, визначення характеристик матеріалів - 4%, вимірювання електричних та магнітних величин - 5% [1]. Таким чином, основну питому частку у вимірюваннях фізичних величин складають вимірювання неелектричних величин, цей процес є масовим, а зазначена тенденція зберігатиметься й розвиватиметься в майбутньому [1].

Загальносвітовою тенденцією розвитку техніки та технологій є покращення практично всіх виробів. Обставиною, що об'єктивно сприяє підвищенню їх якості, надійності та довговічності, є вивчення відповідних властивостей, параметрів та характеристик матеріалів, деталей, вузлів, агрегатів та систем з поглибленим рівнем інформативності зі збереженням та накопиченням даних, з їх подальшою структуризацією, систематизацією, класифікацією тощо.

Перед дослідниками та науковцями завжди поставала задача отримання максимально можливо повної та достовірної інформації щодо явищ та процесів, які мають місце, при проведенні кожного дослідження. Проблему збільшення інформативності спостережень та достовірності отримуваної дослідної інформації можливо вирішувати за рахунок цілеспрямованого збільшення обсягів отримуваних даних, зокрема зменшення часових інтервалів між окремими дискретними вимірюваннями, забезпеченням безперервного вимірювання параметрів процесів без їх зупинки або (та) без розбирання, використанням відповідних засобів реєстрації вимірюваних досліджуваних параметрів, які мало спотворюють спостережувані закономірності, застосуванням різноманітних засобів візуалізації досліджуваних процесів, використанням новітніх методів та методик вимірювання, які ґрунтуються на принципово інших фізичних процесах чи явищах [2].

Перспективним та загальноприйнятим напрямком вирішення згаданих задач

та проблем є запровадження різного роду систем автоматичної реєстрації параметрів процесів [3, 4].

В наукових дослідженнях майже двісті років широко застосовуються методи візуалізації та документування у яких використовується фототехніка. Широке застосування фотографії обумовлюється можливістю об'єктивно документувати різноманітні процеси та явища в якісній та кількісній формах.

Широке застосування фотографії обумовлене як можливістю об'єктивного документування різноманітних процесів і явища, так й, головним чином, рядом суттєвих переваг у порівнянні з оком людини [5]. При порівнянні фотографічних методів спостереження з візуальними, що використовують лише око людини, можливо відзначити такі характерні для них переваги [5]:

- покращене документування результатів спостереження;
- можливості тиражування у довільній, практично необмеженій кількості;
- кращі можливості щодо внесення додаткових необхідних змін, масштабування та корегування геометричного викривлення;
- можливості вимірювання як за лінійними розмірами, так й за силою світлового впливу;
- відсутність практичних обмежень щодо тривалості досліджуваного явища чи процесу;
- підвищені можливості щодо накопичення результатів спостережень та вимірювань;
- більш широкі можливості стосовно кількості параметрів, які фіксуються одночасно;
- більш широкі спектральні можливості.

Характерні особливості фотографічних методів реєстрації інформації як результату досліджень та спостережень мають суттєві переваги й що й обумовлює

їхнє широке застосування у багатьох різноманітних галузях життєдіяльності людини [5].

В розрізі практичного застосування вирізняють якісний та кількісний підходи.

У першому випадку при використанні фотографічних матеріалів виявляють, згідно мети та відповідно до принципів можливостей, тільки якісні характеристики та закономірності досліджуваних явищ чи процесів, що дозволяє у подальшому лише якісному рівні описати отримувані характеристики та властивості об'єктів спостереження. Зазначений є доцільним та корисним якщо дослідження виконується на певних початкових стадіях й коли вивчаються лише загальні та принципові властивості певних явищ або щодо закономірностей протікання досліджуваних процесів, а також у випадку коли досліджуваний процес, явище або властивості об'єкту не мають математичної моделі або її наявність не є необхідною на цьому етапі досліджень.

Суттєво більш інформативними є кількісні фотоматеріали. Та дані дозволяють отримувати поряд з якісними, також кількісні характеристики об'єктів та (або) процесів. З методологічної точки зору сутність фотографічного методу вимірювань лінійних переміщень полягає у визначенні зміни положення досліджуваного об'єкту на послідовності фотографій. В загальному випадку, внаслідок складності та практичної неможливості встановити обладнання для вимірювань таким чином, щоб лінійне переміщення об'єкту відбувалося вздовж лише однієї, наперед визначеної, осі й тому в загальному випадку необхідно враховувати переміщення як у горизонтальному, так, й у вертикальному напрямках з одночасним можливим віддаленням або наближенням об'єкту спостереження до вимірювальної апаратури. Можливе віддалення або наближення маркера доцільно мінімізувати, наприклад, певним "правильним" встановленням вимірювальної

апаратури.

У свою чергу поточний стан техніки та технологій, наукових досліджень зокрема, характеризується масштабним застосуванням інформаційних технологій широкого спектру та застосування [6 - 8].

Серед поточних тенденцій в задачах інформатизації на основі комп'ютерних технологій у різноманітних сферах життєдіяльності людини особливу увагу заслуговує цифрова фото- та відеотехніка. Суттєві досягнення в цій галузі з технічної, технологічної та економічної точок зору обумовлюють можливості широкого застосування в науці та промисловості цифрових фотоапаратів [2, 6, 9 - 11]. Перевагами сучасної цифрової фототехніки є використання зручних, малогабаритних, відносно дешевих пристроїв, з можливістю швидкого отримання результатів, зручного їх перегляду, оперативної передачі каналами зв'язку у необхідній та зручній формах. Особливо широкі можливості застосування саме цифрової фототехніки відкриваються в зв'язку з тим, що згадані пристрої є високотехнологічними готовими рішеннями з вбудованими апаратними та програмними інтерфейсами, наявність яких спрощує задачу їх інтеграції та адаптування в системи практично майже будь-якого призначення на основі інформаційних технологій.

Кількісна фотографія фактично є непрямим методом вимірювання. Метод вимірювання лінійних переміщень на основі аналізу зображень є непрямим оскільки на початку дослідник має справу із певною сукупністю об'єктів, що формують зону зйомки, що фіксується як кадр, а у подальшому відтворюється як фотовідбиток або зображення на екрані монітору.

З методологічної точки зору, розміри на цифровому знімку визначаються у пікселях. Підґрунтям вирішення задачі встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних одиницях або орозмірювання знімків є використання інформації про умови

зйомки, використання інформації про розміри зони зйомки або використання еталонних об'єктів із апріорі відомими розмірами.

Цифрова фотографія є фактично природно кількісною, оскільки є набором певної кількості пікселей, що й визначає зручні можливості для запровадження методів вимірювання лінійних переміщень за результатами аналізу зображень. Широкому впровадженню методу вимірювання лінійних переміщень на основі аналізу зображень, який ґрунтується саме на кількісній та саме цифровій фотографії сприяють, в першу чергу, дві такі обставини [9, 10]:

- для визначення розмірів об'єктів на цифровій фотографії додатково є потрібною невелика кількість певних даних щодо умов її отримання, а саме вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень може виконуватися згодом, через деякий, можливо достатньо тривалий період часу;

- інформатизація наукових досліджень та промисловості, й у тому числі фотографії, дозволяє використовувати сучасні комп'ютерні технології для обробки та автоматизації процесів спостереження та вимірювання у широкому сенсі цих термінів, й зокрема, при реалізації методу вимірювання лінійних переміщень на основі аналізу зображень.

Для покращення якості фотографічного зображення, що природно обумовлює точність методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, можуть застосовуватися різноманітні додаткові технічні пристрої (штативи, струбцини, стедіками тощо) для пасивної або активної стабілізації камери. Як супутній ефект, це дозволяє більш точно визначати умови формування зображення, що визначає зручні передумови для спрощення подальшого аналізу та підвищення точності методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення.

Зазначені практичні зручності обумовлюються відсутністю необхідності додаткових кроків у питаннях керування пристроєм та отримання первинної

інформації, яка одразу представляється в багатоваріантній, доступній та зручній формах. Тобто, цифрова фотографія й цифрова фототехніка є доступним та зручним підґрунтям для формування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Аналіз предметної області засвідчує широку розповсюдженість та об'єктивну потребу у різноманітних вимірюваннях серед яких суттєвий об'єм припадає на непрямі методи. Запровадження інформаційних технологій є одним із панівних напрямків підвищення точності та достовірності, розширення сфери застосування різноманітних методів вимірювань відповідно до наявних та майбутніх потреб виробництва та науки.

1.2 Аналіз сучасних наукових публікацій з проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Питання вимірювання лінійних переміщень має історично тривалу ретроспективу, але залишається актуальним, зокрема в частині точності, засобів та методів.

Так в роботі [12] розглянуто основні методи і засоби вимірювань електричних, магнітних і неелектричних величин та положення щодо оцінювання точності вимірювань. Як приклад різноманіття та широкого кола задач вимірювань, в загальному сенсі цього терміну, можливо навести роботу [13], яка присвячена тригонометричному та геометричному нівелюванню з відповідним напрацюванням методів та рекомендацій щодо підвищення їх точності.

Однією з панівних тенденцій сучасної практики вимірювань є широке залучення інформаційних технологій. Одним з ефективних варіантів вирішення задачі вимірювання із використанням згаданого підходу є запровадження непрямих

методів, що ґрунтуються на методах обробки зображень.

Так, наприклад, науково-технічне завдання підвищення ефективності методів вимірювання може вирішуватися оптико-електронним позиціонуванням та пасивним стереоскопічним вимірюванням дальності за рахунок розробки та впровадження завадостійких методів обробки оптичного потоку розв'язано в роботі [14].

В роботі [15] визначення параметрів переміщень об'єктів виконується на основі алгоритмічної обробки їх зображень, зокрема, для визначення геометричних розмірів об'єктів на зображенні пропонуються два методи – шляхом виділення контурів з подальшим переходом до символічного опису зображення або шляхом сегментації зображення за рівнем яскравості із визначенням координат контурних точок об'єктів. Й, відповідно, за послідовністю таких зображень, можна визначити лінійні та кутові переміщення.

Ще однією широкою сферою, що потребує, з одного боку, результатів вимірювань, а з іншого – отримує первинну інформацію, зокрема, у вигляді зображень, є системи технічного зору.

Так в роботі [16] окреслені сфери техніки та науки, що активно використовують різноманітні системи технічного зору. В цій роботі зазначені базові напрямки застосування таких систем та запропонована нова формула міри відстані між об'єктами та представлений її аналіз.

Застосування вимірювальних систем, що передбачають використання зображень, об'єктивно потребують використання тих чи інших методів цифрової обробки зображень та комп'ютерного зору

В роботі [17] розглянуто теоретичні та практичні аспекти використання згаданих методів та висвітлено способи математичного опису зображень, методи фільтрації та відновлення зображень, методи морфологічної обробки бінарних

зображень та методи комп'ютерного зору, що використовуються для визначення відстаней до об'єктів та (або) їх лінійних розмірів.

В роботі [18] наведено базові методи цифрової обробки зображень та представлено приклади, щодо їх практичного застосування.

В роботах [19, 20] представлені теоретичні аспекти обробки зображень та розглядаються питання формування та аналізу зображень, їх обробки та сегментації й представлені алгоритми вирішення задач розпізнавання образів та комп'ютерного зору.

Одним із шляхів покращення методів вимірювання за аналізом зображення є використання штучних об'єктів, переміщення яких точно відповідають переміщенням об'єкту спостереження, а їх кольорова схема або структура дозволяють їх легко ідентифікувати на зображенні будь якого ступеня складності.

Так робота [21] містить матеріали досліджень що створення структурних методів розпізнавання об'єктів спостереження на відповідних зображеннях за умов геометричних перетворень в умовах завод. В цій роботі наведені сучасні методи створення структурного опису зображення, формування структур та співвідношень ознак, побудови мір подібності описів, застосування методів фільтрації та стиснення зображення з метою покращення швидкодії та достовірності при вирішенні прикладних задач широкого профілю, пов'язаних з аналізом зображень.

Аналіз сучасних наукових публікацій з проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень підтверджує доцільність розробки різноманітних методів вимірювання, а зазначений підхід є ефективним з великим потенціалом застосування.

1.3 Дослідження інформаційного забезпечення для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Одним із напрямків застосуванням комп'ютерних технологій в наукових дослідженнях та виробничій практиці полягає у створенні апаратно-програмних комплексів різноманітної будови із використанням різних фізичних принципів та різних методів та методик вимірювань.

Так в роботах [3, 4, 5, 22-24] представлено апаратно-програмний комплекс автоматичного вимірювання і реєстрації величини зносу (КАВіРВЗ), який забезпечує автоматичну реєстрацію величини лінійного зносу та її зміну. В роботах [3, 4] апаратно-програмний вимірювальний комплекс побудований із використанням оригінального механічного давача переміщень, що ґрунтується на стандартному інтерфейсі персонального комп'ютера. В роботах [22-24] реалізовано комп'ютеризований комплекс для вимірювання лінійних переміщень та зносу, який побудований із використанням індуктивного давача. Індуктивний давач є більш чутливим та точним, ніж згаданий раніше механічний, але потребує розробки та реалізації додаткового стороннього аналого-цифрового перетворювача.

В роботах [10, 11, 24-27] представлено програмно-апаратні комплекси для вимірювань лінійних переміщень, які базуються на засобах цифрової фотографії з подальшим використанням методів аналізу зображень.

Суттєвою та невід'ємною складовою використання комп'ютерних технологій в практику наукових досліджень та виробничої діяльності є розробка відповідного програмного забезпечення. Програмна складова є важливою частиною як апаратно-програмних систем [28], так й програмно-апаратних [29, 30]. Програмне забезпечення зазначених вимірювальних систем є спеціалізованим в наслідок специфічності застосування.

Дослідження інформаційного забезпечення для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень свідчать про його специфічний характер та суттєву потребу в адаптації задля вирішення конкретних задач науки та виробництва.

Висновки до розділу та постановка задачі

Проведений аналіз предметної області свідчить про широку розповсюдженість та наявну потребу у різноманітних вимірюваннях неелектричних величин серед яких суттєвий об'єм припадає на непрямі методи лінійних переміщень. Запровадження інформаційних технологій є одним із панівних напрямків підвищення точності та достовірності, розширення сфери застосування різноманітних методів вимірювань відповідно до наявних та майбутніх потреб виробництва та науки.

Аналіз сучасних наукових публікацій з проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень підтверджує доцільність розробки різноманітних методів вимірювання, а зазначений підхід є ефективним з великим потенціалом застосування.

Дослідження інформаційного забезпечення для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень свідчать про його специфічний характер та суттєву потребу в адаптації задля вирішення конкретних задач та наявних потреб у різноманітних сферах життєдіяльності людини.

З урахування зазначеного, необхідним є розробка методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі задачі:

- визначити послідовність застосування методу вимірювання лінійних

переміщень за аналізом зображень;

- визначити структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних

переміщень за аналізом зображень;

- сформулювати функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- визначити функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- вирішити задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях;

- сформулювати математичну залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення;

- реалізувати програмну складову методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

РОЗДІЛ 2

Інформаційна модель для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення

2.1 Методологічна основа методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення

Методологія вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень на основі інформаційних технологій комплексне об'єднання апаратних засобів та програмного забезпечення задля отримання інформації про досліджуваний процес або об'єкт спостереження з метою її безпосереднього отримання, подальшого збереження, обробки й аналізу (рис. 2.1).

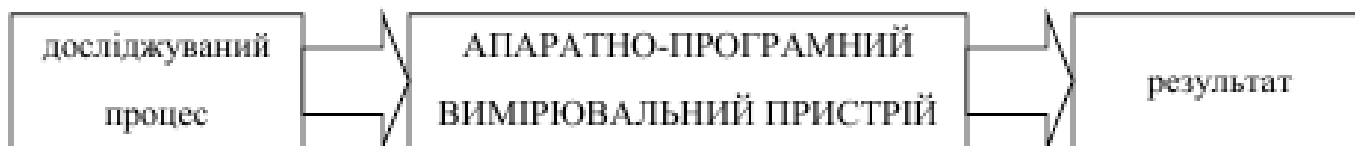


Рисунок 2.1 – Загальна схема застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Поетапна деталізація структури методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень призводить до функціонально-логічного поділу програмного забезпечення на два типи – програмне забезпечення безпосереднього керування апаратними засобами задля отримання початкової інформації та програмне забезпечення для обробки початкових даних, їх аналізу та збереження всього масиву інформації (рис. 2.2).

Використання цифрових засобів отримання зображень задовольняє вимогу щодо першого типу програмного забезпечення на рівні її виробників, оскільки є

невід'ємною складовою такого типу пристроїв й обов'язковою входить в комплект постачання на рівні драйверів.

Характеристики другого типу програмного забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень можуть варіюватися в залежності від умов використання та (або) призначення, хоча функціональність та структура є незмінними.

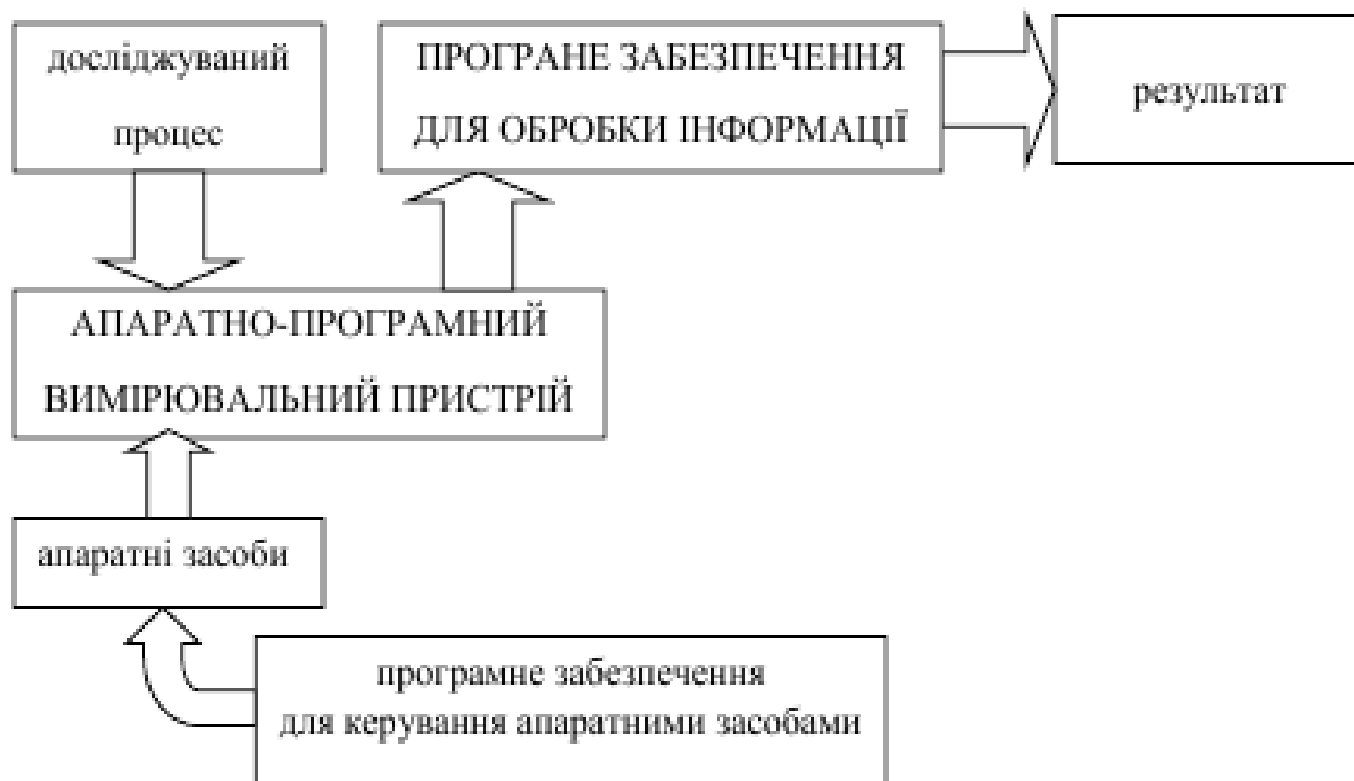


Рисунок 2.2 – Схема застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з деталізацією складу програмного забезпечення

Деталізована схема методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень полягає у наступному (рис. 2.3):

- досліджуваний процес (об'єкт спостереження),
- апаратні засоби отримання зображення,

- апаратні засоби керування пристроями отримання зображення,
- первинні (якісні) дані про досліджуваний процес (об'єкт спостереження),
- вторинні (кількісні) дані про досліджуваний процес (об'єкт спостереження),

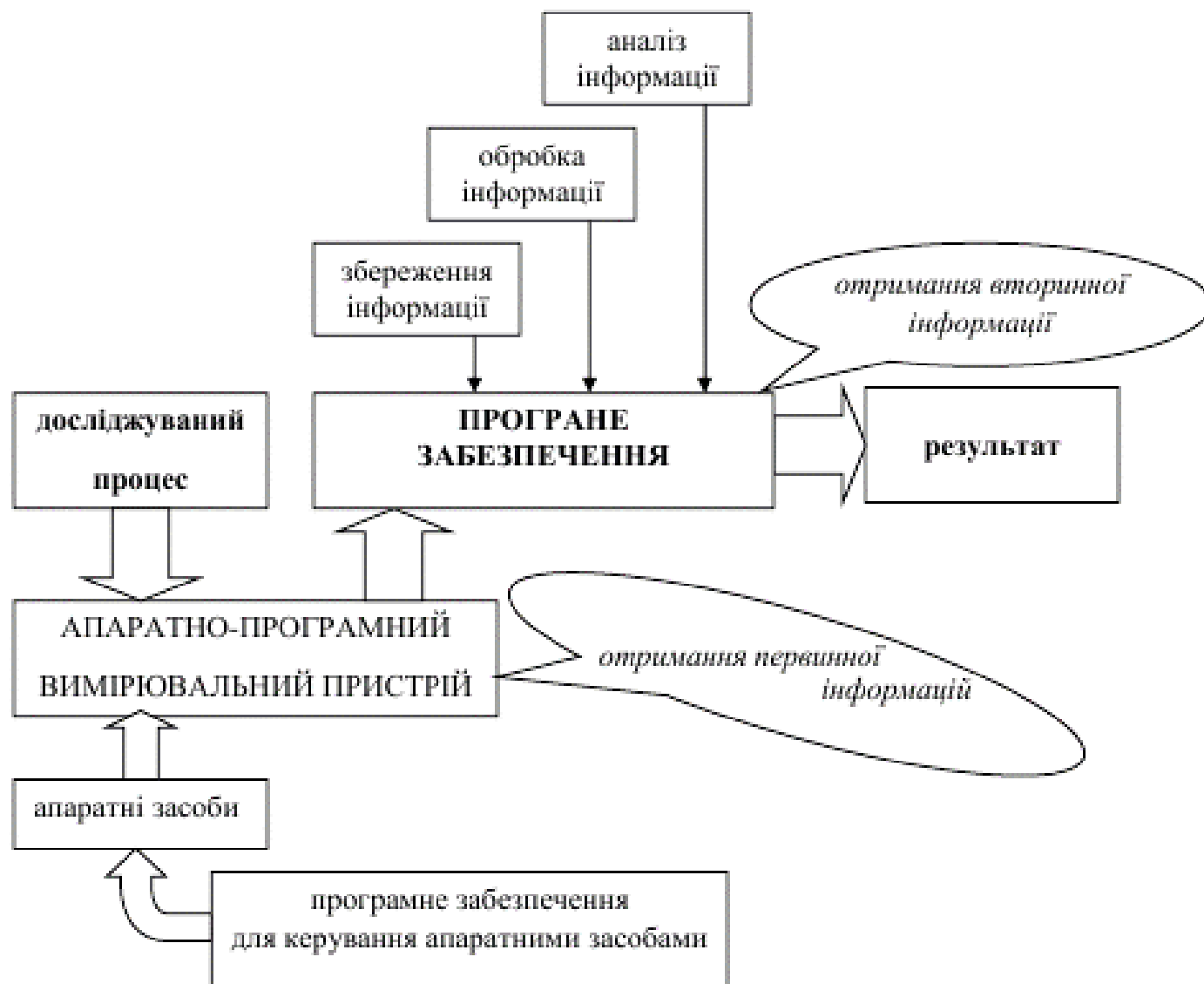


Рисунок 2.3 – Деталізована схема застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

- аналіз вторинних (кількісних) даних про досліджуваний процес (об'єкт спостереження) висновками й рекомендаціями.

Головними складовими сучасних автоматизованих та автоматичних

вимірювальних систем є давач й персональний комп'ютер. Функціонування таких вимірювальних систем полягає у послідовному виконанні певного переліку таких дій (рис. 2.4):

- сприйняття первинної інформації,
- перетворення первинної інформації,
- завершальне перетворення інформації,
- збереження інформації.

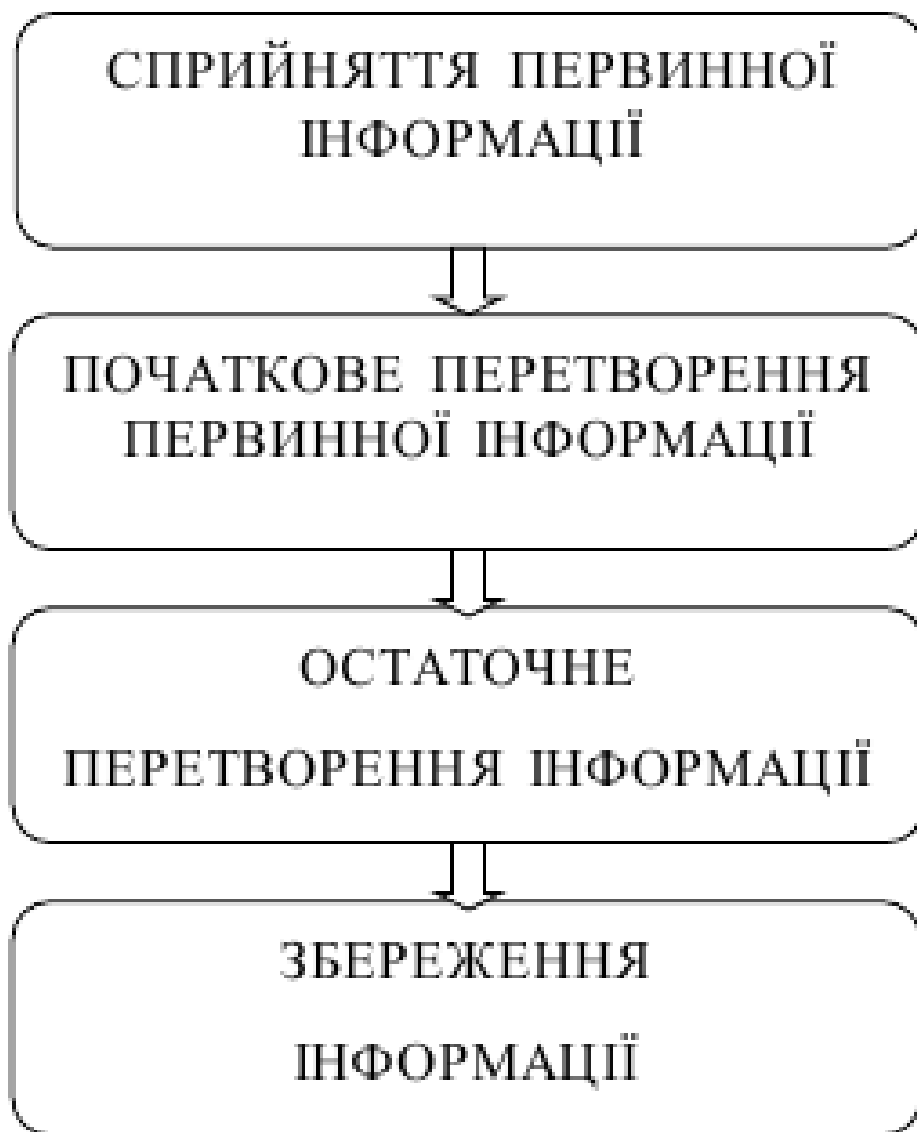


Рисунок 2.4 – Схема інформаційного потоку

В залежності від домінуючої складової побудовані з використанням інформаційних технологій вимірювальні системи можливо умовно розділити на апаратно-програмні та програмно-апаратні.

Відмінності між ними полягають у функціях зазначених вище апаратної та програмної компонент.

При застосуванні апаратно-програмного вимірювального комплексу давач сприймає первинну інформацію й здійснює її первинне перетворення.

Для випадку програмно-апаратного комплексу давач тільки сприймає первинну інформацію, а виконання всіх інших функціональних задач покладається на відповідне програмне забезпечення (рис. 2.5).

Початковим етапом є отримання первинної інформації у вигляді цифрового зображення.

Задля спрощення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення, підвищення його ефективності та швидкодії доцільним є проведення спостережень не за переміщеннями самого об'єкту, який, у загальному випадку, має довільну, складну, наперед невідому форму та текстуру, за певним, спеціально сформованим об'єктом – маркером, переміщення якого відповідають переміщенням об'єкту спостереження та є максимально зручним за геометрією та кольором для методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення.

Тобто, задача визначення лінійних переміщень за аналізом зображення зводиться до визначення зміни положення дискретного зображення маркера.

2.2 Математичне забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Метод визначення лінійних переміщень за аналізом лінійних переміщень має

за мету отримання кількісних значень величин згаданих переміщень. До кількісних величин, на основі яких визначаються кількісні значення лінійних переміщень, в першу чергу, слід віднести геометричні розміри самого об'єкту та його складових.



Рисунок 2.5 – Функції апаратно-програмних та програмно-апаратних комплексів

Це формує принципові можливості щодо застосування фотоматеріалів як початкових даних в методі вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, а використання цифрових засобів формування зображень в комплексі з обчислювальною технікою та належним програмним забезпеченням формує можливості створення ефективних автоматизованих систем.

Такий підхід в рамках методу визначення лінійних переміщень за аналізом зображень об'єднує відповідні технічні засоби та належне програмне забезпечення й формує повний інструментарій від первинної фіксації досліджуваних параметрів до їх остаточного аналізу.

Комплексний підхід дозволяє використати наявні ефективні апаратні засоби й зосередити головну увагу на програмній складовій методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Першим етапом формування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень є розв'язання задачі отримання інформації щодо руху досліджуваного тіла за результатами обробки серії послідовних фотознімків, які містять зображення контрольованого рухомого об'єкту з одночасною фіксацією часових параметрів та отримання залежності "переміщення – час".

Програмна складова методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень виконує такі базові функції:

- отримання та обробка даних за цифровими зображеннями,
- забезпечення мультимедійного режиму обробки файлів зображень,
- обробка початкової інформації в режимі реального часу,
- робота з початковою інформацією в пакетному режимі постобробки,
- отримання кількісних характеристик результатів обробки початкової інформації та її представлення у наочній та зручній формах.

Структурно програмне забезпечення методу вимірювання лінійних

переміщень за аналізом зображень містить такі модулі:

- завантаження і перетворення зображень,
- обробки зображень,
- обчислювальний,
- виведення результатів.

Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень є непрямим методом вимірювання. При використанні методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень є сукупність об'єктів, які формують зону зйомки, що фіксується як кадр. З методологічної точки зору розміри цифрового зображення визначаються у пікселях, й у таких одиницях визначаються розміри присутніх на ньому об'єктів.

Варіантами вирішення задачі встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних метричних одиницях є такі:

- використання інформації про умови отримання зображення (рис. 2.6),
- використання даних про розміри зони зображення (рис. 2.7),
- використання еталонних об'єктів (маркерів) (рис. 2.8.).

Сутність методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень полягає в послідовному порівнянні серії зображень й у відповідному визначенні положення об'єкту спостереження цих зображеннях.

В загальному випадку, в реальних умовах експериментального спостереження або вимірювання практично неможливо встановити апаратні засоби отримання зображення таким, щоб переміщення об'єкту спостереження в серії зображень відбувалося чітко вздовж лише однієї осі, тому зміна положення об'єкту спостереження відбувається згідно рис. 2.9.

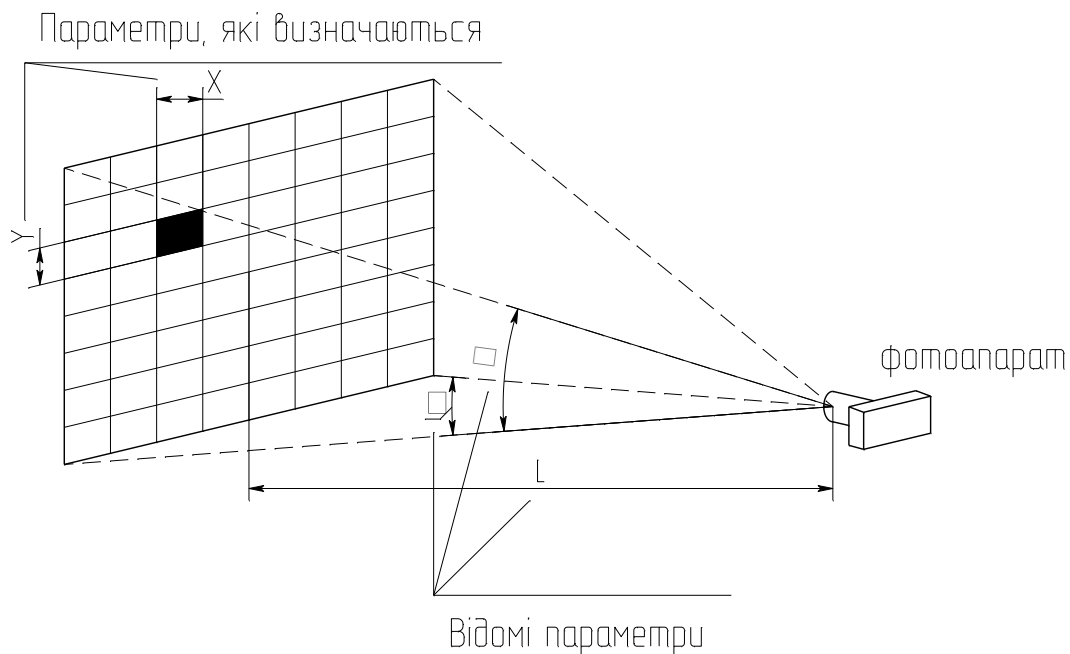


Рисунок 2.6 – Встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних одиницях з використанням інформації про умови отримання зображення

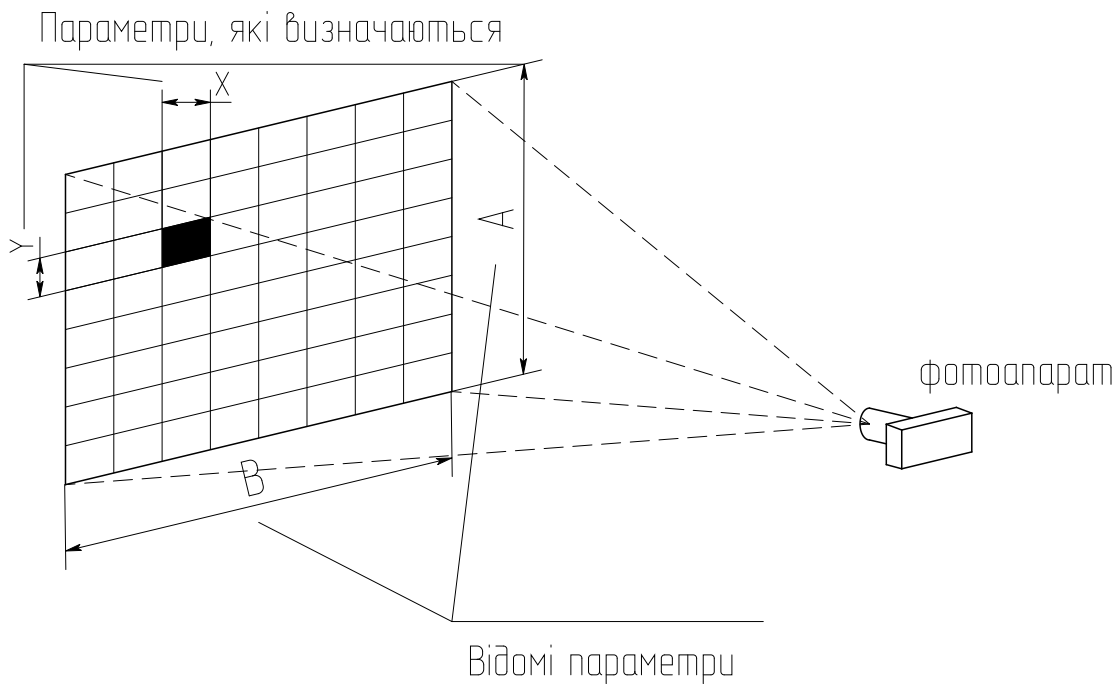


Рисунок 2.7 – Встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних одиницях з використанням інформації про розміри зони зображення

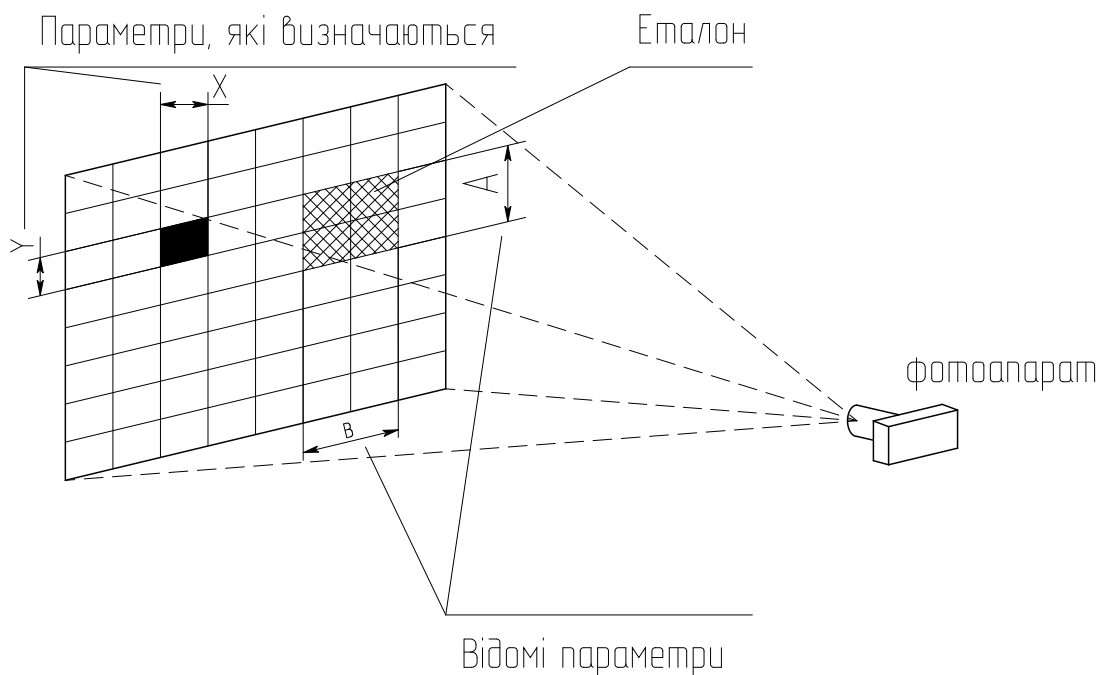


Рисунок 2.8 – Встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних одиницях з використанням еталонних об'єктів (маркерів)

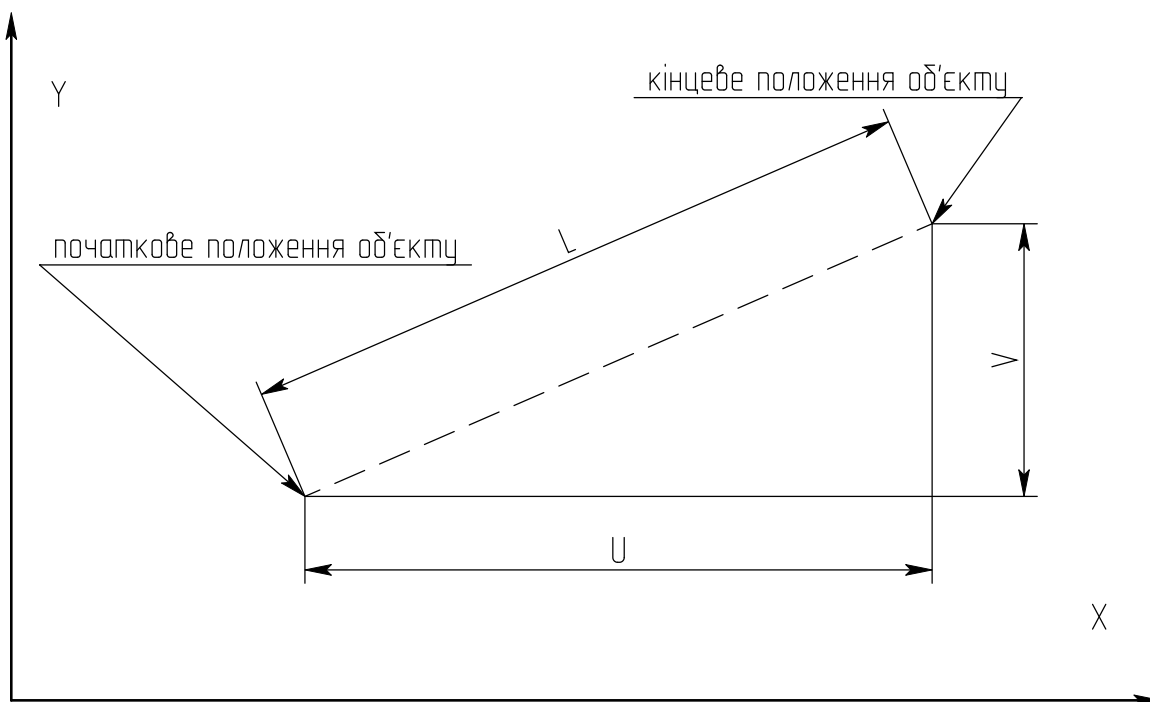


Рисунок 2.9 – Зміна положення об'єкту спостереження

З методологічної точки зору практичної доцільності та зручності раціональною є фіксація зміни положення певного еталонного об'єкту (маркера), для якого найкращою формою маркеру є круг певного, контрастного щодо самого зображення, кольору.

Колір маркеру визначається тільки умовою отримання якісного зображення з подальшою простою та однозначною ідентифікацією на тлі інших об'єктів на зображенні.

Схема представлена на рис. 2.9, є ідеалізованою, оскільки в дійсності маркер не є точкою чи колом, і при формуванні зображення має місце дискретизація з деяким спотворенням форми маркера (рис. 2.10).

Задля приведення розрахунків до схеми представленої на рис. 2.9 з урахуванням обставин представлених на рис.2.10 доцільно в розрахунках використовувати геометричний центр маркера.

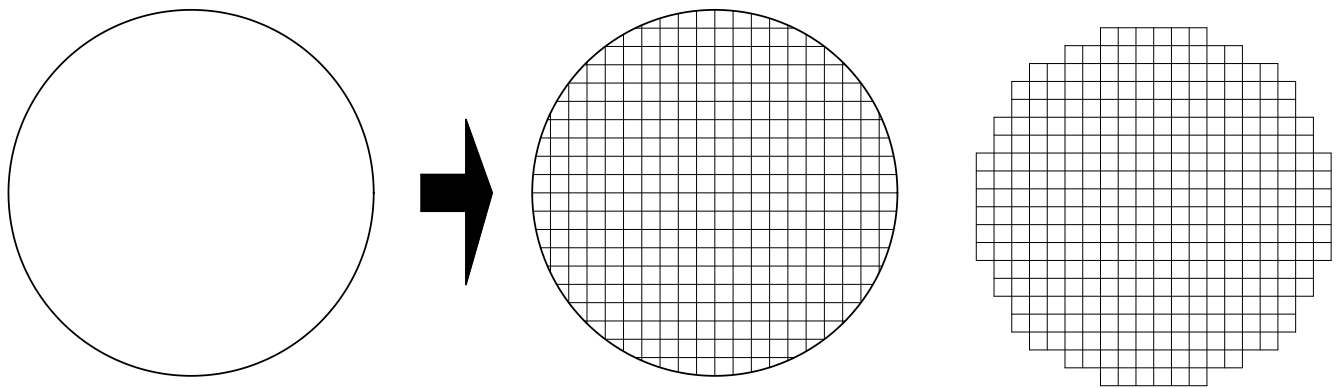


Рисунок 2.10 – Маркер

Геометричний центр маркера визначаються як середнє арифметичне відповідних координат окремих пікселів на зображенні маркера.

Такий підхід також дозволяє нівелювати паразитичний вплив віддалення чи

наближення маркера в наслідок похибки у визначенні паралельності площини переміщення маркера та площини сенсора апаратного засобу формування зображення (рис.2.11).

Лінійне переміщення маркера, як зміну положення його геометричного центру, розраховується згідно співвідношення:

$$L = \sqrt{(X_{цк} - X_{цп})^2 + (Y_{цк} - Y_{цп})^2}, \quad (2.1)$$

де $X_{цк}$, $Y_{цк}$ - кінцеві координати геометричного центру маркера; $X_{цп}$, $Y_{цп}$ - початкові координати геометричного центру маркера.

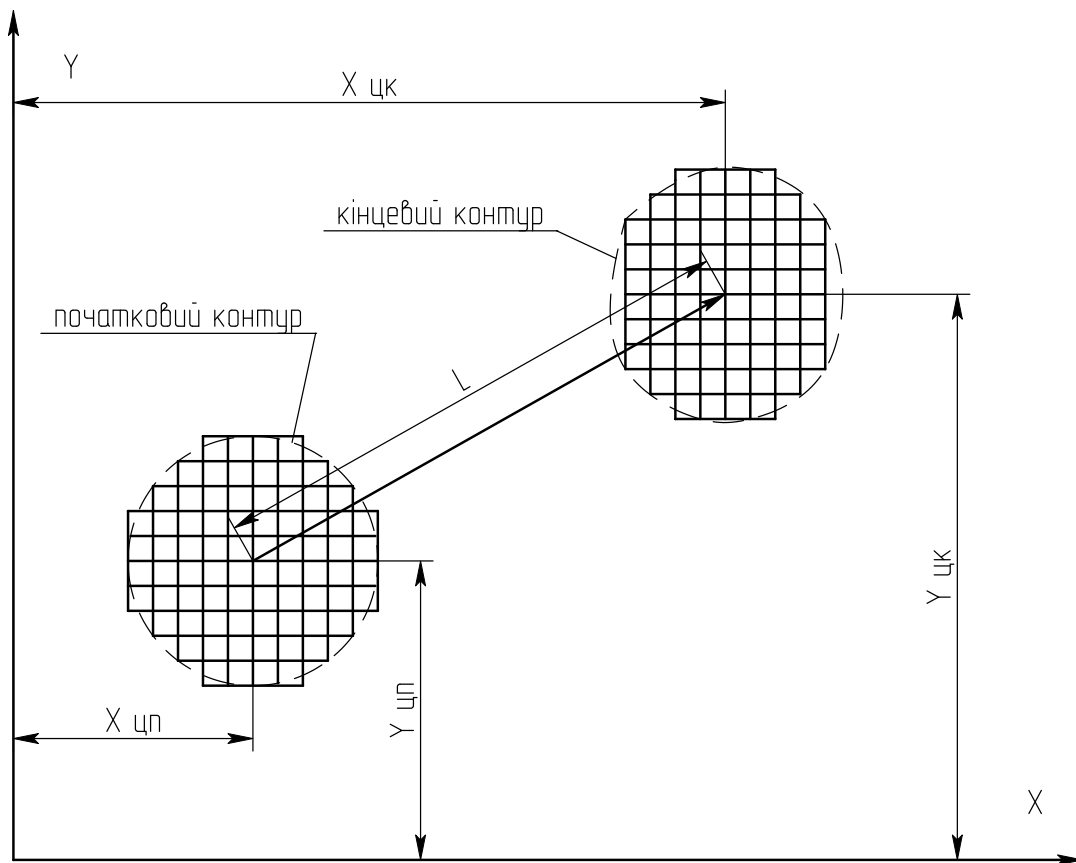


Рисунок 2.11 – Загальна схема вимірювань

Висновки до розділу 2

Запропоновано методологічні основи методу вимірювання лінійних переміщень, що включають опис структури інформаційної системи методу.

Методологія вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень на основі інформаційних технологій комплексне об'єднання апаратних засобів та програмного забезпечення задля отримання інформації про досліджуваний процес або об'єкт спостереження з метою її безпосереднього отримання, подальшого збереження, обробки й аналізу

Поетапна деталізація структури методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень призводить до функціонально-логічного поділу програмного забезпечення на два типи – програмне забезпечення безпосереднього керування апаратними засобами задля отримання початкової інформації та програмне забезпечення для обробки початкових даних, їх аналізу та збереження всього масиву інформації.

Сутність методу полягає у визначенні переміщення об'єкту спостереження як зміну його положення на серії послідовних зображень.

Як головний елемент забезпечення точності та ефективності методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення пропонується використання штучно створених об'єктів (маркерів) переміщення яких однозначно відповідають переміщенням об'єкту спостереження, при цьому колір та (або) структура маркера дозволяють легко його ідентифікувати за зображенні.

Переміщення об'єкту спостереження визначається як зміна положення геометричного центру маркера на серії послідовних зображень.

РОЗДІЛ 3

Проектування програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

3.1 Структура модулів системи, їх взаємозв'язок

При розробці програмного забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень ставилася задача отримання даних про рух досліджуваного тіла на основі аналізу серії послідовних фотознімків.

Сутність роботи системи полягає в отриманні серій зображень контрольованого об'єкту, переміщування якого відповідають переміщенням або зносу дослідних зразків. При цьому одночасно автоматично фіксується час отримання кожного зображення, що створює передумови для отримання залежностей типу «переміщення – час».

На основі аналізу сфери застосування було визначено основні функції системи, а саме (рис. 3.1.):

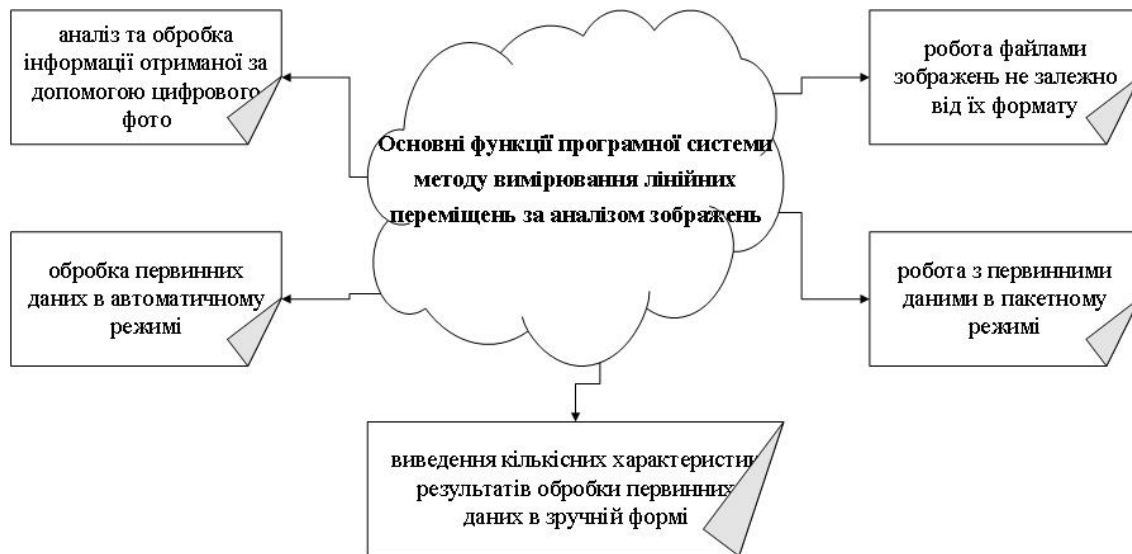


Рисунок 3.1 – Основні функції програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

- аналіз та обробка інформації отриманої за допомогою цифрового фото,
- робота файлами зображень не залежно від їх формату,
- обробка первинних даних в автоматичному режимі,
- робота з первинними даними в пакетному режимі,
- виведення кількісних характеристик результатів обробки первинних даних в зручній формі.

Взаємозв'язок основних функції програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень представлено на рис. 3.2.

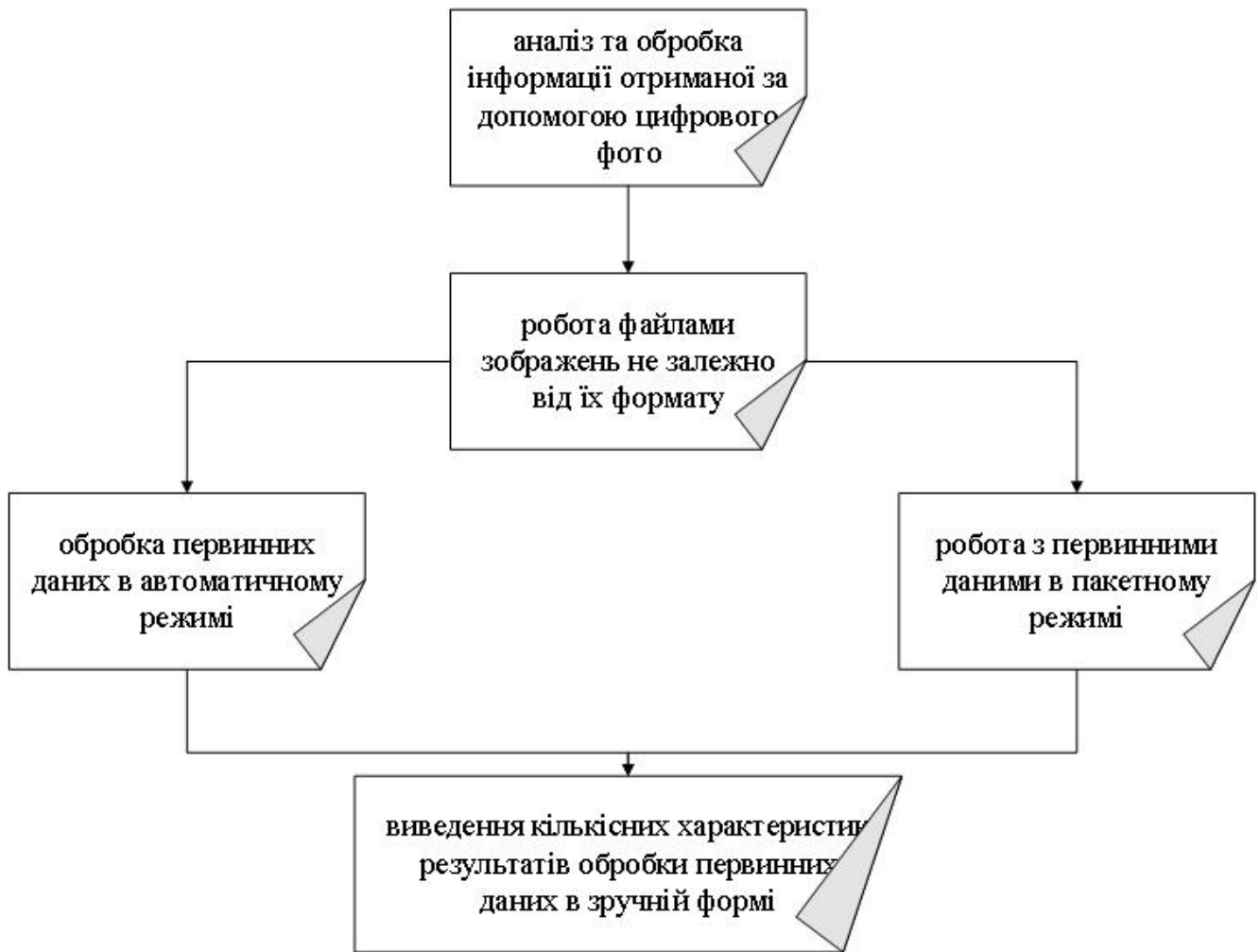


Рисунок 3.2 – Взаємозв'язок основних функції програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Задля забезпечення ефективної роботи програми, при її побудові використовувалася модульний принцип побудови та сучасні ефективні середовища розробки програмних додатків.

Програмне забезпечення складається з таких модулів (рис. 3.3):

- модуль завантаження і конвертації зображення,
- модуль обробки зображення,
- арифметичний модуль,
- модуль графічного відображення результатів.



Рисунок 3.3 – Склад програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Функціональний зв'язок модулів програмної системи методу вимірювання за аналізом зображень представлено на рис. 3.4.

Призначення модулів програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень представлено на рис. 3.5.

Модуль завантаження і конвертації зображення використовується для відкриття зображення і переводу його в простий графічний формат.

Модуль обробки зображення використовується для візуалізації

завантаженого зображення.

Арифметичний модуль обробляє зображення для знаходження на ньому об'єкта і його характеристик.

Модуль графічного відображення результатів використовується для виведення результатів роботи в графічному та текстовому вигляді.



Рисунок 3.4 – Функціональний зв'язок модулів програмної системи методу вимірювання за аналізом зображень

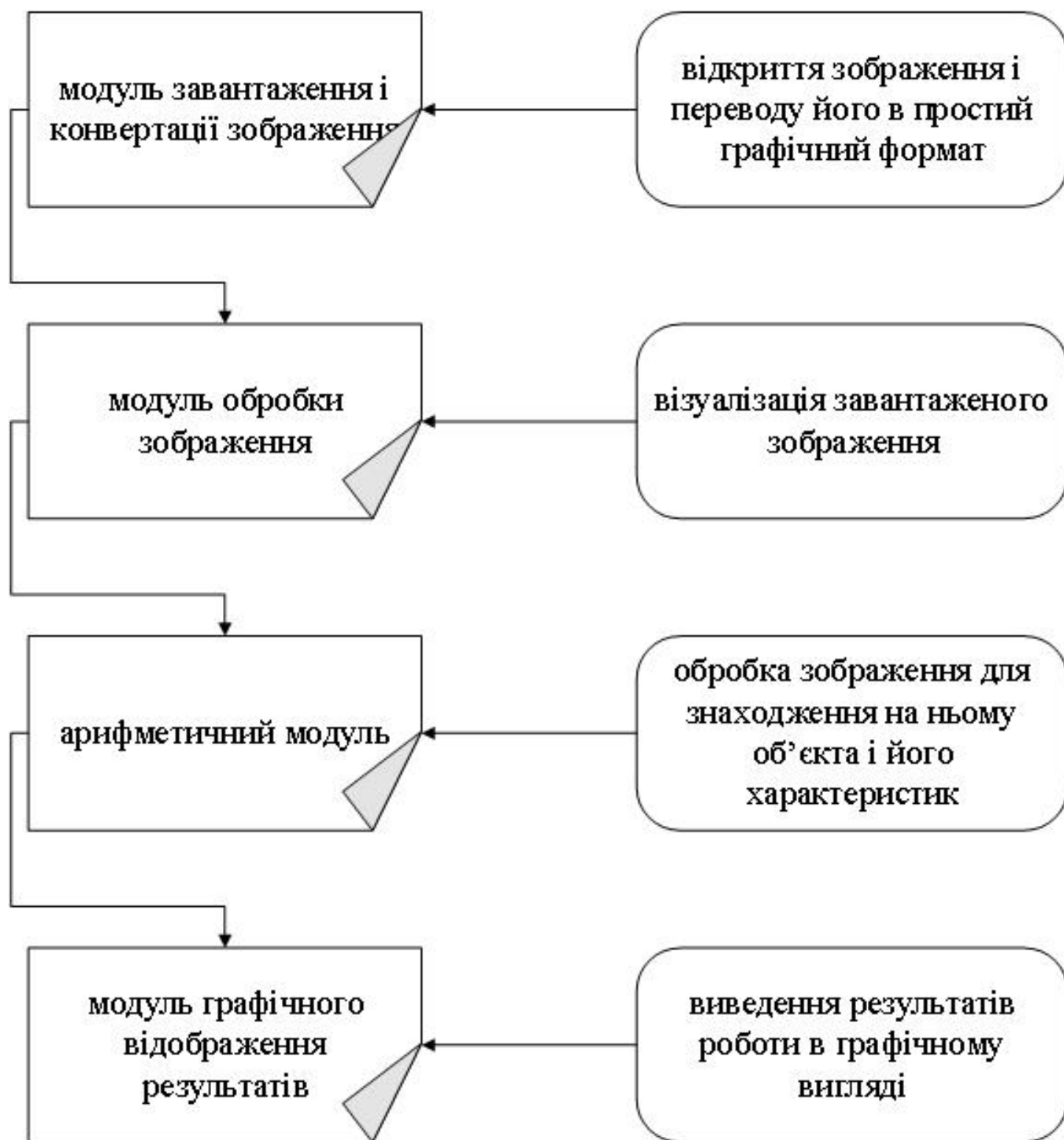


Рисунок 3.5 – Модулі програмної системи
методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Даний програмний комплекс знаходиться в двох виконуваних файлах – MainM.exe, Grafik.exe.

Модулі завантаження і конвертації зображення, обробки зображення та арифметичний модуль містяться в файлі MainM.exe (рис. 3.6), а модуль графічного відображення результатів – у файлі Grafik.exe (рис. 3.7).



Рисунок 3.6 – Склад виконуваного файлу MainM.exe програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Тепер докладніше розглянемо будову проекту, з яких класів він складається і до яких модулів належать відповідні класи. Приведемо загальний перелік класів (рис. 3.8):

MainFrm – клас який відповідає за головне вікно програми і його характеристики;

MainM View – клас для роботи з вікном (меню, панеллю інструментів і т.д.);

Object – клас який відповідає за об'єкти зображення і їх характеристики;

SetupDlg – клас діалогового вікна за допомогою якого виконується

налаштування апаратної частини, тобто введення основних характеристик фото устаткування;

Jpeg - клас для роботи з даними Jpg формату;

GrafikView – клас для обробки кінцевих даних і його виведення в графічному вигляді.



Рисунок 3.7 – Склад виконуваного файлу Grafik.exe програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Призначення класів програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень представлено на рис. 3.9.



Рисунок 3.8 – Класи програмної системи
методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

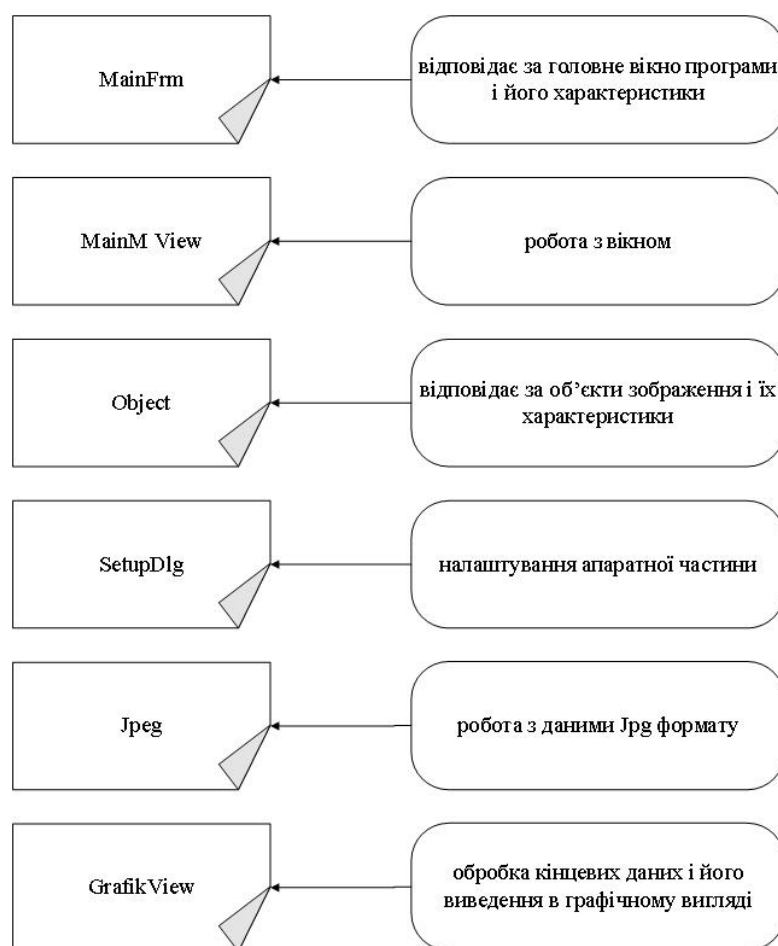


Рисунок 3.9 – Призначення класів програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

3.2 Розробка програмних модулів

Основні функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення є такими (рис. 3.10):

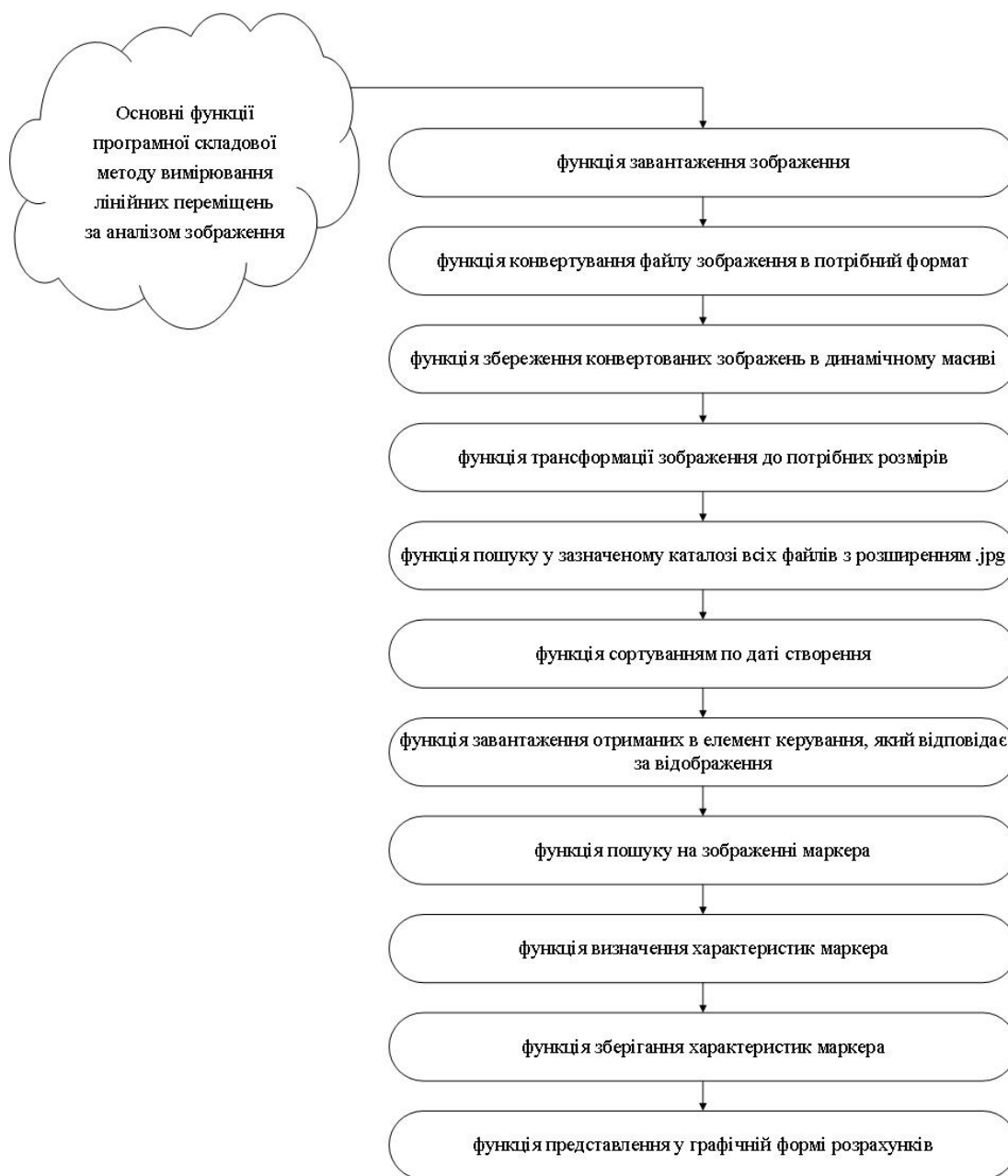


Рисунок 3.10 – Основні функції модулів програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

- функція завантаження зображення,
- функція конвертування файлу зображення в потрібний формат,
- функція збереження конвертованих зображень в динамічному масиві,
- функція трансформації зображення до потрібних розмірів.
- функція пошуку у зазначеному каталозі всіх файлів з розширенням .jpg,
- функція сортуванням по даті створення,
- функція завантаження отриманих в елемент керування, який відповідає за відображення.
- функція пошуку на зображенні маркера,
- функція визначення характеристик маркера,
- функція зберігання характеристик маркера,
- функція представлення у графічній формі розрахунків.

Програмна складова методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень реалізована з використанням Microsoft VisualStudio на мові C++ з віконним інтерфейсом, та має головне вікно (рис. 3.11-3.13),

При запуску програми запускається головне вікно програми, яке забезпечує налаштування програми та введення даних.

Висновки до розділу 3

Спроектowana програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з розробкою структури модулів системи, визначенням їх взаємозв'язків та розроблено програмні модулі.

При розробці програмного забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень ставилася задача отримання даних про рух

досліджуваного тіла на основі аналізу серії послідовних фотознімків.

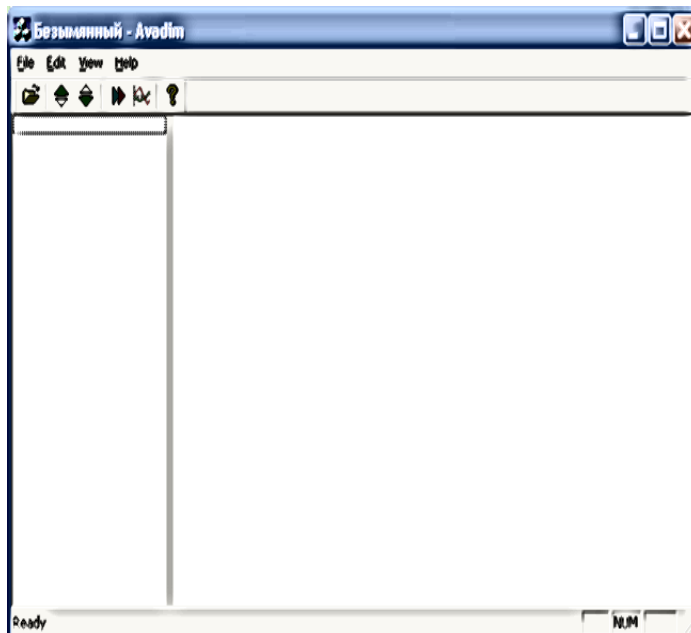


Рисунок 3.11. – Інтерфейс програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

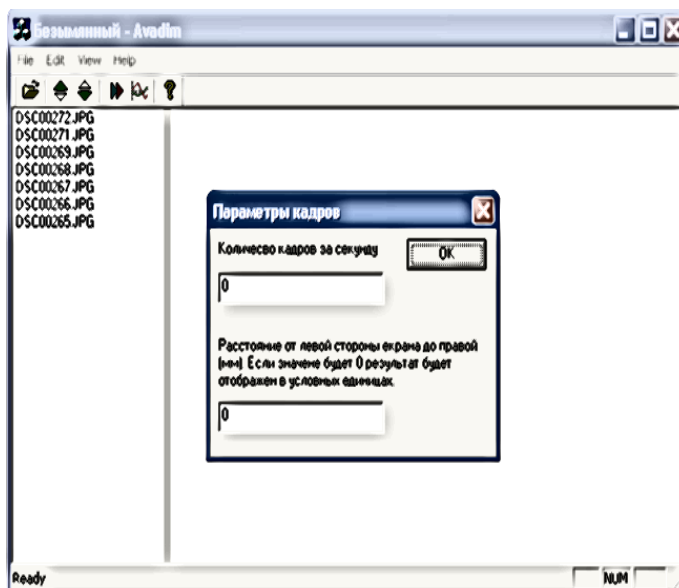


Рисунок 3.12. – Інтерфейс програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

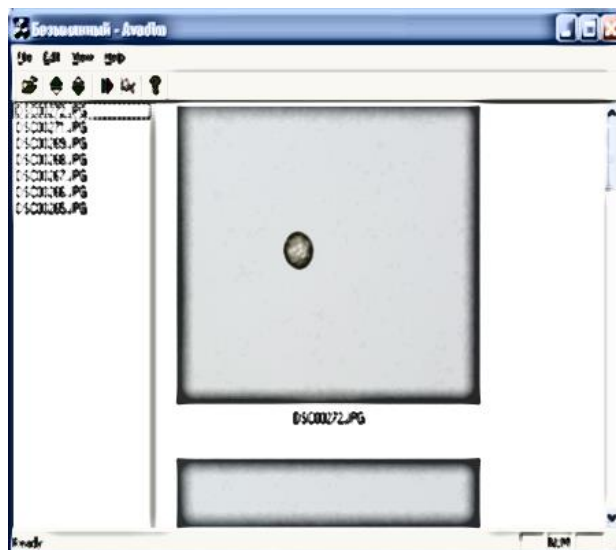


Рисунок 3.13. – Інтерфейс програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Сутність роботи системи полягає в отриманні серій зображень контрольованого об'єкту, переміщування якого відповідають переміщенням або зносу дослідних зразків. При цьому одночасно автоматично фіксується час отримання кожного зображення, що створює передумови для отримання залежності типу «переміщення – час».

Задля забезпечення ефективної роботи програми, при її побудові використовувалася модульний принцип побудови та сучасні ефективні середовища розробки програмних додатків

Програмна складова методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень реалізована з використанням Microsoft VisualStudio на мові C++ з віконним інтерфейсом.

РОЗДІЛ 4

Валідація та верифікація методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

4.1 Загальні положення застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення

Результати обробки первинних даних у програмній складовій методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень виводяться в графічному та цифровому вигляді (рис. 4.1.)

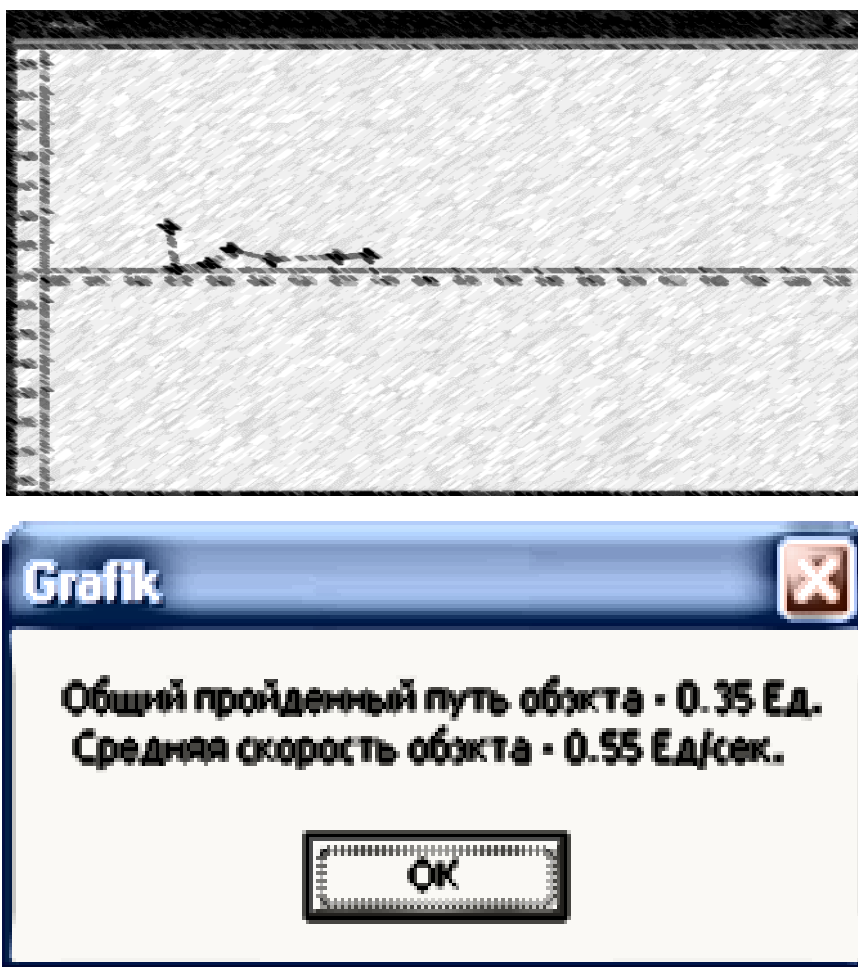


Рисунок 4.1 – Результати обробки первинних даних у програмній складовій методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Для підтвердження того, що встановлені вимоги та вимоги, призначені для конкретного використання або застосування, були проведені відповідні дослідження.

У результаті досліджень моделювалося переміщення об'єкта спостережень загальну величину 60 мм із кроком 10 мм. Дійсні переміщення об'єкту спостереження відтворювалися та фіксувалися за допомогою мікрометричних вимірювальних приладів з точністю 1 мкм. На кожному кроці формувалося зображення об'єкта. Далі з використанням розробленого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень та реалізованого програмного забезпечення виконувались відповідні розрахунки лінійних переміщень.

4.2 Результати застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення на всьому діапазоні спостережень

Результати спостережень для усього діапазону експериментальних спостережень представлені у табл. 4.1 та на рис. 4.2 - 4.6.

Таблиця 4.1 – Розрахункові та фактичні переміщення

Розрахункове переміщення, мм	Фактичне переміщення, мм	Відхилення, %
9,342	10	6,58
19,969	20	0,16
29,212	30	2,63
39,397	40	1,51
48,697	50	2,61
57,394	60	4,34

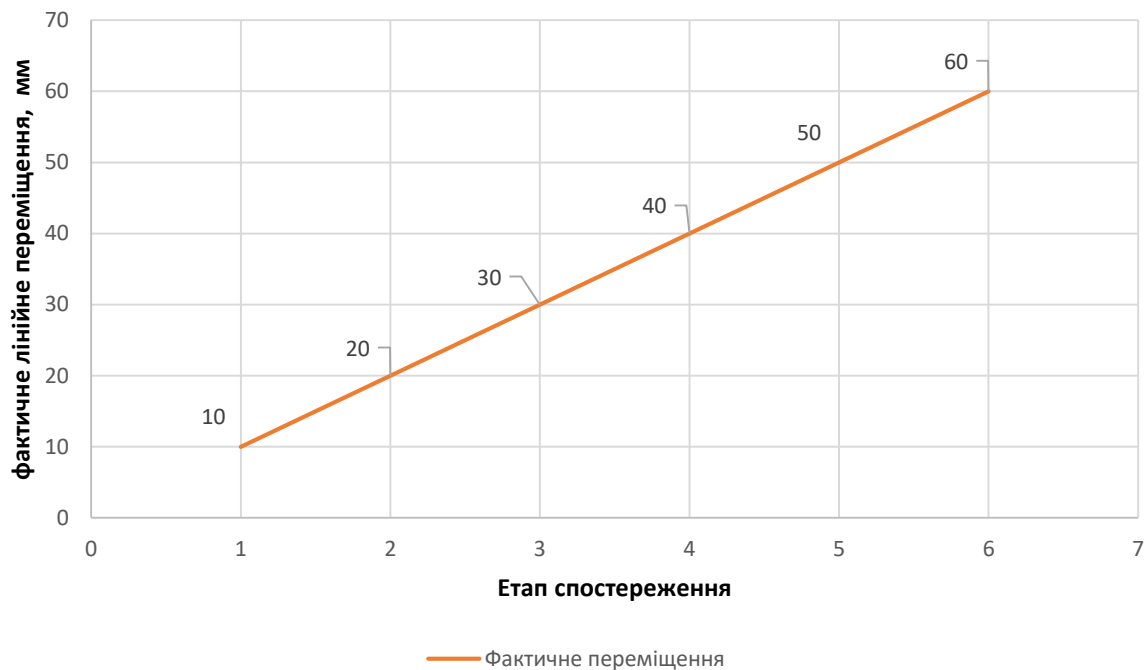


Рисунок 4.2 – Фактичне лінійне переміщення на усьому діапазоні спостережень

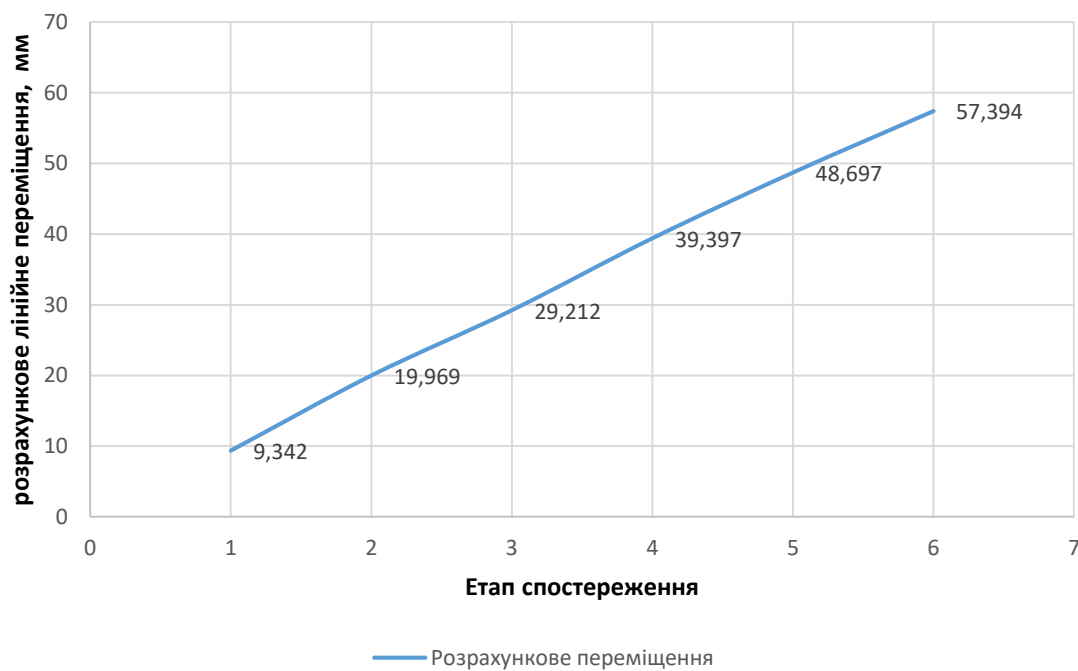


Рисунок 4.3 – Розрахункове лінійне переміщення на усьому діапазоні спостережень

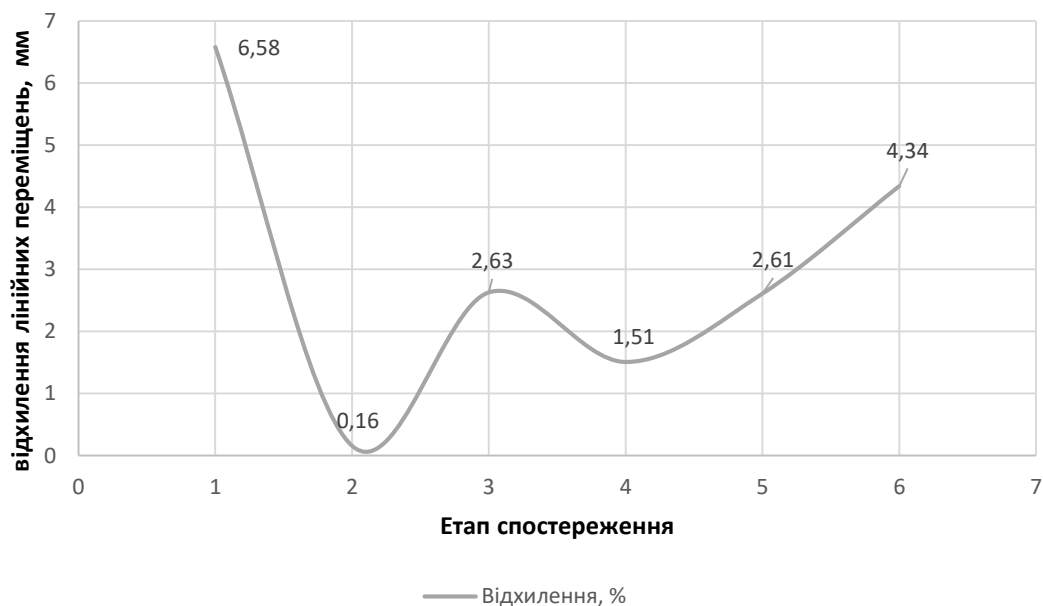


Рисунок 4.4 – Відхилення у лінійних переміщеннях на усьому діапазоні спостережень

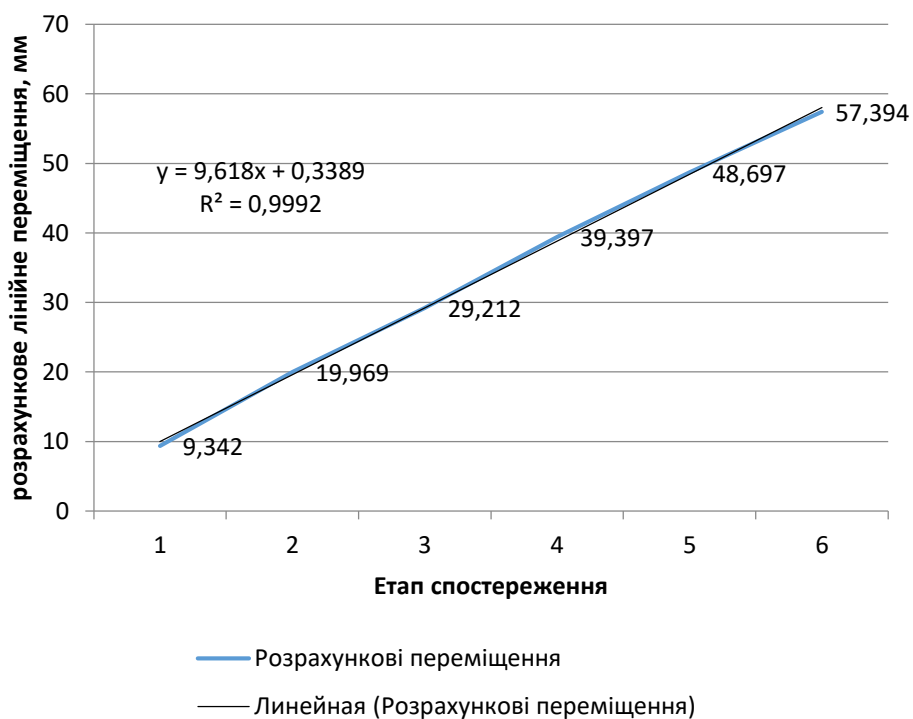


Рисунок 4.5 – Розрахункові переміщення на усьому діапазоні спостережень

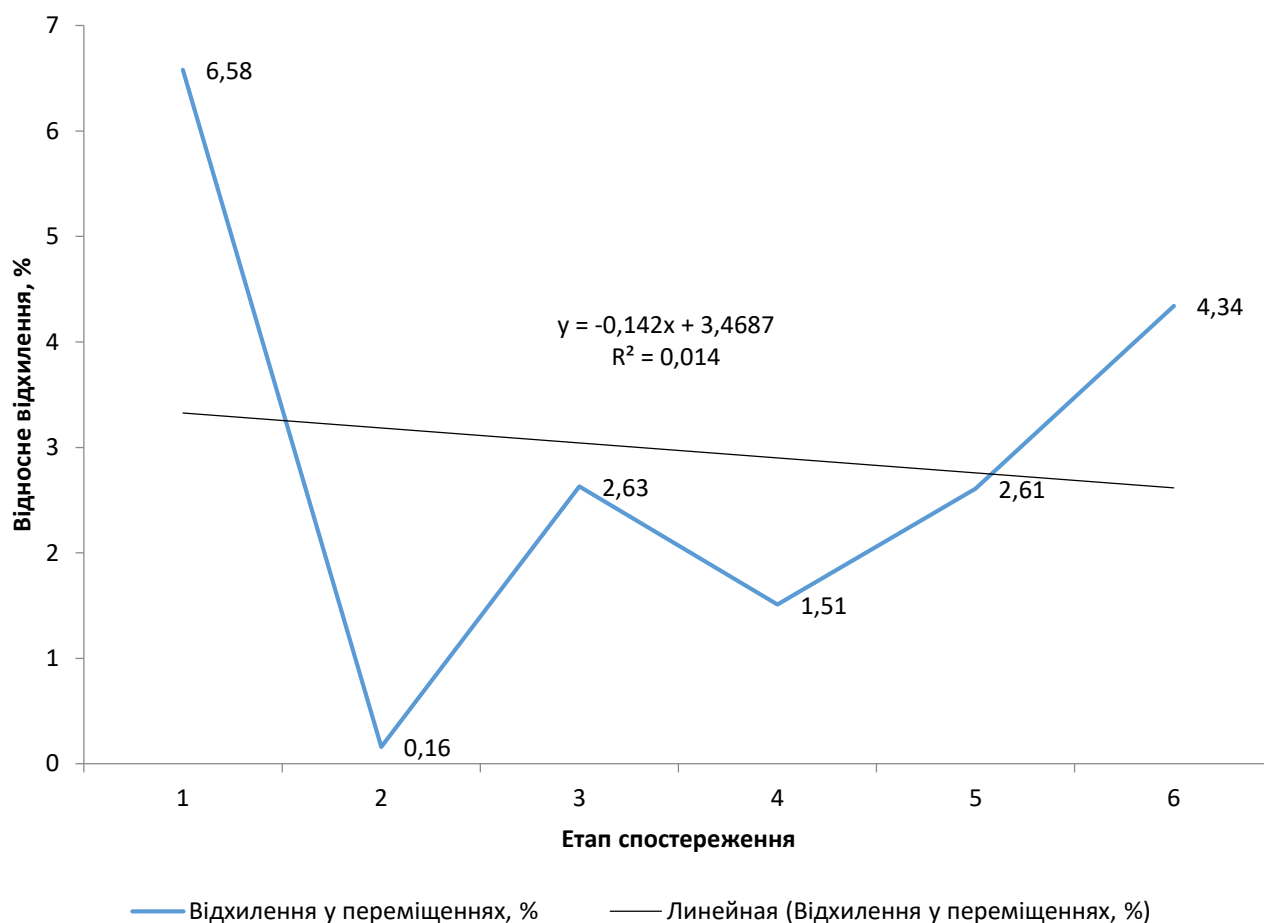


Рисунок 4.6 – Відхилення у переміщеннях на усьому діапазоні спостережень

Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення. В модельному експерименті відтворювався лінійний характер фактичних переміщень. Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, демонструють високу точність. Так лінійний множник в розрахунковому рівнянні склав 9,618 при фактичному значенні 10, тобто відхилення склало 3,82%, а коефіцієнт детермінації склав 0,9992. Відхилення фактичного та розрахункових значень не перевищувало 7%, а в окремих випадках складало менше 0,2%.

4.3 Результати застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення на окремих етапах спостереження

Задля додаткової оцінки точності запропонованого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень було виконано аналіз в розрізі окремих етапів експериментальних спостережень. Величина переміщення на кожному етапі становила 10 мм та вимірювалася з точністю 1 мкм. Результати спостережень в розрізі окремих етапів експериментальних спостережень представлені у табл. 4.2 та на рис. 4.7 - 4.13.

Таблиця 4.2 – Розрахункові та фактичні лінійні переміщення для окремих етапів

Розрахункове переміщення, мм	Фактичне положення, мм	Відхилення положення, %
9,342	10	6,58
10,627	10	-6,27
9,243	10	7,57
10,185	10	-1,85
9,299	10	7,01
8,698	10	13,02

Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення й при розгляді у розрізі окремих етапів моделювання.

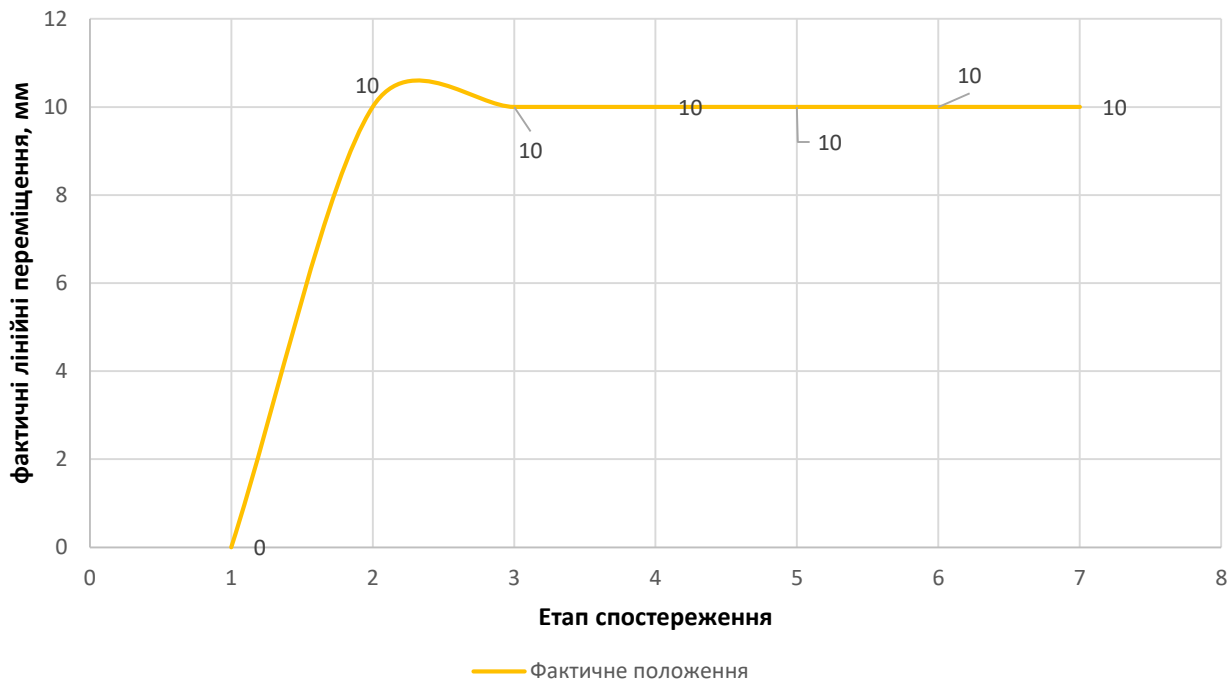


Рисунок 4.7 – Фактичні лінійні переміщення для окремих етапів

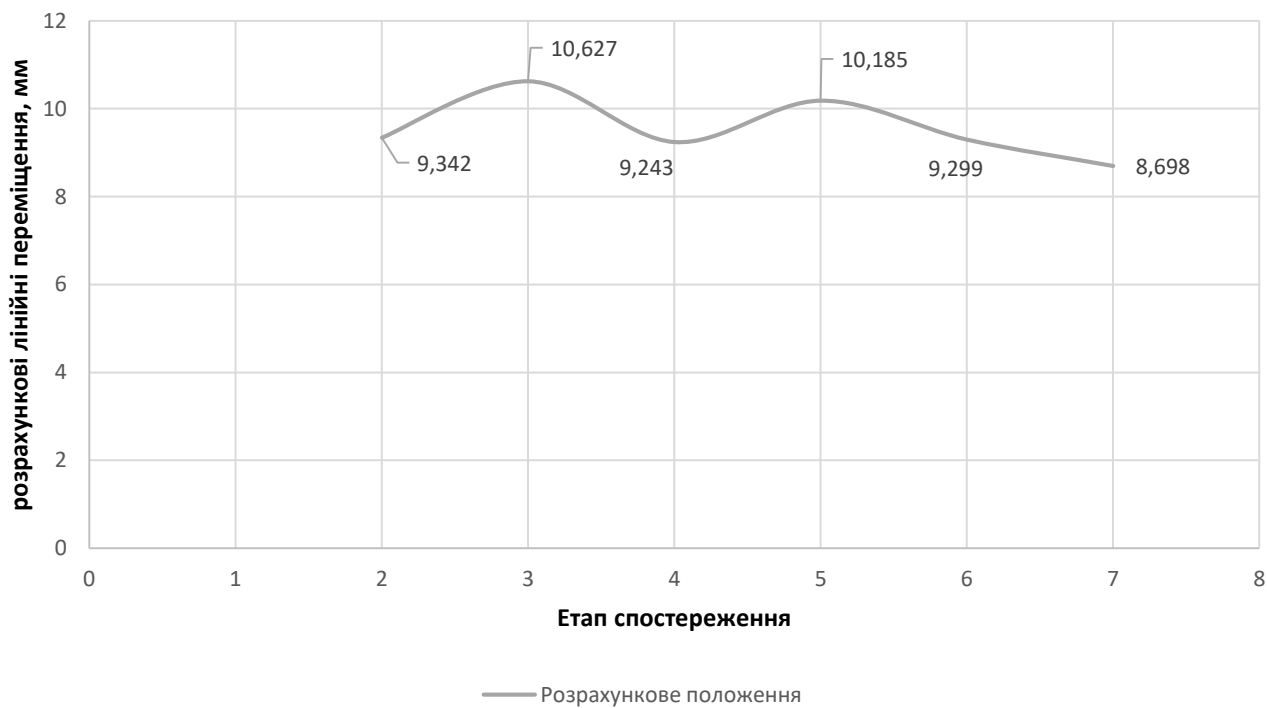


Рисунок 4.8 – Розрахункові лінійні переміщення для окремих етапів

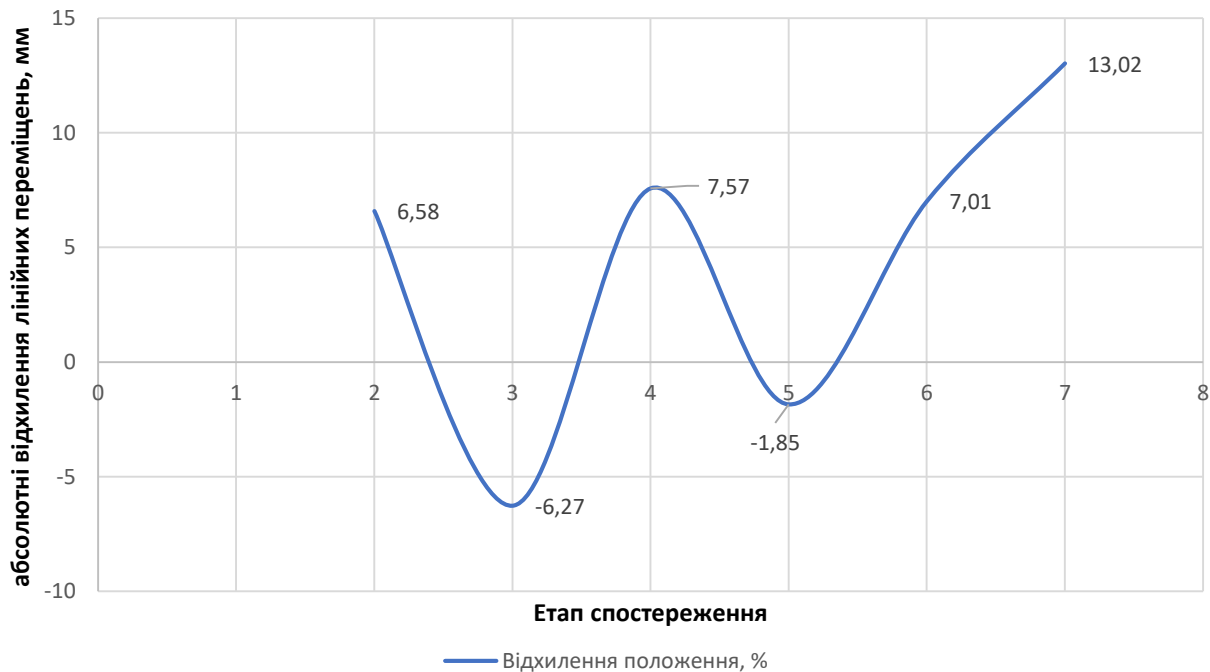


Рисунок 4.9 – Відносні відхилення лінійних переміщень для окремих етапів

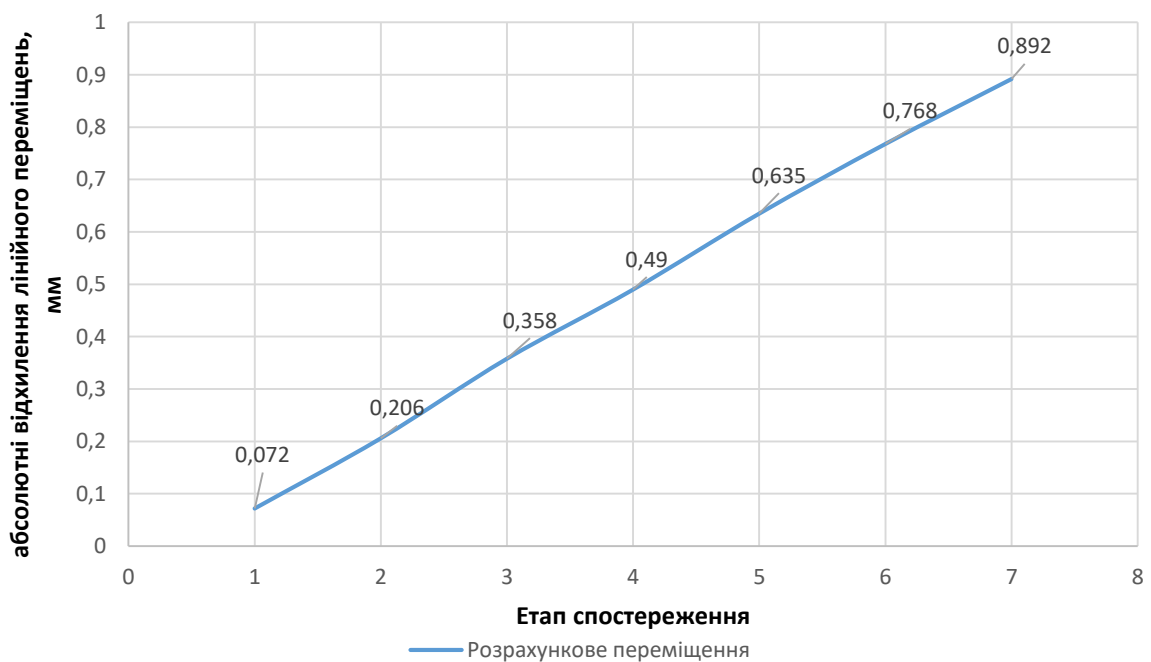


Рисунок 4.10 – Абсолютні відхилення лінійного переміщення для окремих етапів

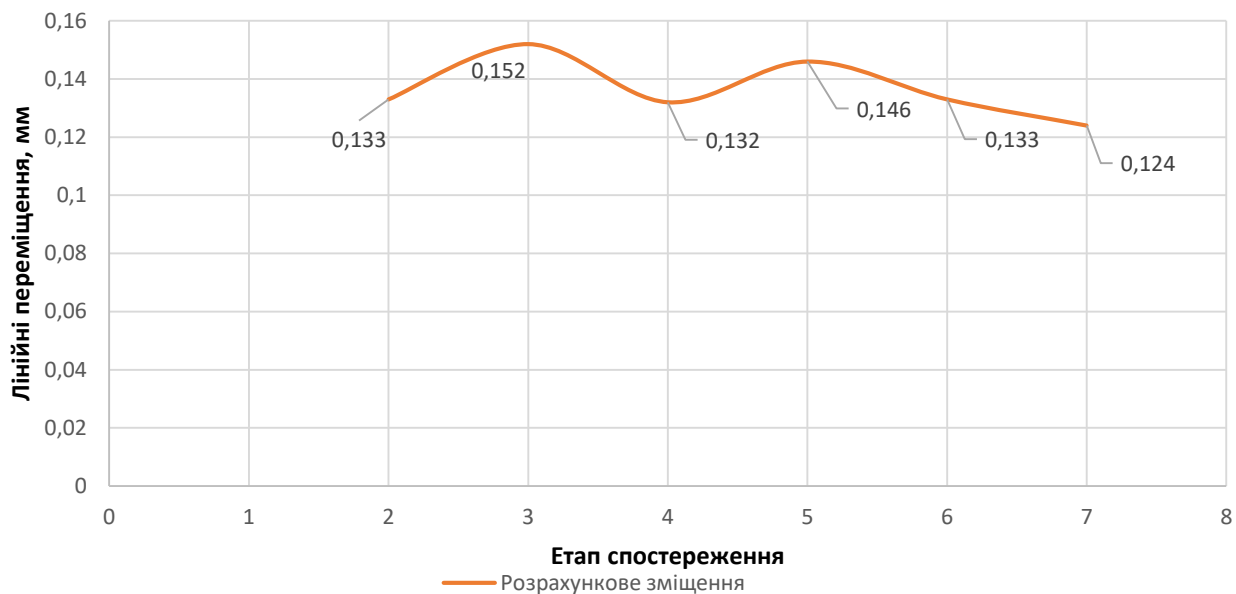


Рисунок 4.11 – Розрахункове зміщення для окремих етапів

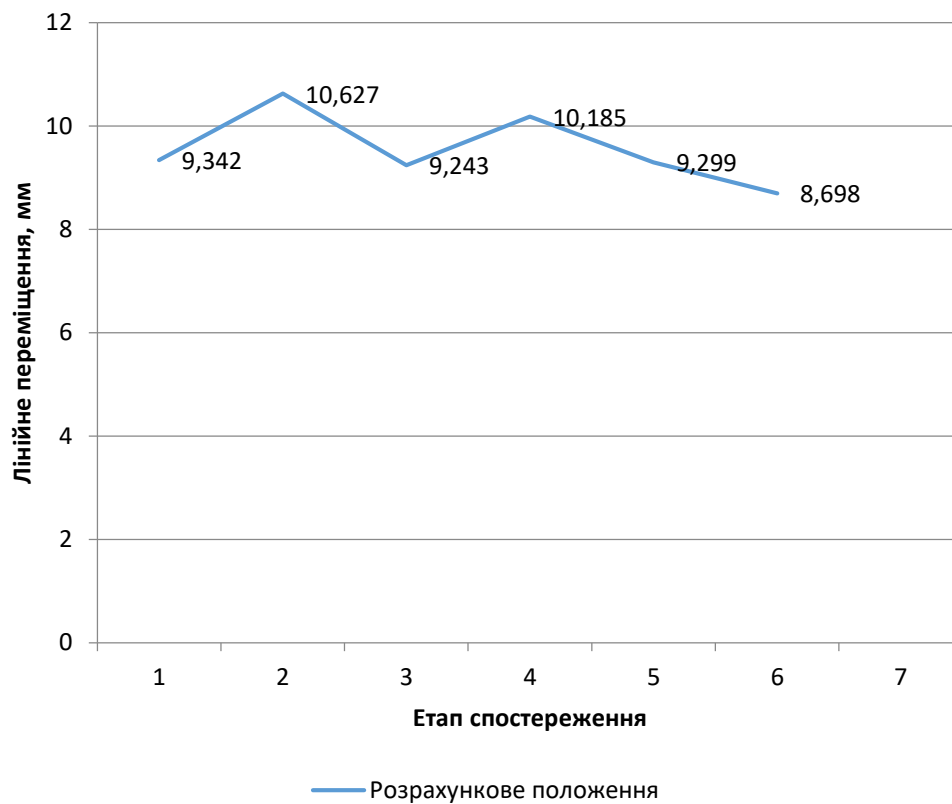


Рисунок 4.12 – Розрахункові положення для окремих етапів

В модельному експерименті спостерігається тенденція коливання розрахункових значень переміщень отриманих із використанням методу лінійних вимірювань за аналізом зображень відносно дійсних значень отриманих за допомогою контрольної вимірювальної апаратури. Відтворювався лінійний характер фактичних переміщень.

Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з достатньо високою точністю, яка здебільшого вкладалася у величину від 6 до 7%.

Результати бідь якого експериментального спостереження, вимірювання чи випробування за своєю природою є випадковими величинами. Це пов'язано із тією об'єктивною обставиною, що при проведенні серії або ряду експериментальних спостережень, вимірювань або випробувань не можливо з абсолютною точністю відтворити всі умов та обставини їх проведення, аналогічним чином відтворивши дію всіх чинників, як важливих, так, й другорядних.

Принципово одним із розповсюджених та важливих завдань статистичного опрацювання результатів спостережень або вимірювань чи спостережень є отримання шляхом побудова або вибору такого закону розподілу, що найбільш точно відтворює характерні особливості та (або) ознаки отриманих експериментальних даних.

Перехідний етап від отриманої експериментальної статистичної моделі до теоретичного імовірнісного закону розподілу створює об'єктивні щодо коректного та ефективного використання отриманих експериментальних даних статистичного характеру.

Аналітичними співвідношеннями законів розподілу випадкових величин два види функцій розподілу ймовірностей, а саме інтегральна і диференціальна.

Інтегральна функція розподілу $F(t)$ випадкової величини T визначає

ймовірність того, що зазначена випадкова величина не перевищує певного заданого або поточного значення t , тобто:

$$F(t) = P\{T \leq t\}. \quad (4.1)$$

Таким чином, імовірність того, що згадане значення зазначеної випадкової величини T потрапить в інтервал між t_1 і t_2 , визначається різницею значень функції розподілу, обрахованих в цих двох точках:

$$P\{t_1 < T \leq t_2\} = F(t_2) - F(t_1). \quad (4.2)$$

Аналогічним чином:

$$P\{T > t\} = 1 - F(t). \quad (4.3)$$

Щодо властивостей інтегральної функції розподілу зазначеної випадкової величини T , то вони є такими:

$$\lim_{t \rightarrow -\infty} F(t) = F(-\infty) = 0, \quad (4.4)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = F(\infty) = 1, \quad (4.5)$$

$$F(t) \geq 0 \text{ для всіх } t, \quad F(t_2) \geq F(t_1), \text{ при } t_2 > t_1. \quad (4.6)$$

Для безперервної випадкової величини типовий вигляд інтегральної функції розподілу $F(t)$ представлений на рис. 4.14.

У випадках коли інтегральна функція розподілу $F(t)$, може бути диференційована для усіх значень певної випадкової величини T , тоді закон розподілу ймовірностей може бути представлений за допомогою диференціальної функції розподілу ймовірностей в аналітичній формі такого виду:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P\{t < T \leq t + \Delta t\}}{\Delta t} \quad (\Delta t > 0). \quad (4.7)$$

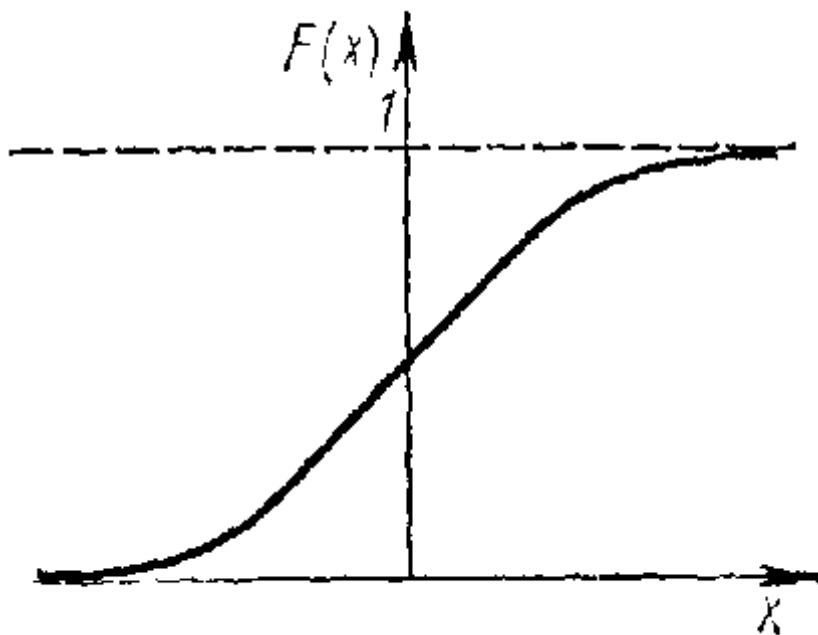


Рисунок 4.14 – Інтегральна функція розподілу безупинної випадкової величини

Тобто, значення диференціальної функції розподілу зазначеної випадкової величини $f(t)$ приблизно дорівнює відношенню ймовірності потрапляння

зазначеної випадкової величини в певний інтервал $(t, t + \Delta t)$ до довжини Δt цього інтервалу, у випадку коли величина Δt є нескінченно малою. В наслідок цього диференціальна функція розподілу $f(t)$ ще отримала назву функції щільності розподілу ймовірностей або, інакше, функції щільності ймовірностей.

Основними властивостями функції щільності розподілу ймовірностей $f(t)$ є такі:

$$f(t) > 0, \quad (4.8)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt = 1, \quad (4.9)$$

$$\int_{-\infty}^t f(z) dz = F(t), \quad (4.10)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = 0. \quad (4.11)$$

З використанням представленої диференціальної функції розподілу може бути обрахована ймовірність потрапляння зазначеної випадкової величини в довільну область її можливих значень, а саме:

$$P\{T \leq a_1\} = \int_{-\infty}^{a_1} f(t) dt, \quad (4.12)$$

$$P\{T > a_2\} = \int_{a_2}^{\infty} f(t)dt, \quad (4.13)$$

$$P\{a_1 < T \leq a_2\} = \int_{a_1}^{a_2} f(t)dt. \quad (4.14)$$

Для зазначеної безперервної випадкової величини ймовірність можливо розрахувати як відносну частку загальної площі під кривою функції щільності розподілу ймовірностей $f(t)$.

Зокрема, до прикладу, ймовірність того, що зазначена випадкова величина T буде мати значення, що є меншим за a_1 , відповідає відносній частці загальної площі під кривою $f(t)$, яка розташована ліворуч від точки a_1 (рис. 4.15).

Відповідно, ймовірність того, що зазначена величина T прийме значення, що перебільшує a_2 відповідає відносній частці загальної площі під кривою $f(t)$, що розташована праворуч від точки a_2 (рис. 4.16). Ще одним розрахунковим випадком є визначення ймовірності, що випадкова величина прийме значення, в інтервалі від a_1 до a_2 відповідає відносній частці загальної площі під кривою $f(t)$ між точками a_1 та a_2 (рис. 4.17).

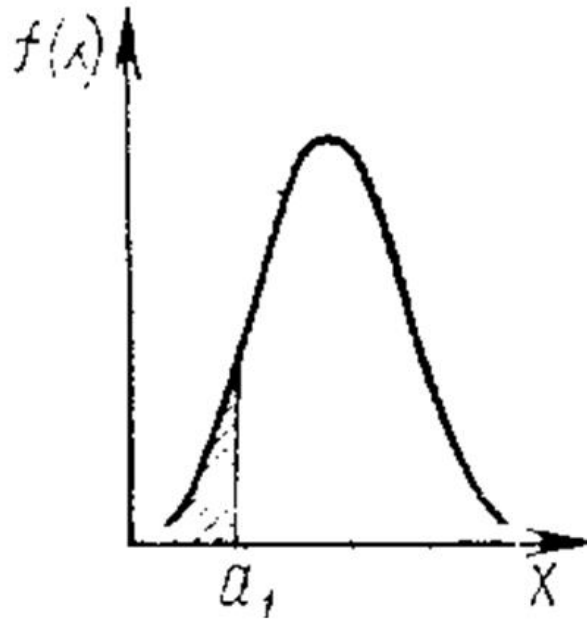


Рисунок 4.15 – Графічне зображення величини імовірності для безперервної випадкової величини

Зазначені інтегральна та диференціальна функції розподілу є найбільш вичерпними характеристиками зазначеної випадкової величини.

Під час вибору або визначення функції закону розподілу випадкової величини доцільно розглядати не будь-які довільні розподіли, а лише ті, які однозначно описуються малою кількістю параметрів.

Як правило, слід надавати перевагу законам розподілу з одним або двома параметрами. Це обумовлено тим, що коли зі спостереження, дослідження чи вимірювання розраховується велика кількість параметрів для однієї функції розподілу, тоді, практично, будь-які результати можливо під корегувати до закон розподілу з багатьма параметрами, хоча він може жодним чином відповідати фізичній суті досліджуваних явищ.

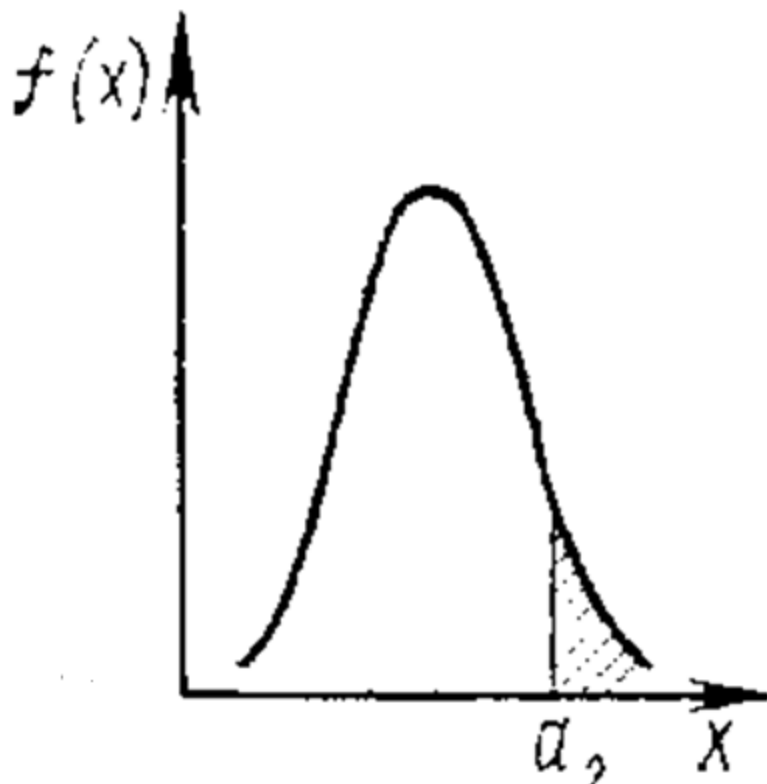


Рисунок 4.16 – Графічне зображення величини імовірності для безперервної випадкової величини

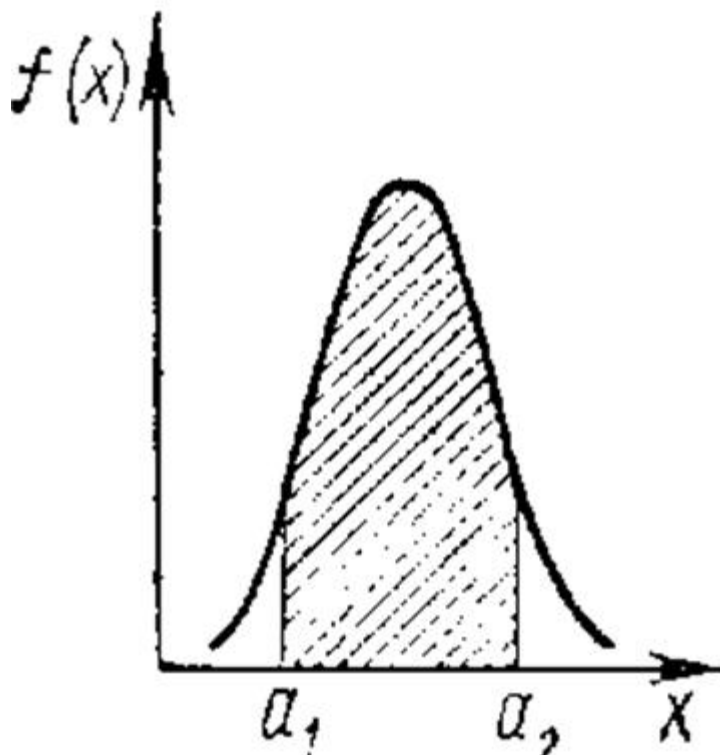


Рисунок 4.17 – Графічне зображення величини імовірності для безперервної випадкової величини

Опрацювання експериментальних даних за результатами спостереження або вимірювання виконується у такій послідовності.

На першому етапі виконується побудова варіаційного ряду, який отримують шляхом розташування початкових даних в порядку зростання від найменшого до найбільшого.

На другому етапі будується діаграма накопичених частот, яка є експериментальним аналогом інтегрального закону розподілу випадкової величини.

На третьому етапі будується гістограми вибірки, яка є експериментальним аналогом функції щільності розподілу. Гістограма будується у такій послідовності:

- по перше - знаходять попередня кількість квантів (інтервалів), на яке буде розбита вісь абсцис ця кількість квантів (інтервалів) визначається за допомогою оцінної формули або рекомендаційними таблицями;
- по друге визначають величину інтервалу;
- по третє – визначають середину області зміни вибірки або центр розподілу, за центр деякого інтервалу, після чого легко знаходять границі й остаточну кількість зазначених інтервалів таким чином, щоб у сукупності вони перекривали всю область від найменшого до найбільшого значення,
- в четверте - підраховують кількість спостережень, які потрапили в кожен інтервал:
- по п'яте – визначають підраховують відносну кількість або відносну частоту спостережень, які потрапили в кожен інтервал.
- в шосте - будують гістограму, яка є східчастою кривою.

За зовнішнім виглядом гістограми формується гіпотеза щодо закону розподілу випадкової величини.

В подальшому виконується перевірка експериментального закону розподілу теоретичному за допомогою критеріїв згоди.

Критерій згоди це критерій гіпотези про те, що певна генеральна сукупність має такий самий тип розподілу, як й передбачається. Серед різних критеріїв згоди найбільш поширеним є універсальний критерій згоди Пірсона (χ^2 - критерій).

Перевірка відповідності за допомогою критерію згоди виконується у такій послідовності:

- за вибіркою , яка є набором експериментальних даних, будують гістограму у відповідності до порядку наведеного вище, у випадку коли до будь-якого інтервалу потрапляє менше п'яти спостережень, тоді його потрібно об'єднати із сусіднім інтервалом чи інтервалами таким чином, щоб кількість спостережень в об'єднаному інтервалі перевищувала п'ять,
- висувається гіпотеза про гіпотетичний закон розподілу та оцінюються його параметри,
- визначається теоретична ймовірність потрапляння в кожний інтервал випадкової величини в кожен інтервал у відповідності із заданим розподілом та параметрами оціненими вище,
- визначають величину критерію згоди χ^2 .

Для компактного та наочного представлення результатів експериментального спостереження випадкових величин, якими, фактично, є усі результати практичних дослідів, можливо та доцільно використати чисельні характеристики розподілу. Найбільшу роль серед таких характеристик параметрів на практиці відіграють дві групи параметрів (рис. 4.18):

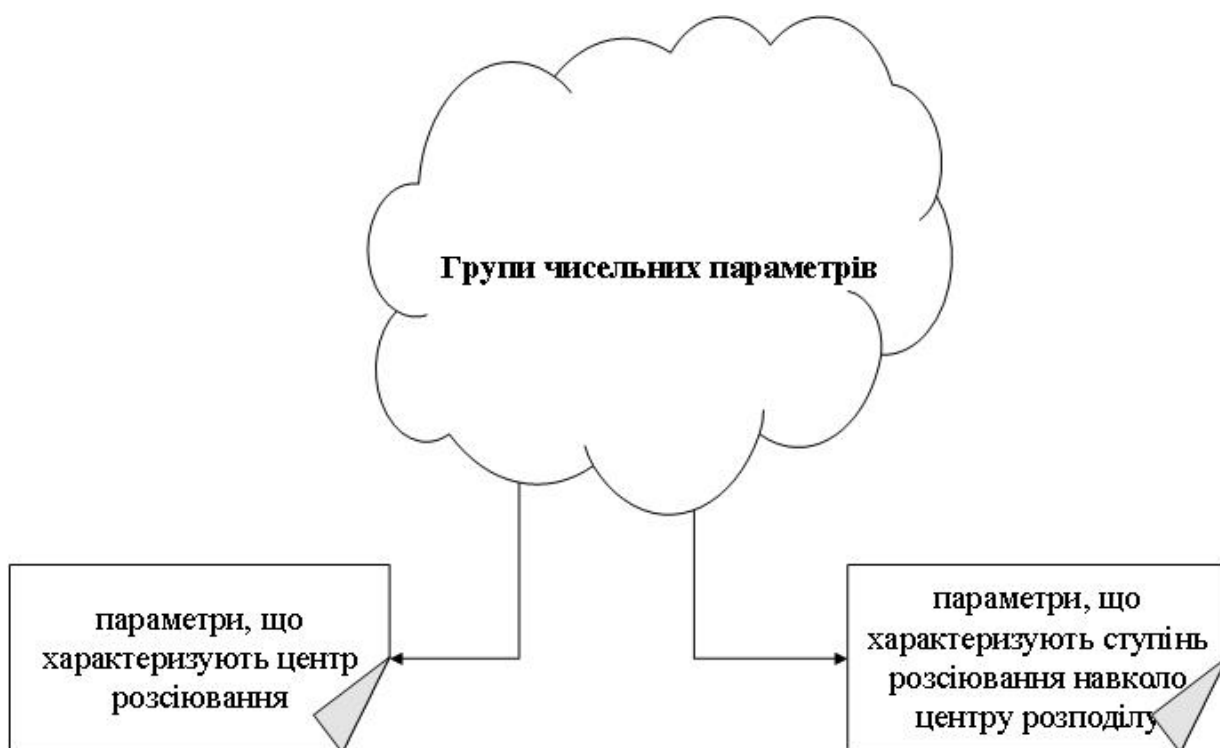


Рисунок 4.18 – Групи чисельних параметрів

- параметри, що характеризують центр розсіювання (центр розподілу) випадкової величини,
- параметри, що характеризують ступінь розсіювання випадкової величини навколо центру розподілу.

Характеристиками центру розподілу є математичне сподівання, медіана та мода (рис. 4.19).

Характеристиками ступеня розсіювання випадкової величини навколо центру розподілу є дисперсія, середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації (рис. 4.20).

Дисперсія, середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації хоча і є характеристиками ступеня розсіювання випадкової величини навколо центру розподілу, все ж таки відрізняються своєю розмірністю та, як наслідок, наочністю для сприйняття та інтерпретації.



Рисунок 4.19 – Характеристики центру розподілу

З цієї точки зору найбільш зручними є середнє квадратичне відхилення (розмірна характеристика розсіювання) та коефіцієнт варіації (безрозмірна характеристика розсіювання).

Найбільш розповсюдженою характеристикою центра розподілу є математичне сподівання m_t випадкової величини (яке часто називають також генеральним середнім значенням):

$$m_t = \int_{-\infty}^{\infty} tf(t)dt . \quad (4.15)$$

Ступінь розсіювання випадкової величини відносно m_t може бути охарактеризована за допомогою генеральної дисперсії σ_t^2 :

$$\sigma_t^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (t - m_t)^2 f(t) dt. \quad (4.16)$$



Рисунок 4.20 – Характеристики ступеня розсіювання

Якщо $f(t)$ в більшому ступені концентрується поблизу m_t , тоді значення σ_t^2 зменшуються. Якщо ж маються дуже віддалені від m_t значення випадкової величини й для них $f(t)$ не занадто мала, то дисперсія σ_t^2 збільшується.

Квадратний корінь з дисперсії σ_t^2 називається середнім квадратичним відхиленням σ_t :

$$\sigma_t = +\sqrt{\sigma_t^2}. \quad (4.17)$$

Співвідношення між середнім квадратичним відхиленням і математичним сподіванням називається коефіцієнтом варіації:

$$v_t = \frac{\sigma_t}{m_t}. \quad (4.18)$$

На практиці виникає завдання експериментального їх визначення на основі спостережень.

Визначення емпіричних (вибіркових) оцінок параметрів розподілу:

- вибірка оцінка математичного сподівання \bar{t} :

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (4.19)$$

- вибірка оцінка дисперсії s_t^2 :

$$s_t^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2, \quad (4.20)$$

- вибірка оцінка середнього квадратичного відхилення S_t :

$$S_t = +\sqrt{s_t^2}, \quad (4.21)$$

- вибірка оцінка коефіцієнту варіації v_t :

$$v_t = \frac{s_t}{\bar{t}}. \quad (4.22)$$

Для значень розрахункового положення в розрізі окремих етапів (див. табл.4.2) при використанні співвідношень (4.19) – (4.22) було отримано такі значення чисельних характеристик (рис. 4.21):

- вибіркова оцінка математичного сподівання – 9,6104 мм,
- вибіркова оцінка дисперсії – 0,6070 мм²,
- вибіркова оцінка середнього квадратичного відхилення – 0,7791 мм,
- вибіркова оцінка коефіцієнту варіації – 0,0811.

Отримані результати, щодо визначення чисельних характеристик розподілу величини розрахункового переміщення в розрізі окремих етапів дозволяють зробити такі підсумки стосовно точності методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення (табл. 4.3 та рис. 4.22).

Таблиця 4.3 – Точність методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення

Параметр	Величина
Фактична величина переміщення, мм	10
Середнє значення розрахункової величини переміщення, мм	9,6104
Абсолютна величина похибки, мм	0,3896
Відносна величина похибки, %	3,896

Отримані чисельні характеристики розрахункової величини переміщення на окремому етапі отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень свідчать про достатньо високу точність – розрахункове

значення склало 9,6104 мм при дійсній величині 10 мм, абсолютна похибка становила 0,3896 мм а відносна 3,896%.

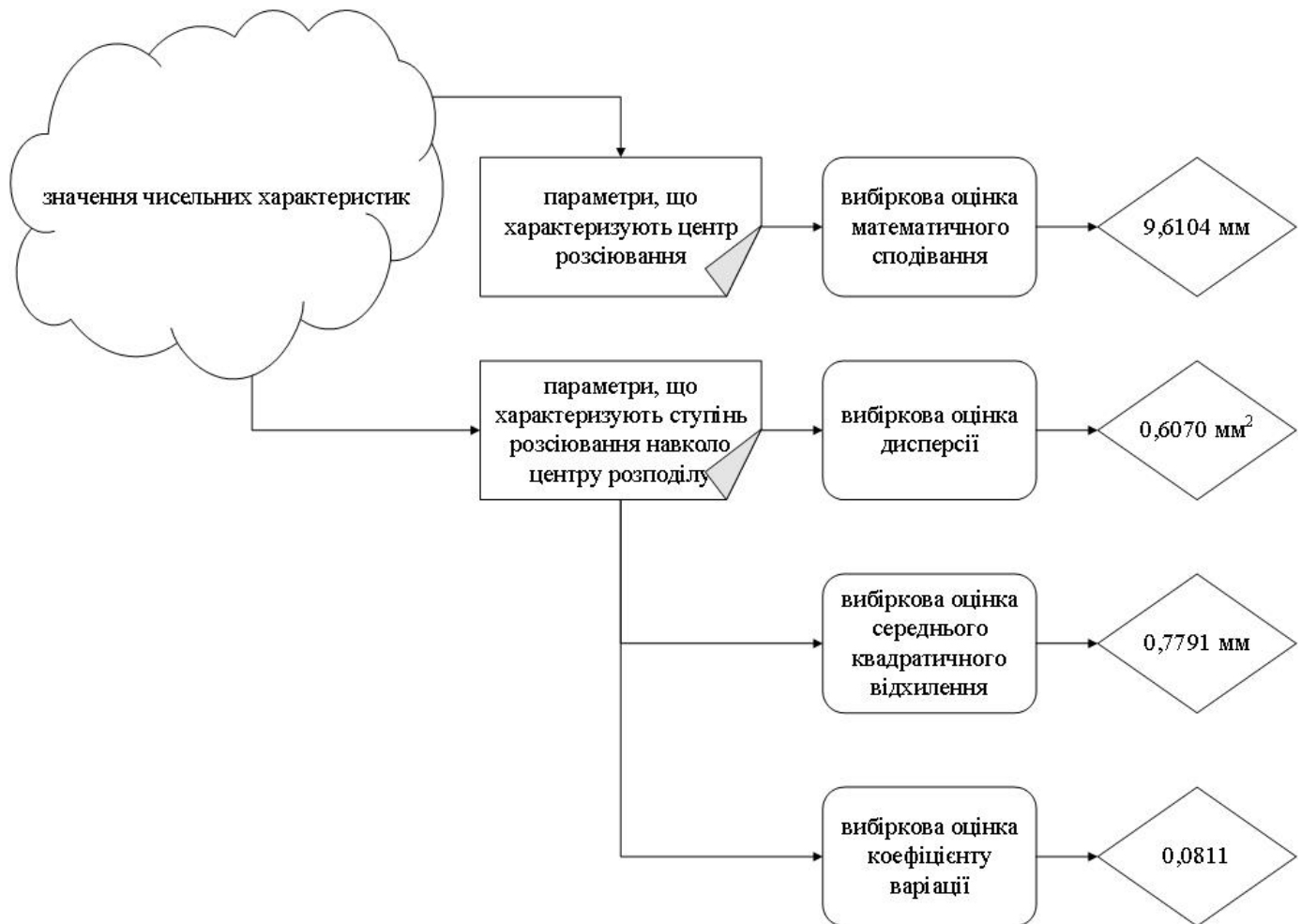


Рисунок 4.21 – Чисельні характеристики розподілу розрахункової величини визначеної із застосуванням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення

Стійкість результатів методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень підтверджують малі значення дисперсії (0,6070 мм²), середньоквадратичного відхилення (0,7791 мм) та коефіцієнту варіації (0,0811).

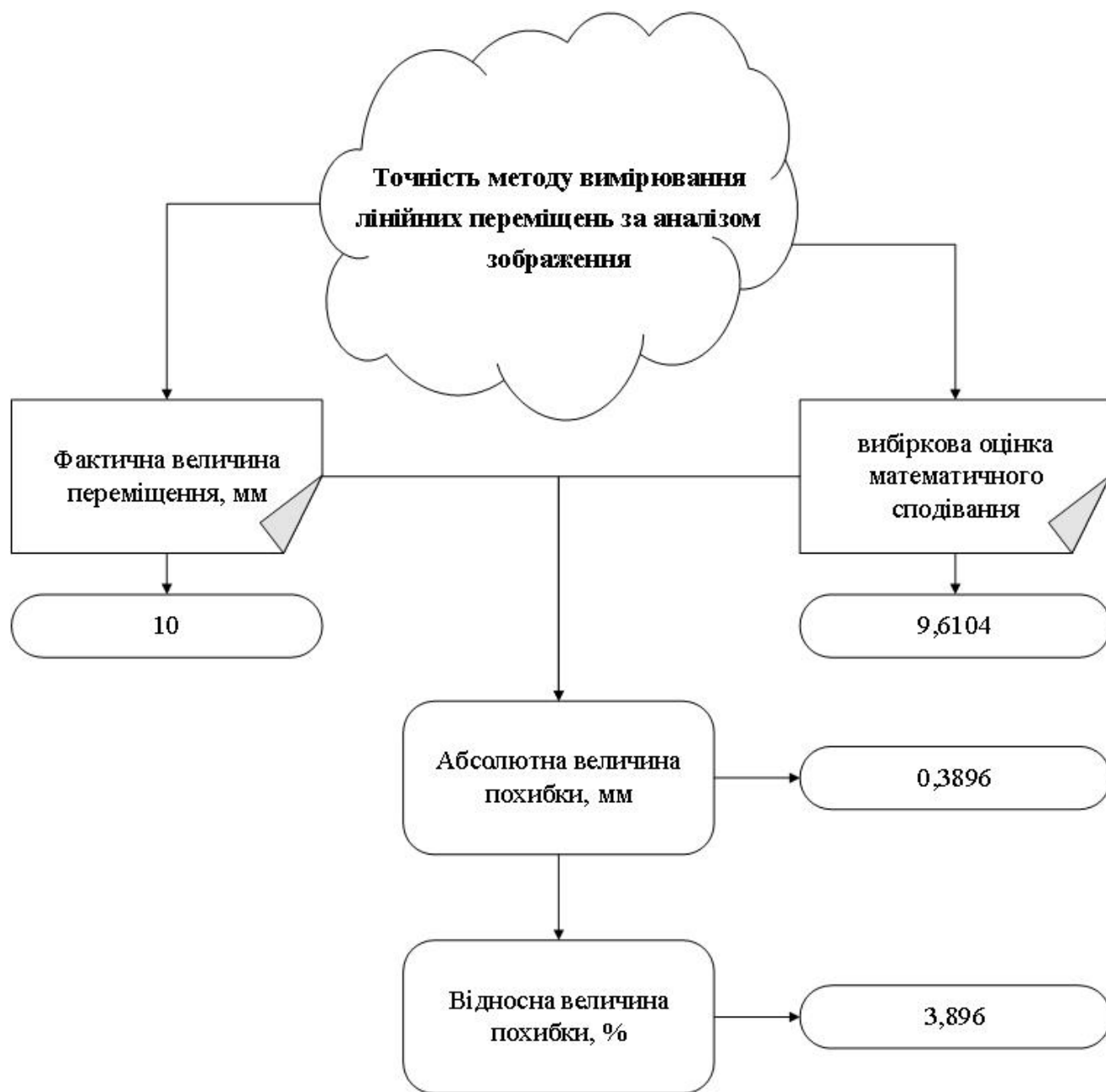


Рисунок 4.22 - Точність методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення

Висновки до розділу 4

Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення.

В модельному експерименті відтворювався лінійний характер фактичних переміщень. Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, демонструють високу точність. Так лінійний множник в розрахунковому рівнянні склав 9,618 при фактичному значенні 10, тобто відхилення склало 3,82%, а коефіцієнт детермінації склав 0,9992. Відхилення фактичного та розрахункових значень не перевищувало 7%, а в окремих випадках складало менше 0,2%.

Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення й при розгляді у розрізі окремих етапів моделювання. В модельному експерименті спостерігається тенденція коливання розрахункових значень переміщень отриманих із використанням методу лінійних вимірювань за аналізом зображень відносно дійсних значень отриманих за допомогою контрольної вимірювальної апаратури. Відтворювався лінійний характер фактичних переміщень. Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з достатньо високою точністю, яка здебільшого вкладалася у величину 6-7%.

Отримані чисельні характеристики розрахункової величини переміщення на окремому етапі отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень свідчать про достатньо високу точність – розрахункове значення склало 9,6104 мм при дійсній величині 10 мм, абсолютна похибка становила 0,3896 мм а відносна 3,896%. Стійкість результатів методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень підтверджують малі значення дисперсії (0,6070 мм²), середньоквадратичного відхилення (0,7791 мм) та коефіцієнту варіації (0,0811).

Про значний потенціал реалізованого методу вимірювання лінійних

переміщень за аналізом зображень обставина, що моделювання проводилося без додаткових заходів щодо підвищення точності. Реалізована інформаційна технологія вимірювання лінійних переміщень не потребує застосування спеціальних вимірювальних засобів, а отже має широку сферу використання, у тому числі при спостереженнях за віддаленими об'єктами.

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи магістра запропоновано метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі задачі:

- визначено послідовність застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- визначено структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- сформульовано функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- визначено функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- вирішено задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях;

- сформульована математична залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення;

- реалізована програмна складова методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

При підчас вирішення зазначених задач було отримано такі результати.

Запропоновано методологічні основи методу вимірювання лінійних переміщень, що включають опис структури інформаційної системи методу.

Методологія вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень на основі інформаційних технологій комплексне об'єднання апаратних засобів та програмного забезпечення задля отримання інформації про досліджуваний процес

або об'єкт спостереження з метою її безпосереднього отримання, подальшого збереження, обробки й аналізу

Поетапна деталізація структури методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень призводить до функціонально-логічного поділу програмного забезпечення на два типи – програмне забезпечення безпосереднього керування апаратними засобами задля отримання початкової інформації та програмне забезпечення для обробки початкових даних, їх аналізу та збереження всього масиву інформації.

Сутність методу полягає у визначенні переміщення об'єкту спостереження як зміну його положення на серії послідовних зображень.

Як головний елемент забезпечення точності та ефективності методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення пропонується використання штучно створених об'єктів (маркерів) переміщення яких однозначно відповідають переміщенням об'єкту спостереження, при цьому колір та (або) структура маркера дозволяють легко його ідентифікувати за зображенні.

Переміщення об'єкту спостереження визначається як зміна положення геометричного центру маркера на серії послідовних зображень.

Спроектована програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з розробкою структури модулів системи, визначенням їх взаємозв'язків та розроблено програмні модулі.

При розробці програмного забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень ставилася задача отримання даних про рух досліджуваного тіла на основі аналізу серії послідовних фотознімків.

Сутність роботи системи полягає в отриманні серій зображень контрольованого об'єкту, переміщування якого відповідають переміщенням або зносу дослідних зразків. При цьому одночасно автоматично фіксується час

отримання кожного зображення, що створює передумови для отримання залежності типу «переміщення – час».

Задля забезпечення ефективної роботи програми, при її побудові використовувався модульний принцип побудови та сучасні ефективні середовища розробки програмних додатків

Програмна складова методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень реалізована з використанням Microsoft VisualStudio на мові C++ з віконним інтерфейсом. Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення. В модельному експерименті відтворювався лінійний характер фактичних переміщень. Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, демонструють високу точність. Так лінійний множник в розрахунковому рівнянні склав 9,618 при фактичному значенні 10, тобто відхилення склало 3,82%, а коефіцієнт детермінації склав 0,9992. Відхилення фактичного та розрахункових значень не перевищувало 7%, а в окремих випадках складало менше 0,2%.

Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення й при розгляді у розрізі окремих етапів моделювання. В модельному експерименті спостерігається тенденція коливання розрахункових значень переміщень отриманих із використанням методу лінійних вимірювань за аналізом зображень відносно дійсних значень отриманих за допомогою контрольної вимірювальної апаратури. Відтворювався лінійний характер фактичних переміщень. Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з достатньо високою точністю, яка здебільшого вкладалася у величину 6-7%.

Отримані чисельні характеристики розрахункової величини переміщення на окремому етапі отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень свідчать про достатньо високу точність – розрахункове значення склало 9,6104 мм при дійсній величині 10 мм, абсолютна похибка становила 0,3896 мм а відносна 3,896%. Стійкість результатів методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень підтверджують малі значення дисперсії ($0,6070 \text{ мм}^2$), середньоквадратичного відхилення (0,7791 мм) та коефіцієнту варіації (0,0811).

Про значний потенціал реалізованого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень обставина, що моделювання проводилося без додаткових заходів щодо підвищення точності. Реалізована інформаційна технологія вимірювання лінійних переміщень не потребує застосування спеціальних вимірювальних засобів, а отже має широку сферу використання, у тому числі при спостереженнях за віддаленими об'єктами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Куликовский К.Л. Методы и средства измерений / К.Л. Куликовский, В.Я. Купер. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
2. Пасічник О.А. Проблеми та перспективи комп'ютеризації наукових досліджень / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 52 – 53.
3. Пасічник О.А. Апаратно-програмний комплекс для автоматичного вимірювання і реєстрації величини зносу / О.А. Пасічник, А.Г. Кузьменко // Тези міжнародної науково-технічної конференції "Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин (ЗНМ-2001)". – Хмельницький: ТУП. – 2001. – С. 5 - 7.
4. Пасічник О.А. Комплекс для автоматичного вимірювання і реєстрації величини зносу / О.А. Пасічник, А.Г. Кузьменко // Проблеми трибології. – 2002. - №1. – С. 156 – 159.
5. Чибисов К.В. Общая фотография / К.В. Чибисов. – М.: Искусство, 1984. – 446 с.
6. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибології / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 27 – 29.
7. Пасічник О.А. Застосування інформаційних технологій при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник, О.П. Бабак // Проблеми трибології (Problems of Tribology). - 2010. - №4. – С. 82 – 84.
8. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибологічній метрології / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. - №4 (239) – С. 28 – 31.
9. Пасічник О.А. 3D візуалізація та проблеми комп'ютерного моделювання в трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Матеріали VIII Міжнародної

науково-практичної конференції "Наука і освіта 2005". Том 56. Сучасні інформаційні технології. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 24 – 26.

10. Пасічник О.А. Деякі методологічні аспекти застосування кількісної цифрової фотографії в наукових дослідженнях О.А. Пасічник // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Дні науки 2006". Том 30. - Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – С. 10 – 12.

11. Пасічник О.А. Кількісна цифрова фотографія при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. - №.5(96) – С. 45 – 49.

12. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин / Д.М. Нестерчук, С.О. Квітка, С.В. Галько. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. - 206 с.

13. Перій С. С. Теоретико-експериментальне обґрунтування методів підвищення точності тригонометричного та геометричного нівелювання. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.24.01 - Геодезія, фотограмметрія та картографія. - Національний університет «Львівська політехніка», МОН України, Львів, 2019.

14. Ковалев В.О. Підвищення ефективності методів оптико-електронного позиціонування шляхом комбінованого аналізу елементів кадру. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 «Радіотехнічні і телевізійні системи» (172 – Телекомунікації та радіотехніка). – Національний університет «Львівська політехніка» МОН України, Львів, 2021.

15. Подчашинський Ю.О., Лугових О.О., Шавурська Л.Й. Визначення параметрів переміщень об'єктів на основі алгоритмічної обробки їх зображень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/12/70-2.pdf>

16. Алиев Т. Ч. Мера расстояния обеспечивающая инвариантность распознавания объектов к масштабным изменениям их изображений в системах

технического зрення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/121/121>

17. Методи обробки зображень та комп'ютерний зір / С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. – Д. ЛІРА, 2016. – 148 с.

18. Кобилін О.А., Творошенко І.С. Методи цифрової обробки зображень. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 124 с.

19. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 465 с.

20. Селянкін В.В., Скороход С.В. Аналіз і обробка зображень в задачах комп'ютерного зрення. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – 82 с

21. Гороховатский В.А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении. – Харьков: Компания СМІТ, 2014. – 316с.

22. Пасічник О.А. Комп'ютеризований датчик для вимірювання зносу / О.А. Пасічник // Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції "Динаміка наукових досліджень 2004". Том 61. Технічні науки. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 26 – 28.

23. Пасічник О.А. Комп'ютеризований комплекс для вимірювання лінійних переміщень та зносу на основі індуктивного датчика / О.А. Пасічник, О.П. Бабак // Проблеми трибології. – 2005. - №3. – С. 110 – 113.

24. Пасічник О.А. Комп'ютеризований комплекс для вимірювання лінійних переміщень та зносу на основі індуктивного датчика / О.А. Пасічник, О.П. Бабак // Матеріали міжнародної науково-технічної і методичної конференції "Актуальні проблеми математики, механіки і комп'ютерних технологій (АПМКТ-2005)". – Хмельницький: ХНУ, 2005. – С. 35.

25. Пасічник О.А. Фотографічний метод вимірювань при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. - №2(108) – С. 173 – 175.

26. Пасічник О.А. Застосування кількісної цифрової фотографії при

трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Тези доповідей VI-ї міжнародної конференції молодих науковців "Інформатика і механіка". – 2008. – С. 19 – 20.

27. Пасічник О. А. Автоматизація трибологічних досліджень на основі комп'ютеризованої фотовимірювальної системи / О.А. Пасічник [та ін.] // Проблеми трибології. – 2009. - №.3 – С. 101 – 103.

28. Пасічник О.А. Програмне забезпечення для системи автоматичної реєстрації параметрів процесів при вимірюваннях зносу та лінійних переміщень / О.А. Пасічник, А.Б. Даньков // Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції "Наука и технологии: шаг в будущее – 2006". Том 26. – Белгород: Руснаучкнига, 2006. – С. 18 – 20.

29. Алешко В.М. Розробка програмного забезпечення фотовимірювальної системи для трибологічних досліджень / В.М. Алешко, О.А. Пасічник // Збірник наукових праць за матеріалами третьої всеукраїнської науково-технічної конференції "Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2009". – Хмельницький: ХНУ, 2009. – С. 8 – 12.

30. Вараниця О.А. Застосування об'єктно-орієнтованого програмування для автоматизації вимірювань на основі аналізу зображень / О.А. Вараниця, О.А. Пасічник // Збірник наукових праць факультету прикладної математики та комп'ютерних технологій Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2010. – С. 87 – 90.

31. Пасічник О.А., Бабак О.П. Вичавка А.А. Застосування інформаційних технологій в трибологічних вимірюваннях // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції "Актуальні проблеми інженерної механіки та технології машинобудування" – Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2016 – С. 72 - 74.

32. Пасічник О.А. Запровадження інформаційних технологій при дослідженнях процесів зношування та проектування вузлів тертя / Сучасний рух науки: тези доп. X міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2-3 квітня

2020 р. – Дніпро, 2020. – Т.2. – с. 184 – 187.

33. Кузьменко А.Г., Бабак О.П., Пасічник О.А., Даньков А.Б. Експериментальні дослідження руху мастильного матеріалу із застосуванням комп'ютерних технологій візуалізації та реєстрації// Проблемы трибологии. – 2007. - №.1 – С. 135 – 139.

34. Кузьменко А.Г., Бабак О.П., Пасічник О.А. Дослідження динаміки руху мастильної краплі по пласкій поверхні// Проблемы трибологии. – 2007. - №.2 – С. 91 – 94.

35. О.А. Пасічник, О.П. Бабак. Застосування інформаційних технологій при трибологічних дослідженнях // Проблеми трибології (Problems of Tribology). - 2010. - №4. – С. 82–84.

36. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибологічній метрології// Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. - №4 (239) – С. 28 – 31.

37. Пасічник О.А. Методологія оцінки характеристик вимірювальної системи реалізованої із застосуванням інформаційних технологій // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. - №1 (245) – С. 174 – 177.

38. Пасічник О.А. Методологічні аспекти застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях // Проблемы трибологии. – 2017. - №. 1 – С. 43 – 48.

39. Пасічник О.А. Програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень / О.А. Пасічник // Актуальні проблеми комп'ютерних наук. Збірник наукових праць за матеріалами XIII всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021» – Хмельницький: ХНУ, 2021.

Додатки

ДОДАТОК А

```
// MainMView.cpp : implementation of the CMainMView class
//

#include "stdafx.h"
#include "MainM.h"
#include "SetupDlg.h"
#include "Object.h" //підключення класа об'єкта

#include "MainMDoc.h"
#include "MainMView.h"
#include <fstream.h>
#include <ijl.h> // підключення бібліотеки роботи з жпг www.sources.ru

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif

////////////////////////////////////
// CMainMView

unsigned char* respic; //масив в якому зберігаються данні картинки

class Jpeg // клас для роботи з жпг зображеннями
{
public:

    static void *ReadImage(int &width, // ширина загрузжаемой картинки.
        int &height, // высота загрузжаемой картинки.
        int &bpp, // БАЙТ (не бит) НА ПИКСЕЛЬ.
        const void *buffer, // адрес памяти, в котором хранятся
        int sizebytes); // размер сжатых jpeg-ом данных.
};

void * Jpeg::ReadImage(int &width,int &height,int &nchannels,const void *buffer,int sizebytes)
{
    JPEG_CORE_PROPERTIES jcprops; //структура для роботи з файлом

    if ( ijInit(&jcprops) != IJL_OK ) //Ініціалізація структури
    {
        ijFree(&jcprops);
        return 0;
    }

    jcprops.JPGBytes = (unsigned char *) buffer; //загрузка данных файла
    jcprops.JPGSizeBytes = sizebytes;
    jcprops.jquality = 100;

    if ( ijRead(&jcprops,IJL_JBUFF_READPARAMS) != IJL_OK )
    {
        ijFree(&jcprops);
        return 0;
    }

    width = jcprops.JPGWidth;
    height = jcprops.JPGHeight;
    IJLIOTYPE mode; //для бібліотеки
```

```

mode = IJL_JBUFF_READWHOLEIMAGE;
nchannels = jcprops.JPGChannels;
unsigned char * pixbuff = new unsigned char[width*height*nchannels];
if ( !pixbuff )
{
    ijfFree(&jcprops);
    return 0;
}

jcprops.DIBWidth = width;
jcprops.DIBHeight = height;
jcprops.DIBChannels = nchannels;
jcprops.DIBPadBytes = 0;
jcprops.DIBBytes = (unsigned char *)pixbuff;

if ( jcprops.JPGChannels == 3 )
{
    jcprops.DIBColor = IJL_RGB;
    jcprops.JPGColor = IJL_YCBCR;
    jcprops.JPGSubsampling = IJL_411;
    jcprops.DIBSubsampling = (IJL_DIBSUBSAMPLING) 0;
}
else
{
    jcprops.DIBColor = IJL_G;
    jcprops.JPGColor = IJL_G;
    jcprops.JPGSubsampling = (IJL_JPGSUBSAMPLING) 0;
    jcprops.DIBSubsampling = (IJL_DIBSUBSAMPLING) 0;
}

respic = new unsigned char[width*height*nchannels]; ..ініціалізація масиву
if ( ijfRead(&jcprops, mode) != IJL_OK )
{
    ijfFree(&jcprops);
    respic = pixbuff; .. отримання результату роботи масиву розкодування
    return 0;
}

if ( ijfFree(&jcprops) != IJL_OK ) return 0;
    respic = pixbuff; .. отримання результату роботи масиву розкодування
return (void *)pixbuff;
}

////////////////////////////////////
    CString SelfFolder; ..змінна для збереження шляху до папки
    int PicWidth, PicHeight, PicBpp;
////////////////////////////////////
IMPLEMENT_DYNCREATE(CMainMView, CFormView)

BEGIN_MESSAGE_MAP(CMainMView, CFormView)
    //{{AFX_MSG_MAP(CMainMView)
    ON_COMMAND(ID_FILE_OPEN, OnFileOpen)
    ON_COMMAND(ID_BUTUP, OnButup)
    ON_COMMAND(ID_BUTDOWN, OnButdown)
    ON_COMMAND(ID_BUT_ADD_ALL, OnButAddAll)
    ON_COMMAND(ID_BUTGRAFIK, OnButgrafik)
    //}}AFX_MSG_MAP
    // Standard printing commands
    ON_COMMAND(ID_FILE_PRINT, CFormView::OnFilePrint)
    ON_COMMAND(ID_FILE_PRINT_DIRECT, CFormView::OnFilePrint)
    ON_COMMAND(ID_FILE_PRINT_PREVIEW, CFormView::OnFilePrintPreview)
END_MESSAGE_MAP()

```

```

////////////////////////////////////
// CMainMView construction/destruction

CMainMView::CMainMView()
: CFormView(CMainMView::IDD)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CMainMView)
    // NOTE: the ClassWizard will add member initialization here
   //}}AFX_DATA_INIT
    // TODO: add construction code here
}

CMainMView::~CMainMView()
{
}

void CMainMView::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CFormView::DoDataExchange(pDX);
   //{{AFX_DATA_MAP(CMainMView)
    DDX_Control(pDX, IDC_LIST2, m_PhotoList);
    DDX_Control(pDX, IDC_LIST1, m_FileList);
   //}}AFX_DATA_MAP
}

BOOL CMainMView::PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs)
{
    // TODO: Modify the Window class or styles here by modifying
    // the CREATESTRUCT cs

    ofstream out1("Data.dat"); ..непезамне файлны
    out1.close();

    return CFormView::PreCreateWindow(cs);
}

void CMainMView::OnInitialUpdate()
{
    CFormView::OnInitialUpdate();
    GetParentFrame()->RecalcLayout();
    ResizeParentToFit();
}

////////////////////////////////////
// CMainMView printing

BOOL CMainMView::OnPreparePrinting(CPrintInfo* pInfo)
{
    // default preparation
    return DoPreparePrinting(pInfo);
}

void CMainMView::OnBeginPrinting(CDC* /*pDC*/, CPrintInfo* /*pInfo*/)
{
    // TODO: add extra initialization before printing
}

void CMainMView::OnEndPrinting(CDC* /*pDC*/, CPrintInfo* /*pInfo*/)
{
    // TODO: add cleanup after printing
}

```

```

void CMainMView::OnPrint(CDC* pDC, CPrintInfo* /*pInfo*/)
{
    // TODO: add customized printing code here
}

////////////////////////////////////
// CMainMView diagnostics

#ifdef _DEBUG
void CMainMView::AssertValid() const
{
    CFormView::AssertValid();
}

void CMainMView::Dump(CDumpContext& dc) const
{
    CFormView::Dump(dc);
}

CMainMDoc* CMainMView::GetDocument() // non-debug version is inline
{
    ASSERT(m_pDocument->IsKindOf(RUNTIME_CLASS(CMainMDoc)));
    return (CMainMDoc*)m_pDocument;
}
#endif // _DEBUG

////////////////////////////////////
// CMainMView message handlers

CImageList iList;
int ResizetoX = 320; ..змінні для розмірів пережатої картинки
int ResizetoY = 240;
CBitmap* masbit; .. масив пережатих картинок
PicObject* dataMas; ..масив даних об'єктів

ResizePic(int Width, int Height,unsigned char *Pic) ..процедура для зміни розмірів рисунка
{
    float n;
    unsigned char* NewMas;
    unsigned char* NewMas2;
    float koef;
    int x1,x2;

    int sir = sizeof(Pic);

    NewMas = new unsigned char[ResizetoX*Height*3];
    NewMas2 = new unsigned char[ResizetoX*ResizetoY*3];

    float Kx = Width / (float) ResizetoX;
    float Ky = Height / (float) ResizetoY;

    for (int i = 0;i<Height;i++)
    {
        for (int j = 0;j<ResizetoX;j++)
        {
            n = j*Kx;
            if (n > (Width)) n = Width;
            x1 = (int)n/1;
            koef = n - x1;
            int R1 = Pic[(i*Width*3)+(x1*3)];
            int R2 = Pic[(i*Width*3)+(x1*3)+3];

```

```

        int R = R1+(R2-R1)*koef;

        int G1 = Pic[(i*Width*3)+(x1*3)+1];
        int G2 = Pic[(i*Width*3)+(x1*3)+4];
        int G = G1+(G2-G1)*koef;

        int B1 = Pic[(i*Width*3)+(x1*3)+2];
        int B2 = Pic[(i*Width*3)+(x1*3)+5];
        int B = B1+(B2-B1)*koef;

        NewMas[(i*ResizetoX*3)+(j*3)] = R;
        NewMas[(i*ResizetoX*3)+(j*3)+1] = G;
        NewMas[(i*ResizetoX*3)+(j*3)+2] = B;
    }
}

delete respic;
for (i = 0; i < ResizetoY; i++)
{
    for (int j = 0; j < ResizetoX; j++)
    {
        n = i*Ky;
        if (n > (Height)) n = Height;
        x1 = (int)n/1;
        koef = n * x1;

        int R1 = NewMas[(x1*ResizetoX*3)+(j*3)];
        int R2 = NewMas[((x1+1)*ResizetoX*3)+(j*3)];
        int R = R1+(R2-R1)*koef;

        int G1 = NewMas[(x1*ResizetoX*3)+(j*3)+1];
        int G2 = NewMas[((x1+1)*ResizetoX*3)+(j*3)+1];
        int G = G1+(G2-G1)*koef;

        int B1 = NewMas[(x1*ResizetoX*3)+(j*3)+2];
        int B2 = NewMas[((x1+1)*ResizetoX*3)+(j*3)+2];
        int B = B1+(B2-B1)*koef;

        NewMas2[(i*ResizetoX*3)+(j*3)] = R;
        NewMas2[(i*ResizetoX*3)+(j*3)+1] = G;
        NewMas2[(i*ResizetoX*3)+(j*3)+2] = B;
    }
}

respic = NewMas2;
delete NewMas;
}

```

void CMainMView::OnFileOpen() .. при натисканні кнопки відкрити

```

{
    ofstream out1("Data.dat", ios::app);
    LPITEMIDLIST lpIID;
    BROWSEINFO bi;
    TCHAR szName[255];

    ZeroMemory(&bi, sizeof(BROWSEINFO));
    TCHAR Dir[MAX_PATH];
    bi.hwndOwner = GetSafeHwnd();
    bi.ulFlags = BIF_RETURNONLYFSDIRS;
    bi.lpszTitle = "Вибір папки";
    bi.pszDisplayName = &Dir[0];
}

```

```

lpIID = SHBrowseForFolder(&bi); ..ініціалізація діалога для вибору папки

if(lpIID)
{
    VERIFY ( SHGetPathFromIDList(lpIID, szName ));
    SelfFolder = szName; ..результат передається в змінну (шлях до вибраної папки)
}

////////////////////////////////////

CString Mask = "*.jpg"; ..маска для пошуку
WIN32_FIND_DATA fdat; ..структура для пошуку файлів
bool f = 0;
HANDLE h = FindFirstFile( SelfFolder + "\\* " + Mask, &fdat );
if( h != INVALID_HANDLE_VALUE )
{
    m_FileList.AddString(fdat.cFileName);
}
while(FindNextFile(h, &fdat))
{
    m_FileList.AddString(fdat.cFileName);
}

CSetupDlg setdlg; ..умовна одиниця
if (setdlg.DoModal() == IDOK)
{
    out1 << setdlg.CardtPS << " ";
    out1 << setdlg.Dlina << " ";
}

out1.close();
}

CString SelectString, SelStr2;

void CMainMView::OnButup() ..при натисканні кнопки вгору
{
    CString item1,item2;
    int n = m_FileList.GetCurSel();
    if (n>0)
    {
        m_FileList.GetText(n,item1);
        m_FileList.GetText(n-1,item2);

        m_FileList.DeleteString(n);
        m_FileList.InsertString(n,item2);
        m_FileList.DeleteString(n-1);
        m_FileList.InsertString(n-1,item1);

        m_FileList.SetCurSel(n-1);
    }
}

void CMainMView::OnButdown() ..при натисканні кнопки вниз
{
    CString item1,item2;
    int n = m_FileList.GetCurSel();
    if (n<(m_FileList.GetCount()-1))
    {
        m_FileList.GetText(n,item1);
        m_FileList.GetText(n+1,item2);
    }
}

```

```

        m_FileList.DeleteString(n);
        m_FileList.InsertString(n,item2);
        m_FileList.DeleteString(n+1);
        m_FileList.InsertString(n+1,item1);

        m_FileList.SetCurSel(n+1);
    }
}
bool flag = 0;
int itemcount;

void CMainMView::OnButAddAll() .. кнопку для обробки зображень
{
    ofstream out1("Data.dat",ios::app); .. дописання
    CBitmap bmpFaces;
    CString Mask,Temp;
    int FileSize;
    char* data;

    itemcount = m_FileList.GetCount();
    out1 << itemcount << "\n"; ..записуємо кількість знайдених файлів
    out1.close();

    if ((SelFolder != "") && (itemcount >0) && (flag == 0))
    {
        iList.Create(320, 240, ILC_COLOR24|ILC_MASK, 0, 0); .. масив для рисунків(зменшених)
        masbit = new CBitmap[itemcount];
        dataMas = new PicObject[itemcount];

        for (int pr = 0; pr < itemcount;pr++)
        {
            m_FileList.GetText(pr,Mask); ..читуємо запис під номером ..
            WIN32_FIND_DATA fdat;
            HANDLE h = FindFirstFile( SelFolder + "\\* " + Mask, &fdat );
            if( h != INVALID_HANDLE_VALUE )
                {FileSize = fdat.nFileSizeLow;}

            Temp = SelFolder + "\\* " + Mask;

            ifstream out1(Temp,ios::in|ios::binary);
            //
            data = new char[FileSize]; ..читати файл повним куском
            out1.read((char *) data, FileSize);
            Jpeg pic;
            pic.ReadImage(PicWidth,PicHeight,PicVpp,data,FileSize);..читаємо з файла
            delete data;

            float d = GetObjectXY(pr,PicWidth,PicHeight,respic); ..процедура знаходження середини об'єкта

            //Sleep(10000);
            //////////////////////////////////////

            ResizePic(PicWidth,PicHeight,respic);

            masbit[pr].LoadBitmap(IDB_BITMAP1);..загружається картинка в клас
            char* s;
            s = new char[320*240*4];
            int r = 0;
            int rr = 0;
            while (r<(320*240*4))
            {

```

```

        s[r] = respic[rr+2];r++;rr++;
        s[r] = respic[rr];r++;rr++;
        s[r] = respic[rr-2];r++;rr++;
        s[r] = 100;r++;
    }

    masbit[pr].SetBitmapBits(ResizetoX*ResizetoY*4,s);
    iList.Add(&masbit[pr], RGB(255, 255, 255));
}

m_PhotoList.SetImageList(&iList,TVSIL_NORMAL); .. загрузаємо список картинок в фотолісті

for (int g = 0 ;g<itemcount;g++) .. показуємо картинки в фотолісті
{
    m_FileList.GetText(g,Mask);
    m_PhotoList.InsertItem(g,Mask,g);
}
flag = 1;
}

ofstream out2("test.txt");
for (int l = 0; l < itemcount;l++)
{
    float r = dataMas[l].X;
    float r2 = dataMas[l].Y;
    out2 << r << " " << r2 << "\n";
}
}

float CMainMView::GetObjectXY(int Object, int Width, int Height, unsigned char *mas)
{
    ofstream out1("Data.dat",ios::app);
    CClientDC dc(this);
    int koeficient = 40;
    int Mx=0,My=0,con = 0;
    int datx = 0,daty = 0;

    int CR = 0;
    int CB = 0;
    int CG = 0;

    int Xr=0,Xg=0,Xb=0;
    for (int i = 0;i<8;i++)
    {
        for (int j = 0;j < 8;j++)
        {
            CR += mas[(i*Width*3)+(j*3)];
            CG += mas[(i*Width*3)+(j*3)+1];
            CB += mas[(i*Width*3)+(j*3)+2];
            CR += mas[(i*Width*3)+(j*3)+((Width*(Height-8)*3)+(Width*3)-8)];
            CG += mas[(i*Width*3)+(j*3)+((Width*(Height-8)*3)+(Width*3)-8)+1];
            CB += mas[(i*Width*3)+(j*3)+((Width*(Height-8)*3)+(Width*3)-8)+2];
        }
    }
    CR = CR/128;  CG = CG/128;  CB = CB/128;

    for ( i = 0;i<(Width/8);i++)

```

```

    {
        for (int j = 0; j < (Height/8); j++)
        {
            Xr = 0; Xg = 0; Xb = 0;

            for (int n = 0; n < 8; n++)
            {
                for (int k = 0; k < 8; k++)
                {
                    Xr += mas[(j*Width*24)+(i*3*8)+(n*Width*3)+(k*3)];
                    Xg += mas[(j*Width*24)+(i*3*8)+(n*Width*3)+(k*3)+1];
                    Xb += mas[(j*Width*24)+(i*3*8)+(n*Width*3)+(k*3)+2];
                }
            }
            Xr = Xr/64; Xg = Xg/64; Xb = Xb/64;
            if ((abs(CR-Xr) > koeficient) || (abs(CG-Xg) > koeficient) || (abs(CB-Xb) >
koeficient))
            {
                Mx += i*8;
                My += j*8;
                con += 1;

                //dc.Rectangle(Mx,My,Mx+8,My+8);

                datx += Mx;
                daty += My;
                Mx = 0; My = 0;
            }
        }

        float cv1 = datx/con;
        float cv2 = daty/con;

        dataMas[Object].X = cv1/Width; // отримання умови один.
        dataMas[Object].Y = cv2/Height;
        out1 << dataMas[Object].X << " " << dataMas[Object].Y << "\n";
        out1.close();
        return 1;
    }

void CMainMView::OnButgrafik() .. при нажатті на кнопку графік
{
    if (flag)
    {
        CString Str = "Grafik.exe";
        WinExec(Str,1);
    }
}

Object.h
SetupDlg

////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

////////////////////////////////////
// GrafikView.cpp : implementation of the CGrafikView class
//

```

```

#include "stdafx.h"
#include "Grafik.h"

#include "GrafikDoc.h"
#include "GrafikView.h"
#include <fstream.h>
#include <math.h>

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif

////////////////////////////////////
// CGrafikView

IMPLEMENT_DYNCREATE(CGrafikView, CView)

BEGIN_MESSAGE_MAP(CGrafikView, CView)
   //{{AFX_MSG_MAP(CGrafikView)
    ON_WM_LBUTTONDOWNBLCLK()
   //}}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()

////////////////////////////////////
// CGrafikView construction/destruction

CGrafikView::CGrafikView()
{
    // TODO: add construction code here
}

CGrafikView::~CGrafikView()
{
}

class object
{
public:
    float X;
    float Y;
};

int kadr,length,PointCount;
object* masiv;
float MaxX,MinX,MaxY;
float Otn = 0.75;

BOOL CGrafikView::PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs)
{
    // TODO: Modify the Window class or styles here by modifying
    // the CREATESTRUCT cs

    ifstream out1("Data.dat");

    out1 >> kadr;
    out1 >> length;
    out1 >> PointCount;
    masiv = new object[PointCount];
}

```

```

        for (int i = 0; i < PointCount; i++)
        {
            out1 >> masiv[i].X;
            float Y;
            out1 >> Y;
            masiv[i].Y = Y;
        }

        MaxX = 1;
        MinX = 0;
        MaxY = 0.5;
/*float j;
for (int h = 0 ;h<PointCount;h++)
{
    if (masiv[h].X < MinX)
        MinX = masiv[h].X;
    if (masiv[h].X > MaxX)
        MaxX = masiv[h].X;

    j = masiv[h].Y - 0.5;

    if (j < 0) j = j * -1;

    if (j > MaxY)
        MaxY = 0.5 - masiv[h].Y;
}*/

return CView::PreCreateWindow(cs);
}

////////////////////////////////////
// CGrafikView drawing
bool f = false;

void CGrafikView::OnDraw(CDC* pDC)
{
    CGrafikDoc* pDoc = GetDocument();
    ASSERT_VALID(pDoc);
    // TODO: add draw code for native data here

    pDC->MoveTo(24,5);
    pDC->LineTo(24,480);

    pDC->MoveTo(10,240);
    pDC->LineTo(655,240);

    float dat = 0.5;
    ///////////////////////////////////

    CFont font;
    VERIFY(font.CreateFont(
        12,           // nHeight
        0,           // nWidth
        0,           // nEscapement
        0,           // nOrientation
        FW_NORMAL,   // nWeight
        FALSE,       // bItalic
        FALSE,       // bUnderline
        0,           // cStrikeOut
        ANSI_CHARSET, // nCharSet
        OUT_DEFAULT_PRECIS, // nOutPrecision

```

```

CLIP_DEFAULT_PRECIS, // nClipPrecision
DEFAULT_QUALITY, // nQuality
DEFAULT_PITCH | FF_SWISS, // nPitchAndFamily
"Times New Roman");

CFont* def_font = pDC->SelectObject(&font);

float k = 0;
dat = 0;
float gradx = 0.5/10.0;
float grady = (MaxX - MinX)/20.0;
float fy = MinX;
CString format = "%.2f";

if (length != 0)
{
    gradx = (length*0.665)/10;
    format = "%.0f";
    grady = length/20;
}

CString legend;
for (int i = 0; i <= 240; i += 32)
{
    legend.Format(format, dat);
    pDC->TextOut(0, 240 - (i + k), legend);
    pDC->MoveTo(24, 240 + i);
    pDC->LineTo(29, 240 + i);

    pDC->TextOut(0, 240 + (i - k), legend);
    pDC->MoveTo(24, 240 - i);
    pDC->LineTo(29, 240 - i);

    k += 0.5;
    dat += gradx;
}

CString stry;

for (i = 0; i <= 640; i += 32)
{
    stry.Format(format, fy);
    pDC->MoveTo(i + 24, 238);
    pDC->LineTo(i + 24, 243);
    pDC->TextOut(i + 25, 245, stry); fy += grady;
}

for (int y = 0; y < PointCount; y++)
{
    DrawCros(pDC, 28 + masiv[y].X * (660 - 28), 240 - (0.5 - masiv[y].Y) * 2.66 * 240);
}

for (y = 0; y < PointCount - 1; y++)
{
    pDC->MoveTo(28 + masiv[y].X * (660 - 28), 240 - (0.5 - masiv[y].Y) * 2.66 * 240);
    pDC->LineTo(28 + masiv[y + 1].X * (660 - 28), 240 - (0.5 - masiv[y + 1].Y) * 2.66 * 240);
}

```

```

        OnMButtonDbClick(NULL,NULL);
    }

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
// CGrafikView diagnostics

#ifdef _DEBUG
void CGrafikView::AssertValid() const
{
    CView::AssertValid();
}

void CGrafikView::Dump(CDumpContext& dc) const
{
    CView::Dump(dc);
}

CGrafikDoc* CGrafikView::GetDocument() // non-debug version is inline
{
    ASSERT(m_pDocument->IsKindOf(RUNTIME_CLASS(CGrafikDoc));
    return (CGrafikDoc*)m_pDocument;
}
#endif // _DEBUG

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
// CGrafikView message handlers

void CGrafikView::DrawCros(CDC *dc, int X, int Y)
{
    int siz = 6;
    CPen CrosPen;
    CrosPen.CreatePen(PS_SOLID, 3, RGB(255,0,0));
    CPen* pOriginalPen;
    pOriginalPen=dc->SelectObject(&CrosPen);

    dc->MoveTo(X-siz,Y);
    dc->LineTo(X+siz,Y);
    dc->MoveTo(X,Y-siz);
    dc->LineTo(X,Y+siz);

    dc->SelectObject(pOriginalPen);
}

void CGrafikView::OnLButtonDbClick(UINT nFlags, CPoint point)
{
    float Summa = 0;
    float x1 = masiv[0].X;
    float y1 = (masiv[0].Y)*1.333;

    for (int i=1;i<PointCount;i++)
    {
        float x2 = masiv[i].X;
        float y2 = (masiv[i].Y)*1.333;

        Summa += pow(pow(x1-x2,2)+pow((y1-y2),2),0.5);
        x1 = x2;
        y1 = y2;
    }
    if (length != 0)
    {

```

```

        CString dat,dat2;
        float res = Summa * ((float)kadr/(float)PointCount)*length;
        dat.Format("%.2f",Summa*length);
        dat2.Format("%.2f",res);
        dat = "Общий пройденный путь объекта - " + dat;
        dat+=" мм. \n Средняя скорость объекта - ";
        dat+=dat2;
        dat += " мм/сек.";
        MessageBox(dat);
    }
    else
    {
        if (kadr == 0)
            kadr = 16;
        CString dat,dat2;
        float res = Summa * ((float)kadr/(float)PointCount);
        dat.Format("%.2f",Summa);
        dat2.Format("%.2f",res);
        dat = "Общий пройденный путь объекта - " + dat;
        dat+=" Ед. \n Средняя скорость объекта - ";
        dat+=dat2;
        dat += " Ед/сек.";
        MessageBox(dat);
    }

    CView::OnLButtonDbClk(nFlags, point);
}

```

УДК 681.518+621.891

О.А. ПАСІЧНИК

Хмельницький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТРИБОЛОГІЧНІЙ МЕТРОЛОГІЇ

В статті розглянуто питання впровадження інформаційних технологій в трибологічній метрології в частині кількісної цифрової фотографії в практику вимірювань та наукових досліджень й, зокрема, трибологічних, що сприяє підвищенню рівня якості, наочності, інформативності та збереженості отриманих результатів, а наведені методологічні принципи формують необхідну базу для створення комп'ютерних інформаційних фотовимірювальних комплексів.

Ключові слова: метрологія, фотографія.

O.A. PASICHNYK

Khmelnitsky National University

INFORMATION TECHNOLOGIES IN TRIBOLOGICAL METROLOGY

In the article the question of information technology in tribological metrology in terms of quantitative digital photos into practice measures and research and, in particular, tribological, which will help increase the quality, visibility, informative and preservation of the results, and that the methodological principles forming the basis for the creation of computer information photo measuring complexes.

Keywords: metrology, photography.

Вступ

Сучасний етап розвитку людства характеризується величезними потоками інформації, які циркулюють в усіх сферах його діяльності [1]. Важливу роль серед різноманітних видів інформації відіграє вимірювальна інформація, яка несе кількісну оцінку результатів наукових досліджень, стану технологічних процесів, характеристик виробів, параметрів навколишнього середовища, фізіологічного стану людини, тощо [1]. Розвиток наукових досліджень загалом та трибологічних зокрема, потребує метрологічного забезпечення в частині вимірювання різноманітних фізичних величин, серед яких основну частку складають вимірювання неелектричних величин, сам процес має масовий характер, а ці тенденції будуть зберігатися й розвиватися в майбутньому [1].

В той же час машинобудування України потребує розробки сучасних методів підвищення довговічності вузлів тертя. Особливо актуальною ця проблема постає в зв'язку з тим, що на поточний момент 85–90% відмов механічних систем пов'язано зі зношуванням рухомих спряжень та руйнуваннями контактуючих поверхонь [2].

В наукових дослідженнях та у виробничій практиці широко застосовуються методи візуалізації в яких використовується фототехніка. Широке застосування фотографії пояснюється не лише можливістю об'єктивно документувати різні явища та процеси, але й головним чином в наслідок ряду суттєвих переваг у порівнянні з оком людини [3].

Значні досягнення в галузі цифрових технологій зробили можливим застосування в цих областях цифрової техніки (цифрових фотоапаратів) [3–7]. Переваги цифрової фототехніки пов'язані з використанням зручних, малогабаритних, відносно дешевих пристроїв, які надають можливості для швидкого отримання зображення, зручного його перегляду, оперативної передачі каналами зв'язку в зручній формі.

Основний розділ

Поточний стан техніки та технологій загалом, та наукових досліджень зокрема, характеризується масштабним застосуванням інформаційних технологій широкого спектру та застосування.

Одним із цікавих та перспективних підходів в цьому напрямку є застосування цифрової фотографії, що поєднує в собі відомі переваги класичної фотографії [8] та можливості комп'ютерної техніки в цьому напрямку [3–5].

Перераховані особливості фотографічних процесів реєстрації інформації свідчить про суттєві переваги цих методів й тим самим визначає їхнє величезне значення у багатосторонніх галузях діяльності людини [3].

Результати отримані в роботі є одним із початкових кроків в методології кількісної цифрової фотографії, що підрунтують для розробки методів автоматизованих фотографічних вимірювань на основі методів цифрової фотографії у поєднанні зі спеціалізованим програмним забезпеченням для їх обробки.

Найбільш інформативними є кількісні фотоматеріали, оскільки дозволяють отримати як якісні та й кількісні характеристики об'єктів [5, 6, 9, 10]. Кількісну фотографію можливо безпосередньо отримати з використання цифрової фототехніки, оскільки фактично цифрова фотографія є набором скінченної кількості пікселів, що й створює безпосередні можливості для подальших вимірювань.

Кількісна фотографія фактично може розглядатися як непрямий метод вимірювання. Метод є непрямим оскільки на початку дослідник має справу з сукупністю об'єктів, що утворюють зону зйомки, яка фіксується у вигляді кадру й надалі відтворюється у вигляді фотовідбитку або зображення на екрані монітору. З технічної точки зору розміри цифрового знімку при фотографуванні визначаються у пікселях, й відповідно у таких одиницях можливо визначити розміри об'єктів, які на ньому присутні.

В роботі [6] розглянуто питання про встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних одиницях або оброзмірювання знімків. Основними напрямками вирішення питання про встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних одиницях або оброзмірювання знімків є такі:

- використання даних про умови зйомки (рис. 1, а),
- використання даних про розміри зони зйомки (рис. 1, б),

- використання еталонних об'єктів (рис. 1, в).

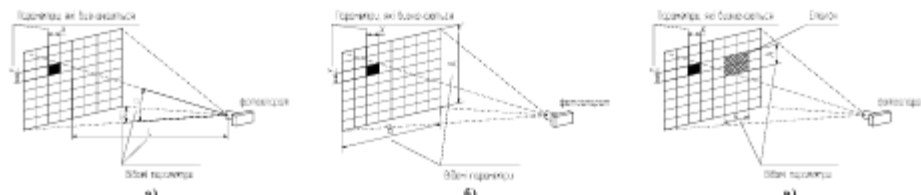


Рис. 1. Схеми встановлення розміру окремого пікселя в лінійних одиницях:
а - використання даних про умови зйомки, б - використання даних про розміри зони зйомки,
в - використання еталонних об'єктів

Серед кількісних характеристик слід, в першу чергу, зазначити геометричні розміри самого об'єкту та його складових. Це створює принципові можливості застосування фотоматеріалів як початкових даних в різного роду математичних моделях, а використання інформаційних технологій на основі цифрових засобів у поєднанні з комп'ютерними технологіями надає можливість створення автоматизованих систем прогнозування динаміки протікання процесів для окремих, конкретних об'єктів (персональна ідентифікація процесів).

Для підвищення достовірності та інформативності метрологічної складової досліджень доцільним виявляється застосування інформаційних технологій, зокрема, комп'ютерних технологій візуалізації та реєстрації [7].

Широкому впровадженню інформаційних технологій в трибологічні дослідження в частині застосування комп'ютерної техніки при використанні саме кількісної та саме цифрової фотографії повинні сприяти, в першу чергу, такі обставини [5, 6, 9, 10]:

- для обезрозмірювання фотографії потрібна невелика кількість додаткових даних про умови зйомки, а саме вимірювання може виконуватися потім через певний, навіть достатньо тривалий період часу;
- комп'ютеризація наукових досліджень, й у тому числі фотографії, дозволяє використовувати сучасні інформаційні технології для обробки зображень та автоматизації процесів визначення розмірів, розпізнавання образів тощо.

Сутність фотографічного методу вимірювань полягає в порівнянні послідовності фотографій та у відповідному визначенні положення досліджуваного об'єкту на цих фотографіях. В загальному випадку важко або практично неможливо встановити вимірювальне обладнання таким чином, щоб переміщення об'єкту відбувалося вздовж лише однієї осі й загальна схема такого вимірювання матиме вигляд наведений на рис. 2.

Для спрощення процедури автоматизації вимірювань доцільно проводити спостереження не за самим досліджуванним, а за деяким еталонним об'єктом – маркером. На наш погляд, найкращою формою маркера є круг певного кольору. Колір маркера визначається лише з умови отримання якісного зображення та можливості його простої та однозначної ідентифікації на тлі інших об'єктів. Також необхідно врахувати, що схема наведена на рис. 2, є лише принциповою, оскільки в дійсності маркер не може бути точкою (рис. 3, а), а при формуванні цифрового зображення має місце дискретизація (рис. 3, б), що призводить до певного спотворення форми маркера (рис. 3, в).

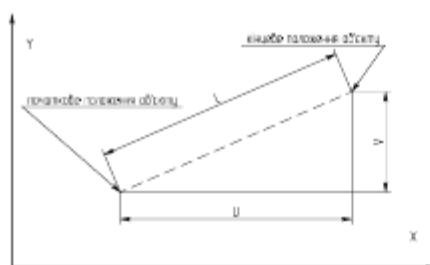


Рис. 2. Загальна схема вимірювання

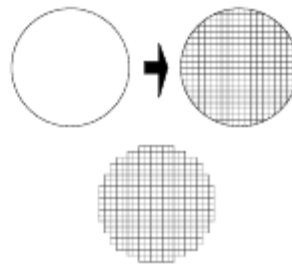


Рис. 3. Форма маркера: реальна, дискретна, на цифровій фотографії.

Таким чином, питання визначення переміщення при фотографічних вимірюваннях з використанням цифрових методів полягає у визначенні переміщення дискретизованого зображення маркера.

В ідеальному випадку при вимірюваннях контур маркера має форму круга й при переміщеннях ця форма не спотворюється й розміри маркера не змінюються (рис. 4). В такому випадку переміщення маркера й, відповідно, досліджуваного об'єкту будуть ідентичними переміщенням будь-якої точки на цифровому зображенні маркера.

В загальному випадку може мати спотворення форми маркера (рис. 5). Тому доцільно визначити переміщення маркера через зміну положення його геометричного центру згідно такого співвідношення:

$$L = \sqrt{(X_{ac} - X_{a0})^2 + (Y_{ac} - Y_{a0})^2}, \quad (1)$$

де $X_{ге}$, $Y_{ге}$ – кінцеві координати геометричного центру маркера; $X_{пг}$, $Y_{пг}$ – початкові координати геометричного центру маркера.

Початкові та кінцеві координати геометричного центру маркера визначаються як середнє арифметичне відповідних координат у відповідному положенні маркера.

Застосування розглянутого способу вимірювання вважається достатньо високоефективним при трибологічних дослідженнях, оскільки дозволяють отримати інформацію одночасно якісного та кількісного характеру та відрізняються достатньо високою точністю.

Для покращення якості фотографічного зображення застосовуються різноманітні пристосування (струбцини, штативи, тощо) для фіксації камери. З іншого боку це також дозволяє точно визначити умови отримання зображення, що створює передумови для його подальшого аналізу. Слід також згадати про можливість отримання збільшених зображень малорозмірних об'єктів, що є достатньо актуальним при трибологічних дослідженнях враховуючи особливості протікання процесів тертя та зношування. Для вирішення таких задач можуть використовуватися: можливість самого фотоапарату, якщо він використовується з об'єктивом, що має змінну фокусну відстань – варіо-об'єктиви, або зі спеціальними подовжувальними кільцями чи механізмами, фотоапарат з додатковим об'єктивом, фотоапарат в комплексі з мікроскопом [6].

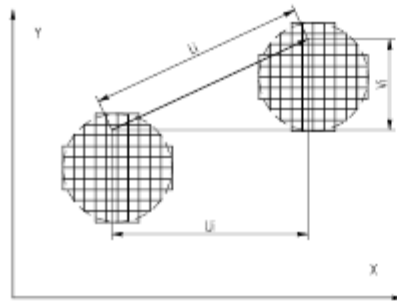


Рис. 4. Переміщення маркера (ідеальний випадок)

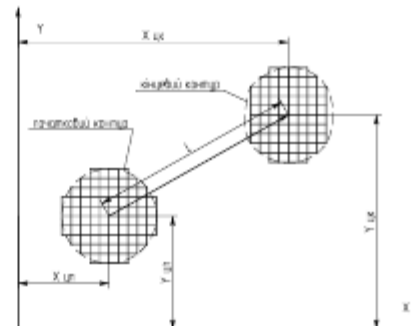


Рис. 5. Переміщення маркера (загальний випадок)

Сучасний стан розвитку технічного забезпечення кількісної фотографії характеризується такими рисами. По-перше, надзвичайно великою є кількість різноманітних дешевих цифрових фотоапаратів з широким спектром службових характеристик та ціновим діапазоном. По-друге, дуже широке розповсюдження комп'ютерної техніки, що примикла та продовжує проникати у практично всі сфери життя та діяльності людини. По-третє, несуттєва спрямованість зазначених вище засобів для використання в сфері метрології, й, відповідно, практична відсутність таких засобів промислового виготовлення.

Особливо незрозумілим є та обставина, що потенційні можливості такого методу вимірювання навіть на сучасному етапі є вражаючими. Так в роботі [6] описана розроблена автором устаткування, що використовувало цифровий фотоапарат з досить посередніми характеристиками, але все одно дозволило отримати непогані кінцеві значення стосовно точності вимірювання. Тобто створюються величезні можливості для отримання інформаційно містких результатів, що безумовно є важливим при проведенні трибологічних досліджень для відтворення якісної та кількісної картини протікання процесів тертя та зношування.

При проведенні трибологічних досліджень із застосуванням цифрових фотоапаратів доцільно їхнє використання в комплексі з комп'ютером та програмним забезпеченням, що забезпечує дистанційне керування фотоапаратом.

Можливість застосування запропонованого підходу щодо інформатизації трибологічних досліджень на основі сучасних засобів цифрової фотографії та комп'ютерної техніки вивчалася при проведенні досліджень з метою отримання кількісних характеристик процесу руху мастильного матеріалу [11–14]. Оскільки такі вимірювання необхідно було виконувати в динамічному режимі, слід було забезпечити відповідні засоби реєстрації. Для вирішення цієї проблеми було застосовано засоби та методи цифрової фотографії [9, 10]. Застосування саме таких апаратно-програмних засобів створило необхідні умови, як для самого отримання результатів з необхідною якістю та у необхідній кількості, так й для подальшого вимірювання, аналізу й інтерпретації.

Використання запропонованих засобів та методів цифрової фотографії дозволило дослідити динаміку мастильної краплі по плоскій поверхні та отримати якісні та кількісні результати руху мастильного матеріалу по поверхням декількох класів металевих матеріалів, визначити відповідні показники динаміки мастильної краплі, побудувати необхідні номограми, які дозволяють визначити область ефективної дії відцентрових сил, як механізму подачі мастильного матеріалу в зону тертя з маслом утримуючих канавок [11–14].

Серед наведених раніше проблем в частині ефективного використання кількісної цифрової фотографії відзначалася відсутність промислових зразків такого типу обладнання, що, безумовно, відрізняються високою метрологічною якістю. Але ця обставина стосується лише інструментальної складової методики вимірювання, яка дозволяє отримати фактично лише початкові, дискретні, відокремлені

та статичні дані. Тобто, фактично, набору первинних даних, що потребують подальшого опрацювання.

Для створення високоефективної системи отримання та обробки великого обсягу даних в режимі реального часу або пост обробки необхідним є поєднання технічних засобів з відповідним програмним забезпеченням. На сучасному етапі проводяться роботи щодо створення відповідного програмного забезпечення. Отримані результати представлено в роботах [15, 16]. Створене програмне забезпечення відзначається відносною простотою, але, поки що, працює лише в режимі постоброби. Доцільним є створення вимірювальної системи, яка працює в режимі реального часу та має зручні інструменти візуалізації досліджуваного процесу та поточних даних, а також включає потужні засоби обробки первинних даних з можливістю автоматичного формування бази даних трибологічних характеристик матеріалів.

Висновки

Таким чином, широке впровадження інформаційних технологій в частині кількісної цифрової фотографії в практику наукових досліджень й, зокрема, трибологічних, в частині метрологічного забезпечення безумовно сприяє підвищенню рівня якості, наочності, інформативності та збереженості отриманих наукових результатів, а наведені методологічні принципи формують необхідну базу для запровадження інформаційних технологій шляхом створення комп'ютеризованих фотовимірювальних апаратно-програмних комплексів. Застосування фотовимірювального методу є високоефективним методом метрологічного забезпечення трибологічних досліджень. В роботі проаналізовані можливості покращення інформативності, якості, точності та достовірності трибологічних досліджень. Як один з напрямків вирішення цієї проблеми запропоновано застосування інформаційних технологій щодо метрологічного забезпечення досліджень на основі засобів цифрової фотографії, комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення. Наведено результати застосування запропонованого підходу при проведенні конкретних трибологічних досліджень та підтверджена його ефективність. Відзначено існуючі недоліки та запропоновано напрямки подальших досліджень.

Література

1. Куликовський К.Л. Методы и средства измерений / К.Л. Куликовский, В.Я. Купер. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Гаркунов Д.Н. – М. : Машиностроение, 1989. – 328 с.
3. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибології / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 27–29.
4. Пасічник О.А. Проблеми та перспективи комп'ютеризації наукових досліджень / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 52–53.
5. Пасічник О.А. Деякі методологічні аспекти застосування кількісної цифрової фотографії в наукових дослідженнях / О.А. Пасічник // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Дні науки 2006". Том 30. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2006. – С. 10–12.
6. Пасічник О.А. Кількісна цифрова фотографія при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 5(96). – С. 45–49.
7. Пасічник О.А. 3D візуалізація та проблеми комп'ютерного моделювання в трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції "Наука і освіта 2005". Том 56. Сучасні інформаційні технології. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. – С. 24–26.
8. Чибисов К.В. Общая фотография / Чибисов К.В. – М. : Искусство, 1984. – 446 с.
9. Пасічник О.А. Фотографічний метод вимірювань при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2(108). – С. 173–175.
10. Пасічник О.А. Застосування кількісної цифрової фотографії при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Тези доповідей VI-ї міжнародної конференції молодих науковців "Інформатика і механіка". – 2008. – С. 19–20.
11. Бабак О.П. Повышение износостойкости трибосопрежений путем формирования маслоудерживающего профиля / О.П. Бабак, А.Г. Кузьменко, А.А. Пасечник // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2002. – № 4. – Ч. 1. – С. 7–12.
12. Кузьменко А.Г. Дослідження динаміки руху мастильної краплі по плоскій поверхні / А.Г. Кузьменко, О.П. Бабак, О.А. Пасічник // Проблеми трибології. – 2007. – № 2. – С. 91–94.
13. Кузьменко А.Г. Дослідження ефективності профілю змащувальної канавки / А.Г. Кузьменко, О.П. Бабак, О.А. Пасічник // Проблеми трибології. – 2007. – № 3. – С. 3–5.
14. Кузьменко А.Г. Центробежная смазка поверхности / А.Г. Кузьменко, О.П. Бабак, О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 5(96). – С. 49–52.
15. Кузьменко А.Г. Експериментальні дослідження руху мастильного матеріалу із застосуванням комп'ютерних технологій візуалізації та реєстрації / А.Г. Кузьменко, О.П. Бабак, О.А. Пасічник, А.Б. Даньков // Проблеми трибології. – 2007. – № 1. – С. 135–139.
16. Пасічник О. А. Автоматизація трибологічних досліджень на основі комп'ютеризованої фотовимірювальної системи / О.А. Пасічник, О.П. Бабак, В.М. Алешко // Проблеми трибології. – 2009. – № 3. – С. 101–103.

Рецензія/Peer review : 9.7.2016 р. Надрукована/Printed : 25.8.2016 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Сорокатиї Р.В.

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ, РЕАЛІЗОВАНОЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На основі аналізу сучасного розвитку методів та засобів трибологічних вимірювань як найбільш досконалих визначено вимірвальні комплекси, реалізовані з використанням інформаційних технологій. Проаналізовано основні параметри вимірвальних систем трибологічного призначення та наведено загальну методологію їх отримання із зазначенням головних обмежувальних чинників.

Ключові слова: трибологічні вимірювання, інформаційні технології, методологія вимірювань.

O.A. PASICHNYK

Khmelnytsky National University

ASSESSMENT METHODOLOGY OF IMPLEMENTED CHARACTERISTICS OF MEASUREMENT SYSTEM USING INFORMATION TECHNOLOGY

Based on the analysis of modern development methods and tools for measuring tribological the most perfect objectified chemo measuring systems implemented using information technology. The basic parameters of tribological test purpose and some general methodology to obtain specifying them head-limiting factors.

Keywords: tribological measurement, information technology, measurement methodology.

Вступ

Сучасний стан розвитку техніки характеризується зростанням навантаженості машин, вузлів, агрегатів та окремих деталей. Досягнення науки та технологій практично виключило відмови технічних систем за критерієм міцності в умовах нормальної експлуатації. Складність та недостатня вивченість впливу процесів тертя та зношування на працездатність та довговічність машин й апаратів обумовлює суттєву частку відмов за трибологічними критеріями.

Об'єктивною обставиною, що сприяє підвищенню трибологічної надійності вузлів та агрегатів машин та апаратів, є вивчення відповідних властивостей матеріалів та систем з поглибленим рівнем інформативності та збереження з накопиченням та структуризацією.

Перед науковцями та дослідниками завжди стояло питання отримання максимально повної та правдивої інформації про явища і процеси, які мають місце під час проведення кожного дослід. Проблему збільшення обсягів отримуваної дослідної інформації та її достовірності можливо поділити на декілька таких складових: 1) зменшення часових інтервалів між вимірюваннями, 2) вимірювання параметрів процесів без їх зупинки або (та) без розбирання вузлів, 3) використання засобів реєстрації вимірюваних параметрів, які мала спотворюють досліджувані закономірності, 4) застосування засобів візуалізації досліджуваних процесів, 5) використання нових методів вимірювання, що ґрунтуються на принципово інших фізичних явищах або процесах [1].

В роботах [2, 3] викладені основні загальні принципи побудови розрахунково-експериментальних методик оцінки довговічності вузлів тертя. Найбільш доцільним вважається розробка таких методик для типових вузлів тертя. На основі системного підходу розроблена структурна схема функціонування трибологічної системи з подальшою конкретизацією змісту окремих її елементів. Сформульовані вимоги до умов проведення лабораторних трибологічних випробувань на стадії оцінки ресурсу рухомих спряжень за критерієм зношування, коли вже обраний варіант конструктивного рішення вузла тертя.

Загальноприйнятим перспективним напрямком розвитку методології експериментальних випробувань є впровадження різного роду систем автоматичної реєстрації параметрів процесів [4, 5]. Необхідність застосування таких систем для трибологічних досліджень обумовлена, перш за все, двома чинниками: найбільш коректними є випробування, що проводяться без зупинки процесу та їх довготривалість.

Серед основних параметрів, які реєструються при випробуваннях на тертя та зношування найчастіше вимірюються: величина зносу; момент або сила тертя; температура; частота обертання рухомого елемента; час випробувань. Серед зазначених величин останні чотири автоматично вимірюються штатним обладнанням більшості сучасних машин тертя. Вимірювання величини зносу є більш складною задачею. Більшість методів визначення величини зносу вимагають не лише зупинки обладнання, але й розбирання спряження.

Поточний стан техніки та технологій загалом, та наукових досліджень зокрема, характеризується масштабним застосуванням інформаційних технологій широкого спектру та застосування [6–8].

Застосуванням інформаційних технологій в наукових дослідженнях полягає у реалізації апаратно-програмних комплексів, що можуть мати різну структуру та використовувати різноманітні методики вимірювань.

В роботах [4, 5, 9–11] розроблено апаратно-програмний комплекс автоматичного вимірювання і реєстрації величини зносу (КАВіРВЗ), який дозволяє автоматично реєструвати величину зносу та її зміну. В

роботах [4, 5] вимірювальний комплекс реалізований на базі оригінального механічного датчика переміщень, що використовує стандартний інтерфейс персонального комп'ютера. В роботах [9–11] створено комп'ютеризований комплекс для вимірювання лінійних переміщень та зносу на основі індуктивного датчика, який є більш чутливим, ніж згаданий вище механічний, але потребує наявності додаткового аналого-цифрового перетворювача.

В роботах [12–16] реалізовано програмно-апаратні комплекси для трибологічних вимірювань які ґрунтуються на засобах й методах цифрової фотографії з подальшим використанням алгоритмів обробки зображень.

Невід'ємною складовою застосування інформаційних технологій у практику трибологічних досліджень та вимірювань є розробка відповідного програмного забезпечення. Цього потребують як апаратно-програмні системи [17], так й програмно-апаратні [18, 19]. Програмне забезпечення таких вимірювальних систем є спеціалізованим внаслідок специфічності застосування.

Основна частина

Основними складовими сучасних автоматичних й автоматизованих систем вимірювання є датчик та персональний комп'ютер. З точки зору інформаційних технологій функціонування таких систем полягає у послідовному виконанні наступних дій (рис. 1):

- сприйняття первинної інформації,
- початкове перетворення первинної інформації,
- остаточне перетворення інформації,
- збереження інформації.

Вимірювальні системи можливо умовно поділити на апаратно-програмні та програмно-апаратні в залежності від домінуючої складової. Різниця полягає у функціях згаданих компонент. В апаратно-програмному комплексі датчик сприймає первинну інформацію та виконує її початкове перетворення, а в програмно-апаратному комплексі датчик лише сприймає первинну інформацію, а всі інші завдання виконує програмне забезпечення персонального комп'ютера (рис. 2).

Під час реалізації програмного забезпечення необхідні зазначені особливості.

Після реалізації всіх компонент вимірювальної системи обов'язковим є оцінка її характеристик, тобто метрологічне забезпечення, що обумовлює сфери та можливості застосування, точність та достовірність отриманих результатів.

Розглянемо загальний підхід до метрологічної оцінки вимірювального комплексу, технічна реалізація якого наведена у роботах [4, 5], а програмне забезпечення – в роботі [17].

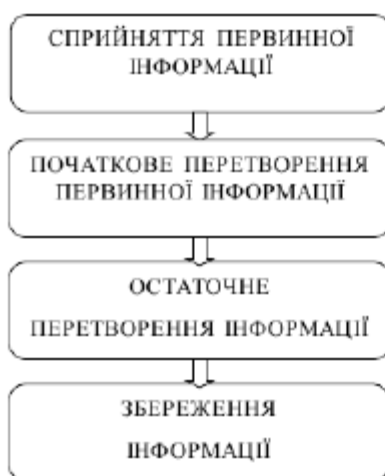


Рис. 1. Схема інформаційного потоку

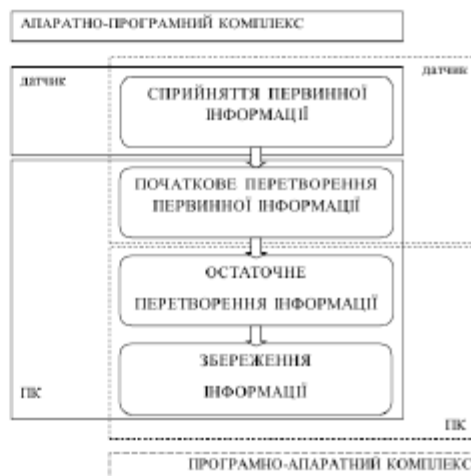


Рис. 2. Функції апаратно-програмних та програмно-апаратних комплексів

Практичне застосування згаданого вимірювального комплексу в трибологічних дослідженнях потребує визначення характеристик точності вимірювань лінійного переміщення та динамічного діапазону вимірювань.

Загальна методологія оцінки характеристик вимірювального комплексу полягає оцінці максимально можливих характеристик точності з одночасним визначенням обмежень на режими використання.

Характеристиками точності вимірювальної системи трибологічного спрямування є точність вимірювання лінійного переміщення та динамічний діапазон вимірювань.

Необхідність отримання характеристики точності вимірювань лінійного переміщення обумовлюється потребою визначення величини лінійного зносу, тобто зменшення розміру елемента тертя в певному напрямку, у значній кількості трибологічних випробувань.

Визначення динамічного діапазону вимірювань обумовлено потребою отримання значень величини лінійного переміщення (лінійного зносу) безпосередньо в процесі випробувань, тобто визначає швидкість системи.

Обмеженнями на режими використання вимірювальної системи є умови використання персонального комп'ютера. Це пов'язано із тим, персональний комп'ютер завантажений окрім вимірювального ще й сторонніми, по відношенню до нього процесами, які знижують метрологічні характеристики вимірювального комплексу, але є невід'ємною частиною функціонування системного та прикладного програмного забезпечення.

Умови роботи персонального комп'ютера можливо охарактеризувати такими параметрами:

- загальне використання процесора на всіх ядрах,
- всієї зарезервованої фізичної пам'яті окремими процесами,
- загальне використання на всіх фізичних дисках,
- використання мережі на поточній мережі.

Оптимальним результатом оцінки характеристик вимірювальної системи є визначення величин:

- максимальної можливої точності,
- максимального можливого значення верхньої границі динамічного діапазону вимірювання,
- максимальних допустимих значень усіх параметрів умов роботи персонального комп'ютера, за яких забезпечується максимальна можлива точність та максимальне можливе значення верхньої границі динамічного діапазону вимірювання.

Як інший варіант оцінки характеристик вимірювальної системи можливо розглядати отримання таблиць відповідності максимальної можливої точності та (або) максимального можливого значення верхньої границі динамічного діапазону вимірювання параметрам умов роботи персонального комп'ютера.

Висновки

На основі аналізу сучасного розвитку методів та засобів трибологічних вимірювань як найбільш досконалі визначено програмно-апаратні комплекси, реалізовані з використанням інформаційних технологій. Проаналізовано основні чинники, що впливатимуть на характеристики таких вимірювальних систем та визначено загальну методологію їх проведення.

Література

1. Пасічник О.А. Проблеми та перспективи комп'ютеризації наукових досліджень / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 52–53.
2. Пасічник О.А. Методологічні аспекти лабораторних випробувань вузлів на тертя та зношування при розрахунково-експериментальній оцінці величини зносу / О.А. Пасічник // Проблеми трибології. – 2005. – № 1. – С. 80–83.
3. Пасічник О.А. Деякі аспекти лабораторних випробувань вузлів тертя на зношування / О.А. Пасічник // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції "Наука і освіта 2004". Том 61. Технічні науки. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 62–64.
4. Пасічник О.А. Апаратно-програмний комплекс для автоматичного вимірювання і реєстрації величини зносу / О.А. Пасічник, А.Г. Кузьменко // Тези міжнародної науково-технічної конференції "Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин (ЗНМ-2001)". – Хмельницький : ТУП, 2001. – С. 5–7.
5. Пасічник О.А. Комплекс для автоматичного вимірювання і реєстрації величини зносу / О.А. Пасічник, А.Г. Кузьменко // Проблеми трибології. – 2002. – № 1. – С. 156–159.
6. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибології / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 27–29.
7. Пасічник О.А. Застосування інформаційних технологій при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник, О.П. Бабак // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2010. – № 4. – С. 82–84.
8. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибологічній метрології / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – № 4 (239). – С. 28–31.
9. Пасічник О.А. Комп'ютеризований датчик для вимірювання зносу / О.А. Пасічник // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "Динаміка наукових досліджень 2004". Том 61. Технічні науки. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 26–28.
10. Пасічник О.А. Комп'ютеризований комплекс для вимірювання лінійних переміщень та зносу на основі індуктивного датчика / О.А. Пасічник, О.П. Бабак // Проблеми трибології. – 2005. – № 3. – С. 110–113.
11. Пасічник О.А. Комп'ютеризований комплекс для вимірювання лінійних переміщень та зносу на основі індуктивного датчика / О.А. Пасічник, О.П. Бабак // Матеріали міжнародної науково-технічної і

методичної конференції "Актуальні проблеми математики, механіки і комп'ютерних технологій (АПМКТ-2005)". – Хмельницький : ХНУ, 2005. – С. 35.

12. Пасічник О.А. Деякі методологічні аспекти застосування кількісної цифрової фотографії в наукових дослідженнях / О.А. Пасічник // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Дні науки 2006". Том 30. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2006. – С. 10–12.

13. Пасічник О.А. Кількісна цифрова фотографія при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 5(96). – С. 45–49.

14. Пасічник О.А. Фотографічний метод вимірювань при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2(108). – С. 173–175.

15. Пасічник О.А. Застосування кількісної цифрової фотографії при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Тези доповідей VI-ї міжнародної конференції молодих науковців "Інформатика і механіка". – 2008. – С. 19–20.

16. Пасічник О. А. Автоматизація трибологічних досліджень на основі комп'ютеризованої фотовимірювальної системи / О.А. Пасічник // Проблеми трибології. – 2009. – № 3. – С. 101–103.

17. Пасічник О.А. Програмне забезпечення для системи автоматичної реєстрації параметрів процесів при вимірюваннях зносу та лінійних переміщень / О.А. Пасічник, А.Б. Даньков // Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції "Наука и технологии: шаг в будущее – 2006". Том 26. – Белгород : Руснауцкинг, 2006. – С. 18–20.

18. Алешко В.М. Розробка програмного забезпечення фотовимірювальної системи для трибологічних досліджень / В.М. Алешко, О.А. Пасічник // Збірник наукових праць за матеріалами третьої всеукраїнської науково-технічної конференції "Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2009". – Хмельницький : ХНУ, 2009. – С. 8–12.

19. Вараниця О.А. Застосування об'єктно-орієнтованого програмування для автоматизації вимірювань на основі аналізу зображень / О.А. Вараниця, О.А. Пасічник // Збірник наукових праць факультету прикладної математики та комп'ютерних технологій Хмельницького національного університету. – Хмельницький : ХНУ, 2010. – С. 87–90.

Рецензія/Peer review : 28.1.2017 р.

Надрукована/Printed : 7.2.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Сорокатиї Р.В.

Пасічник О.А.Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна
E-mail: o.a.pasichnyk@gmail.com**МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ
ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ В ТРИБОЛОГІЧНИХ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ**

УДК 519.676:621.891

В статті проаналізовано стан, сучасні тенденції та перспективи підвищення якості та інформативності результатів трибологічних експериментальних досліджень. За результатами теоретичних досліджень на основі практичних результатів реалізації інформаційних систем запропоновано деталізовану схему методології застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях.

Ключові слова: трибологічні дослідження, інформаційні технології, цифрова фотографія.

Вступ

Сучасний етап розвитку людства характеризується величезними потоками інформації, які циркулюють в усіх сферах його діяльності [1]. Якщо в середині XIX століття за 50 років об'єм інформації подвоювався, то на початку XX сторіччя це відбувалося за 20 років, а через 60 років цей термін скоротився до 3 - 4 років [1].

Важливу роль серед різноманітних видів інформації відіграє вимірвальна інформація, яка несе кількісну оцінку результатів наукових досліджень, стану технологічних процесів, характеристик виробів, параметрів навколишнього середовища, фізіологічного стану людини, тощо [1].

Розвиток наукових досліджень загалом та трибологічних зокрема, потребує вимірювання різноманітних фізичних величин. Про кількість та різноманіття фізичних величин можливо судити по тому факту, що система одиниць СІ включає в себе 7 основних, 2 додаткових та 113 похідних одиниць, в тому числі простору і часу 6, механічних 14, електричних та магнітних 40, теплових 11, світлових 15, акустичних 14, іонізуючого випромінювання 2, молекулярної фізики та фізичної хімії 11 [1]. Наприкінці XX століття існували такі частки вимірювання різних фізичних величин в промисловості: об'єм 50 %, масові та об'ємні витрати 15 %, тиск 10 %, рівень 5 %, маса та об'єм 5 %, час 4 %, дані матеріалів 4 %, електричні та магнітні величини 5 % [1]. Таким чином у вимірюваннях фізичних величин основну частку складають вимірювання неелектричних величин, сам процес має масовий характер, а ці тенденції будуть зберігатися й розвиватися в майбутньому [1].

В той же час машинобудування потребує розробки сучасних методів підвищення довговічності вузлів тертя. Особливо актуальною ця проблема постає в зв'язку з тим, що на поточний момент 85-90% відмов механічних систем пов'язано зі зношуванням рухомих спряжень та руйнуваннями контактуючих поверхонь [2].

В наукових дослідженнях широко застосовуються методи візуалізації в яких використовується фототехніка. Широке застосування фотографії пояснюється можливістю об'єктивно документувати різні явища та процеси в якісній та кількісній формах.

В розрізі сучасних тенденцій до інформатизації на основі комп'ютерних технологій різноманітних сфер діяльності особливу увагу заслуговує цифрова фототехніка. Значні досягнення в цій галузі можливим широке застосування в науці та промисловості цифрових фотоапаратів [3 - 7]. Переваги цифрової фототехніки пов'язані з використанням зручних, малогабаритних, відносно дешевих пристроїв, які надають можливості для швидкого отримання результатів, зручного його перегляду, оперативної передачі каналами зв'язку у зручній формі. Особливі можливості застосування саме цифрової фототехніки відкриваються в зв'язку з тим, що зазначені пристрої є апаратно-програмними системами й це в підсумковому результаті значно спрощує задачу їх інтеграції та адаптування в системи практично будь-якого спрямування на основі інформаційних технологій. Такі зручності пов'язані з відсутністю потреби у реалізації програмного забезпечення курування пристроєм для отримання первинної інформації яка вже представляється в зручній та доступній формі. Таким чином, цифрова фототехніка та цифрова фотографія є зручною, доступною базою для формування інформаційних систем широкого спектру призначення та застосування.

Основний розділ

Широке застосування фотографії пояснюється не лише можливістю об'єктивно документувати різні явища та процеси, але й головним чином в наслідок ряду суттєвих переваг у порівнянні з оком людини [8]. Якщо порівнювати фотографічні методи спостереження з візуальними, які використовують лише око людини, тоді можливо виявити такі відмінні для них переваги [8]:

- краще документування результатів спостереження;
- можливості тиражування у довільній кількості;
- можливості щодо додаткових змін, масштабування та корегування геометричного викривлення;
- вимірюваність як за лінійними розмірами, так й за силою світлового впливу;
- відсутність обмежень щодо тривалості досліджуваного процесу або явища;
- підвищена накопичувальна здатність;
- розширені можливості щодо кількості параметрів, що фіксуються одночасно;
- розширені спектральні можливості.

Значні досягнення в галузі технологій зробили можливим застосування в цих областях цифрової техніки (цифрових фотоапаратів).

Особливості фотографічних методів реєстрації інформації мають суттєві переваги й тим самим визначають їх широке використання у багатьох галузях діяльності людини [8].

При якісному використанні фотографічних матеріалів можливо виявити лише якісні закономірності досліджуваних процесів або явищ та на якісному рівні описати властивості об'єктів спостереження. Такий підхід є корисним та доцільним, зокрема у двох випадках:

- дослідження виконуються на початкових стадіях коли вивчаються загальні та принципові закономірності певних процесів або явищ;

- досліджується процес, явище або властивості об'єкту, які не мають математичної моделі.

Значно більш інформативними є кількісні фотоматеріали, оскільки дозволяють отримати поряд з якісними ще й кількісні характеристики об'єктів та (або) процесів. Кількісну фотографію можливо безпосередньо отримати з використання цифрової фототехніки, оскільки фактично цифрова фотографія є набором скінченної кількості пікселів, що й створює безпосередні можливості для подальших вимірювань.

Сутність фотографічного методу вимірювань полягає в порівнянні послідовності фотографій та у відповідному визначенні положення досліджуваного об'єкту на цих фотографіях. В загальному випадку важко або практично неможливо встановити вимірювальне обладнання таким чином, щоб переміщення об'єкту відбувалося вздовж лише однієї осі й у загальному випадку слід враховувати переміщення як у горизонтальному, так, й у вертикальному напрямках. Можливе віддалення або наближення маркера доцільно невіловати, наприклад, певним "правильним" встановленням вимірювальної апаратури.

Для спрощення процедури автоматизації вимірювань доцільно проводити спостереження не за самим досліджуваним, а за деяким еталонним об'єктом – маркером. На наш погляд, найкращою формою маркеру є круг певного кольору. Колір маркеру визначається лише з умови отримання якісного зображення та можливості його простої та однозначної ідентифікації на тлі інших об'єктів. Також необхідно врахувати, що в дійсності маркер не може бути точкою, а при формуванні цифрового зображення має місце дискретизація, що призводить до певного спотворення форми маркера.

Таким чином, питання визначення переміщення при фотографічних вимірюваннях з використанням цифрових методів полягає у визначенні переміщення дискретизованого зображення маркера.

В ідеальному випадку при вимірюваннях контур маркера має форму круга й при переміщеннях це форма не спотворюється й розміри маркера не змінюються. В такому випадку переміщення маркера й, відповідно, досліджуваного об'єкту будуть ідентичними переміщенням будь-якої точки на цифровому зображенні маркера. В загальному випадку може мати спотворення форми маркера, тому його переміщення доцільно визначати як зміну положення його геометричного центру, а початкові та кінцеві координати геометричного центру маркера визначаються як середнє арифметичне відповідних координат у відповідному положенні маркера.

Застосування розглянутого способу вимірювання вважається достатньо високоефективним при трибологічних дослідженнях, оскільки дозволяють отримати інформацію одночасно якісного та кількісного характеру та відрізняються достатньо високою точністю.

Серед кількісним характеристик слід, в першу чергу, зазначити геометричні розміри самого об'єкту та його складових. Це створює принципові можливості застосування фотоматеріалів як початкових даних в різного роду математичних моделях, а використання цифрових засобів у поєднанні з обчислювальною технікою та відповідним програмним забезпеченням надає можливість створення автоматизованих систем прогнозування динаміки протікання процесів для окремих, конкретних об'єктів (персональна ідентифікація процесів).

Кількісна фотографія фактично може розглядатися як непрямий метод вимірювання. Метод є непрямым оскільки на початку дослідник має справу з сукупністю об'єктів, що утворюють зону зйомки, яка фіксується у вигляді кадру й надалі відтворюється у вигляді фотовідбитку або зображення на екрані монітору. З технічної точки зору розміри цифрового знімку при фотографуванні визначаються у пікселях, й відповідно у таких одиницях можливо визначити розміри об'єктів, які на ньому присутні.

Основними напрямками вирішення питання про встановлення розмірів окремого пікселя в лінійних одиницях або оброзмірювання знімків є використання даних про умови зйомки, використання даних про розміри зони зйомки або використання еталонних об'єктів.

Запропоновані варіанти вирішення питання безумовно є базовими та покерують подальшої деталізації та уточнення. В той же час запропоновані схеми закладають методологічну основу для створення кількісної цифрової фотографії, її широкого впровадження в наукову практику не тільки як способу фіксації зображення, але й як способу вимірювання, наприклад, як у криміналістичній фотографії.

Широкому впровадженню саме кількісної та саме цифрової фотографії повинні сприяти, в першу чергу, дві такі обставини [5, 6]:

- для оброзмірювання фотографії потрібна невелика кількість додаткових даних про умови зйомки, а саме вимірювання може виконуватися потім через певний, навіть достатньо тривалий період часу;
- комп'ютеризація наукових досліджень, й у тому числі фотографії, дозволяє використовувати сучасні інформаційні технології для обробки та автоматизації процесів спостереження та вимірювання у широкому сенсі цих термінів.

Для покращення якості фотографічного зображення застосовуються різноманітні пристосування (струбцини, штативи, тощо) для фіксації камери. З іншого боку це також дозволяє точно визначити умови отримання зображення, що створює передумови для його подальшого аналізу. Слід також згадати про можливість отримання збільшених зображень малорозмірних об'єктів, що є достатньо актуальним при трибологічних дослідженнях враховуючи особливості протікання процесів тертя та зношування. Для вирішення таких задач можуть використовуватися: можливості самого фотоапарату, якщо він використовується з об'єктивом, що має змінну фокусні відстань – варіо-об'єктиви, або зі спеціальними подовжувальними кільцями чи механізмами; фотоапарат з додатковим об'єктивом; фотоапарат в комплексі з мікроскопом тощо. При проведенні трибологічних досліджень із застосуванням цифрових фотоапаратів доцільно їхнє використання в комплексі з комп'ютером та програмним забезпеченням, що забезпечує дистанційне керування фотоапаратом.

Наведена методика була апробована й підтвердила свою ефективність при проведенні експериментальних дослідженнях руху мастильного матеріалу результати яких наведено в роботах [5, 9 - 11].

Подальшим розвитком зазначених напрацювань стало запровадження підходу, що включає повний, завершений комплекс апаратних та програмних засобів для проведення досліджень. Такий підхід був реалізований в рамках фотовимірювальної системи, яка поєднує необхідні технічні засоби та спеціалізоване програмне забезпечення й надає повний набір інструментів від первинної фіксації досліджуванних параметрів до їх аналізу [12].

Комплексний підхід дозволив використати існуючі ефективні апаратні засоби й зосередити основну увагу на реалізації програмного забезпечення фотовимірювальної системи. На цьому етапі була вирішена задача отримання даних про рух досліджуваного тіла на основі аналізу серії послідовних фотознімків, що містять зображення рухомого контрольованого об'єкту з одночасною автоматичною фіксацією часових параметрів, що створює умови для отримання залежностей типу "переміщення – час" або "знос – час" [12].

Програмна складова вимірювального комплексу виконує такі основні функції:

- аналіз та обробка інформації отриманої за допомогою цифрової фото;
- робота файлами зображень не залежно від їх формату;
- обробка первинних даних в автоматичному режимі;
- робота з первинними даними в пакетному режимі;
- виведення кількісних характеристик результатів обробки первинних даних в зручній формі.

Задля забезпечення ефективної роботи програми, при її побудові використовувалася модульний принцип побудови та сучасні ефективні середовища розробки програмних додатків [15, 16].

Програмне забезпечення складається з таких модулів:

- завантаження і конвертації зображення;
- обробки зображення;
- арифметичний;
- графічного відображення результатів.

Реалізована в роботі [12] інформаційна технологія в рамках фотовимірювальної а системи в комплексі із розробленим спеціалізованим програмним забезпеченням має суттєві переваги в частині підвищення інформативності наукових досліджень з одночасним автоматичним представленням результатів у компактній та наочній формі. Зазначений підхід є високоефективним в галузі трибологічних досліджень, які характеризуються довго тривалістю та великими обсягами даних, що потребує їх опрацювання з метою виявлення наявних тенденцій. Разом із тим фото вимірювальний метод є безконтактним, що дозволяє проводити випробування без зупинки процесу та розбирання досліджуваного вузла. Ці обставини безумовно сприяють підвищенню достовірності й точності отримуваних результатів. Також розроблене програмне забезпечення формує завершену автоматизовану систему наукових спостережень, яка охоплює всі стадії від безпосереднього проведення досліджень до отримання підсумкових результатів. Серед особливостей процесів зношування, які, можливо, робить застосування цифрової фотографії високоефективним, є їх маломірність, що сприяє високій точності вимірювань навіть за умови достатньо посередніх характеристик технічних засобів.

Практичне успішне застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях дозволяє сформулювати загальну методологію застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях, яка полягає у наступному.

Методологія застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях включає комплексне поєднання апаратних засобів та програмного забезпечення для отримання даних про досліджуваний процес з метою їх подальшого збереження, обробки й аналізу (рис. 1).

Подальша деталізація структури вимірювального комплексу призводить до логічного поділу програмного забезпечення на дві відмінні складові – програмне забезпечення для керування апаратними засобами, що має за мету отримання первинної, максимально деталізованої інформації та програмне забезпечення для зберігання, обробки та аналізу первинних даних (рис. 2).



Рис. 1 – Загальна схема застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях



Рис. 2 – Схема застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях з деталізацією складу програмного забезпечення



Рис. 3 – Деталізована схема застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях

У разі використання цифрових фотографічних засобів перша складова програмного завжди є у наявності, оскільки представляє їх невід'ємну частину й входить в обов'язковий комплект поставки. Друга складова потребує реалізації. Її характеристики можуть варіюватися в залежності від призначення та (або) умов використання, хоча структура і функціонал залишаються незмінними.

Таким чином, деталізована схема застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях полягає у наступному (рис. 3):

- досліджуваний процес,
- фотографічне обладнання,
- засоби керування фотографічним обладнанням,
- первинна (якісна – з отриманням цифрового зображення) реєстрація параметрів досліджуваного процесу,
- вторинна (кількісна – з отриманням чисельних значень) реєстрація параметрів досліджуваного процесу,
- аналіз чисельних результатів дослідження з отриманням висновків та рекомендацій.

Висновки

Проаналізовано стан, сучасні тенденції та перспективи підвищення якості та інформативності результатів трибологічних експериментальних досліджень. За результатами теоретичних досліджень на основі практичних результатів реалізації інформаційних систем запропоновано деталізовану схему методології застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях.

Література

1. Куликовский К.Л. Методы и средства измерений / К.Л. Куликовский, В.Я. Купер. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
3. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибології / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 27 - 29.
4. Пасічник О.А. Проблеми та перспективи комп'ютеризації наукових досліджень / О.А. Пасічник // Матеріали Першої МНПК "Науковий потенціал світу 2004". Том 58. "Сучасні інформаційні технології". – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 52 - 53.
5. Пасічник О.А. 3D візуалізація та проблеми комп'ютерного моделювання в трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції "Наука і освіта 2005". Том 56. Сучасні інформаційні технології. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 24 - 26.
6. Пасічник О.А. Деякі методологічні аспекти застосування кількісної цифрової фотографії в наукових дослідженнях / О.А. Пасічник // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Дні науки 2006". Том 30. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – С. 10 - 12.
7. Пасічник О.А. Кількісна цифрова фотографія при трибологічних дослідженнях / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – №.5(96) – С. 45 - 49.
8. Чибисов К.В. Общая фотография / К.В. Чибисов. – М.: Искусство, 1984. – 446 с.
9. Кузьменко А.Г. Дослідження динаміки руху мастильної краплі по плоскій поверхні / А.Г. Кузьменко, О.П. Бабак, О.А. Пасічник // Проблеми трибології. – 2007. – №.2 – С. 91 - 94.
10. Кузьменко А.Г. Дослідження ефективності профілю змащувальної канавки / А.Г. Кузьменко, О.П. Бабак, О.А. Пасічник // Проблеми трибології. – 2007. – №.3 – С. 3 - 5.
11. Експериментальні дослідження руху мастильного матеріалу із застосуванням комп'ютерних технологій візуалізації та реєстрації / Кузьменко А.Г. [та ін.] // Проблеми трибології. – 2007. – №.1. – С. 135 - 139.
12. Пасічник О. А. Автоматизація трибологічних досліджень на основі комп'ютеризованої фотомірювальної системи / О.А. Пасічник, О.П. Бабак, В.М. Алешко // Проблеми трибології. – 2009. – №.3 – С. 101 - 103.
13. Пасічник О.А. Технології комп'ютерного проектування та моделювання напружено-деформованого стану / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – №3 (237) – С. 172 - 175.
14. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибологічній метрології / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – №4 (239) – С. 28 - 31.
15. Скляр В.А. Язык С++ и объектно-ориентированное программирование: Справочное издание / В.А. Скляр. – Минск: Вышэйшая школа, 1997. – 480с.
16. Эллис М., Струоструп Б. Справочное руководство по языку С++ с комментариями: Пер. с англ. / М. Эллис, Б. Струоструп - Москва: Мир, 1992. – 445с.

Поступила в редакцію 08.02.2017

Pasichnyk O.A. Methodological aspects of information technology in experimental research tribological.

The article analyzes the state of modern trends and prospects for improving the quality and informativeness tribological results of experimental studies. The results of theoretical studies based on practical results of the implementation of information systems proposed scheme detailed methodology to apply information technology in tribological experimental studies.

Key words: tribological research, information technology, digital photography.

Reference

1. Kulikovskij K.L. Metody i sredstva izmerenij. K.L. Kulikovskij, V.Ja. Kuper, M.: Jener-goatomizdat, 1986, 448 p.
2. Garkunov D.N. Tribotekhnika. Mashinostroenie, 1989, 328 p.
3. Pasichnyk O.A. Informacijni tehnologii v tribologii. Materiali Pershof MNPk "Naukovij potencial svitu 2004". Tom 58. "Suchasni informacijni tehnologii", Dnipropetrovs'k: Nauka i osvita, 2004, P. 27. 29.
4. Pasichnyk O.A. Problemi ta perspektivi komp'juterizacij naukovih doslidzhen'. Materiali Pershof MNPk "Naukovij potencial svitu 2004". Tom 58. "Suchasni informacijni tehnologii", Dnipropetrovs'k: Nauka i osvita, 2004, P. 52 – 53.
5. Pasichnyk O.A. 3D vizualizacija ta problemi komp'juternogo modeljuvannja v tribologichnih doslidzhenнях. Materiali VIII Mizhnarodnoj naukovo-praktichnoj konferencij "Nauka i osvita 2005". Tom 56. Suchasni informacijni tehnologii, Dnipropetrovs'k: Nauka i osvita, 2005, P. 24 – 26.
6. Pasichnyk O.A. Dejaki metodologichni aspekti zastosuvannja kil'kisnoj cifrovoj fotografii v naukovih doslidzhenнях. Materiali II mizhnarodnoj naukovo-praktichnoj konferencij "Dni nauki 2006". Tom 30. - Dnipropetrovs'k: Nauka i osvita, 2006, P. 10 – 12.
7. Pasichnyk O.A. Kil'kisna cifrova fotografija pri tribologichnih doslidzhenнях. Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu, 2007. №.5(96). P. 45 – 49.
8. Chibisov K.V. Obshhaja fotografija. M.: Iskusstvo, 1984, 446 p.
9. Kuz'menko A.G. Doslidzhenlja dinamiki ruhu mastil'noj krapli po plaskij poverhni. A.G. Kuz'menko, O.P. Babak, O.A. Pasichnyk. Problemy tribologii, 2007. №.2 P. 91 – 94.
10. Kuz'menko A.G. Doslidzhenlja efektyvnosti profilju zmashhuval'noj kanavki. A.G. Kuz'menko, O.P. Babak, O.A. Pasichnyk. Problemy tribologii, 2007. №.3 P. 3 – 5.
11. Eksperimental'ni doslidzhenlja ruhu mastil'nogo materialu iz zastosuvannjam komp'juternih tehnologij vizualizacij ta reestracij. Kuz'menko A.G. [ta in.]. Problemy tribologii, 2007. №.1, P. 135 – 139.
12. Pasichnyk O. A. Avtomatizacija tribologichnih doslidzhen' na osnovi komp'juterizovanoj fotovimirjuval'noj sistemi. Problemy tribologii, 2009. №.3 P. 101 – 103.
13. Pasichnyk O.A. Tehnologij komp'juternogo proektuvannja ta modeljuvannja napruzhenodeformovanogo stanu. Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu, 2016. №3 (237). P. 172 – 175.
14. Pasichnyk O.A. Informacijni tehnologii v tribologichnij metrologij. Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu, 2016. №4 (239) P. 28 – 31.
15. Skljjarov V.A.. Jazyk C++ i ob'ektno-orientirovanoe programmirovanie: Spravochnoe izda-nie. Minsk: Vyshejs'haja shkola, 1997. 480p.
16. Jellis M., Stroustrup B. Spravochnoe rukovodstvo po jazyku C++ s kommentarijami: Per. s angl. M. Jellis, B. Stroustrup. Moskva: Mir, 1992. 445p.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Виконав студент 2 курсу, група КНм-20-2 Пасічник О.А.
Керівник д.т.н., професор, зав. кафедри КН Бармак О.В.

Актуальність теми

Поширення інформаційних технологій, розповсюдження дешевих та ефективних засобів фіксації зображень, що ґрунтуються на комп'ютерних технологіях, привели до розвитку та впровадження методів вимірювань лінійних переміщень за аналізом зображень.

Мета і задачі роботи

Мета роботи полягає у розробці методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Задачі дослідження

- визначити послідовність застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- визначити структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- сформулювати функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- визначити функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- вирішити задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях;
- сформулювати математичну залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення;
- реалізувати програмну складову методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Об'єкт та предмет дослідження

- **Об'єкт дослідження** – процес обробки зображень у цифровому форматі.
- **Предмет дослідження** – цифрове зображення як основа методу вимірювання лінійних переміщень.

Наукова новизна одержаних результатів

- набули подальшого розвитку існуючі непрямі методи визначення лінійних переміщень, які ґрунтуються на аналізі серії послідовних цифрових зображень;
- вдосконалено метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

Практичне значення одержаних результатів

- На основі розробленого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень було методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.
- При розробці автоматизованої системи визначення лінійних переміщень за аналізом зображень використано існуючі засоби отримання цифрових зображень, алгоритми та методи їх обробки.

Апробація результатів дипломної роботи магістра та публікації

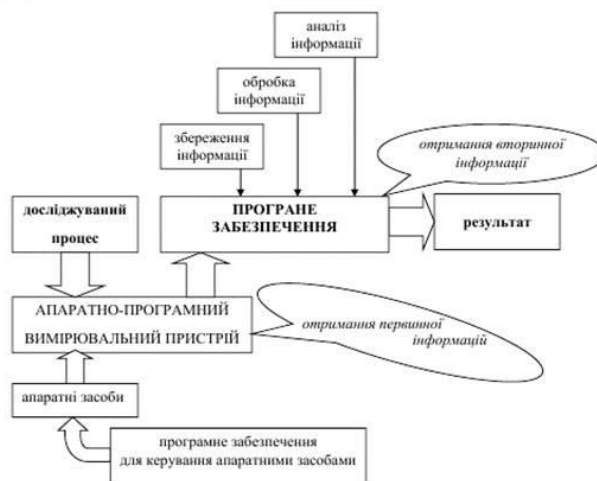
- доповідь на тему «Програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень» на XIII всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021» 9-10 листопада 2021 р., м. Хмельницький, Україна.
- За темою дипломної роботи магістра автором виконано три наукових публікації у фахових виданнях, включених в перелік МОН України.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ЗА АНАЛІЗОМ ЗОБРАЖЕНЬ

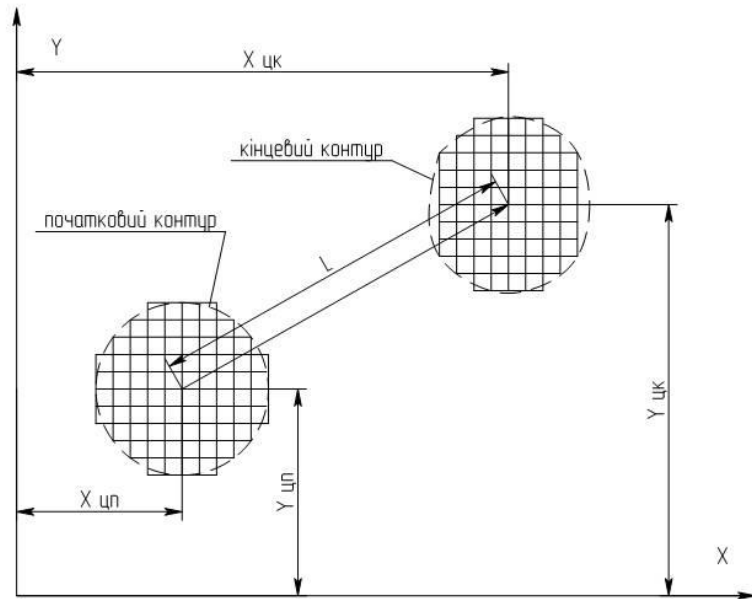
Проведений аналіз предметної області свідчить про широку розповсюдженість та наявну потребу у різноманітних вимірюваннях неелектричних величин серед яких суттєвий об'єм припадає на непрямі методи лінійних переміщень.

Запровадження інформаційних технологій є одним із панівних напрямків підвищення точності та достовірності, розширення сфери застосування різноманітних методів вимірювань відповідно до наявних та майбутніх потреб виробництва та науки.

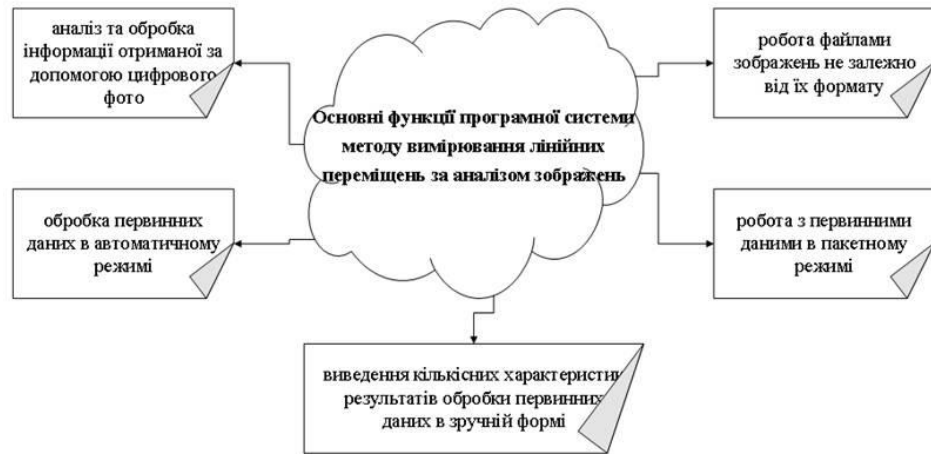
ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ЗА АНАЛІЗОМ ЗОБРАЖЕННЯ

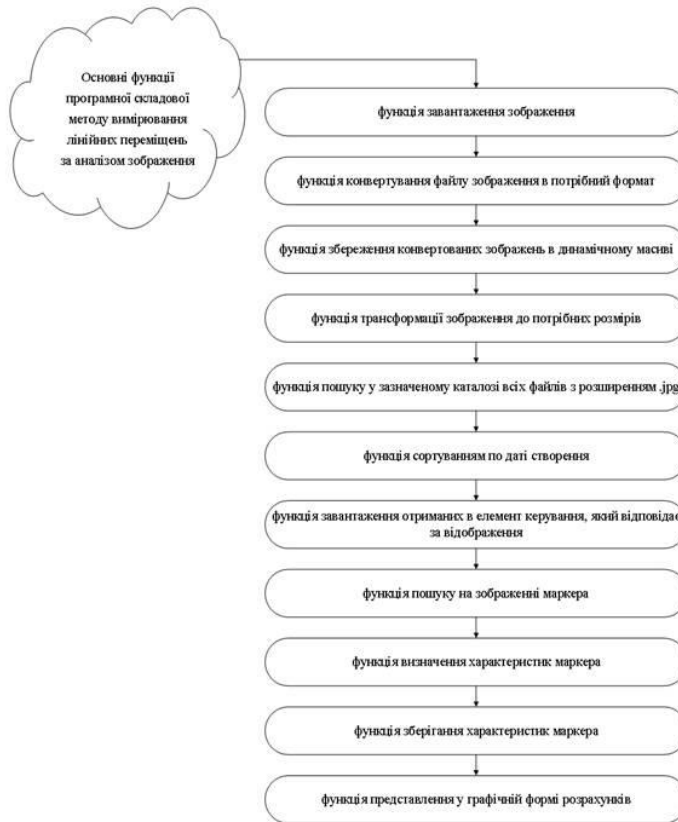


Загальна схема вимірювань



**ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ
СИСТЕМИ МЕТОДУ
ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ
ПЕРЕМІЩЕНЬ ЗА АНАЛІЗОМ
ЗОБРАЖЕНЬ**

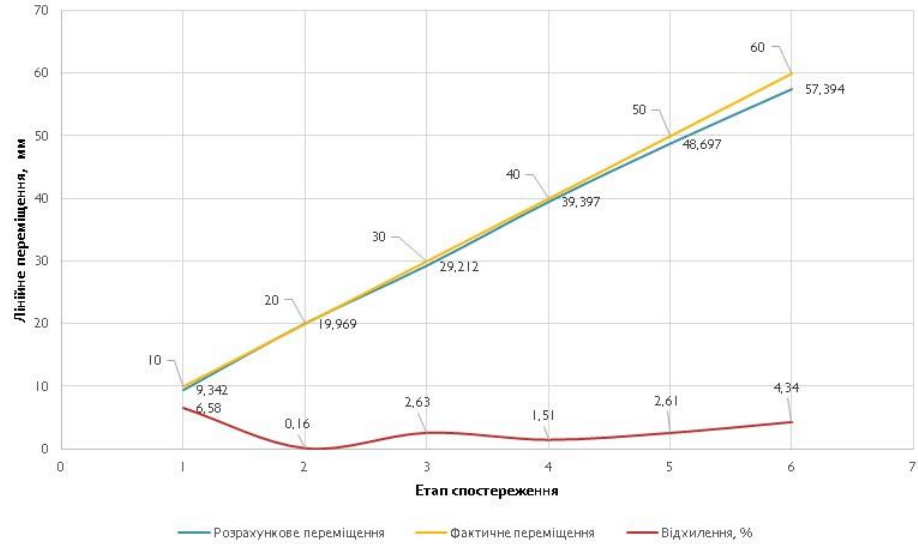




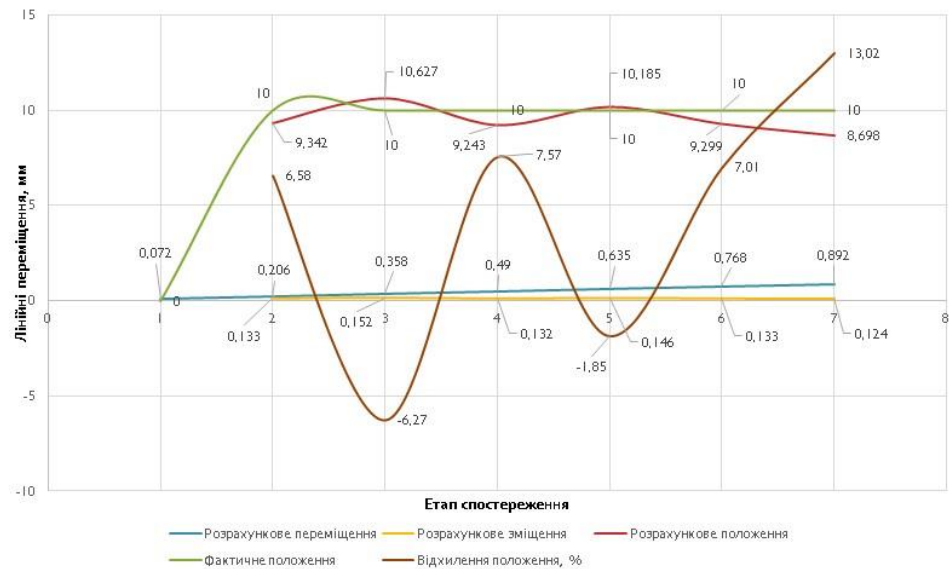
ВАЛИДАЦІЯ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ЗА АНАЛІЗОМ ЗОБРАЖЕНЬ

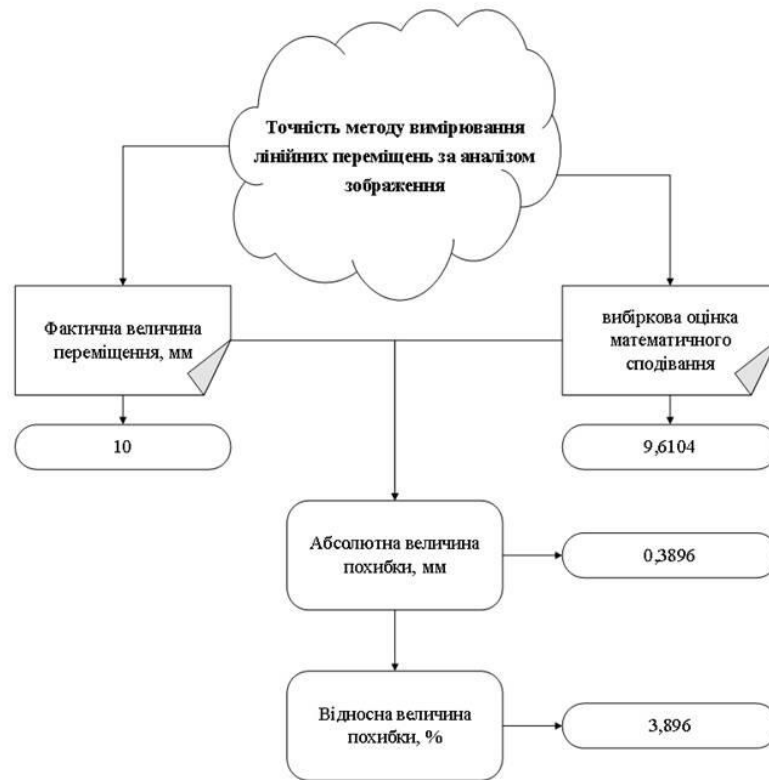
Переміщення на усьому діапазоні спостережень

Розрахункові та фактичні переміщення



Зміщення для окремих етапів





ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи магістра було реалізовано метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Для досягнення поставленої мети було вирішено такі задачі:

- визначено послідовність застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- визначено структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- сформульовано функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- визначено функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- вирішено задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях;
- сформульована математична залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення;
- реалізована програмна складова методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

При підчас вирішення зазначених задач було отримано такі результати.

Запропоновано методологічні основи методу вимірювання лінійних переміщень, що включають опис структури інформаційної системи методу. Як головний елемент забезпечення точності та ефективності методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення пропонується використання штучно створених об'єктів (маркерів) переміщення яких однозначно відповідають переміщенням об'єкту спостереження, при цьому колір та (або) структура маркера дозволяють легко його ідентифікувати за зображенні.

Спроектowana програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з розробкою структури модулів системи, визначенням їх взаємозв'язків та розроблено програмні модулі.

Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення. В модельному експерименті відтворювався лінійний характер фактичних переміщень. Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, демонструють високу точність. Так лінійний множник в розрахунковому рівнянні склав 9,618 при фактичному значенні 10, тобто відхилення склало 3,82%, а коефіцієнт детермінації склав 0,9992. Відхилення фактичного та розрахункових значень не перевищувало 7%, а в окремих випадках складало менше 0,2%.

Результати моделювання свідчать про достатню точність вимірів із використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення й при розгляді у розрізі окремих етапів моделювання. В модельному експерименті спостерігається тенденція коливання розрахункових значень переміщень отриманих із використанням методу лінійних вимірювань за аналізом зображень відносно дійсних значень отриманих за допомогою контрольної вимірювальної апаратури. Відтворювався лінійний характер фактичних переміщень. Розрахункові величини отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з достатньо високою точністю, яка здебільшого вкладалася у величину 6-7%.

Отримані чисельні характеристики розрахункової величини переміщення на окремому етапі отримані з використанням методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень свідчать про достатньо високу точність – розрахункове значення склало 9,6104 мм при дійсній величині 10 мм, абсолютна похибка становила 0,3896 мм а відносна 3,896%. Стійкість результатів методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень підтверджують малі значення дисперсії (0,6070 мм²), середньоквадратичного відхилення (0,7791 мм) та коефіцієнту варіації (0,0811).

Про значний потенціал реалізованого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень обставина, що моделювання проводилося без додаткових заходів щодо підвищення точності. Реалізована інформаційна технологія вимірювання лінійних переміщень не потребує застосування спеціальних вимірювальних засобів, а отже має широку сферу використання, у тому числі при спостереженнях за віддаленими об'єктами.

УДК 004.37.001:62

Збірник наукових праць за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021», Хмельницький – 2021. – 413с.

У збірнику наукових праць подані перспективні практичні розробки аспірантів, студентів та здобувачів в області сучасних інформаційних технологій. Розглянуто актуальні проблеми комп'ютерних наук, комп'ютерної інженерії, прикладної математики й інженерії програмного забезпечення, привведено ряд робіт по впровадженню інформаційних технологій у виробництво та управління. Висвітлено перспективні розробки сучасних систем пошуку, обробки й захисту інформації, медійних та комунікаційних системах.

УДК 004.37.001:62

Матеріали конференції відтворені з авторських оригіналів. При макетуванні можливі незначні зміни компоновки контенту авторських оригіналів.

Участь у конференції та складові всіх її етапів (розгляд праць, макетування, публікація збірника наукових праць та видача сертифікатів) є безкоштовними для всіх учасників. Оргкомітет конференції висловлює подяку учасникам конференції та сподівається на подальшу співпрацю.

З питань проведення конференції та подального обміну інформацією звертатись на е-пошту конференції: apkn@smu.edu.ua

Міністерство освіти і науки України
Хмельницький національний університет



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції
«Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021»

15-16 жовтня 2021

Хмельницький 2021

УДК 004.4+006.9.15

Лісцик О. А.

Хмельницький національний університет

ПРОГРАМНА СИСТЕМА МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ЗА АНАЛІЗОМ ЗОБРАЖЕНЬ

Спроектована програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з розробкою структури модуля системи та визначенням їх взаємозв'язків.

A software system for measuring linear displacements by analyzing images with the development of the structure of the system module and the definition of their interconnections is designed.

Реалізоване програмне забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень вирішує задачу отримання даних щодо руху досліджуваного об'єкту ґрунтуючись на аналізі серії послідовних цифрових фотографічних зображень. Робота системи полягає в отриманні та подальшій обробці серії послідовних цифрових зображень штучно сформованого об'єкту (маркеру), переміщування якого у точності відповідають переміщенням об'єкту спостереження з одночасною фіксацією часу отримання кожного зображення, що, у свою чергу, створює можливість задля отримання співвідношень (переміщення – час).

За аналізом можливих сфер використання було визначено базові функції програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, а саме (рисунк 1):

- функція аналізу та обробки інформації отриманої за допомогою цифрового фотозображення,
- функція роботи з файлами зображень не залежно від їх формату,
- функція обробки первинних даних в автоматичному режимі,
- функція по роботі з первинними даними у пакетному режимі,
- функція виведення кількісних характеристик результатів обробки первинних даних в наочній формі.

Взаємні зв'язки основних базових функцій програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень наведено на рисунку 2.

Три побудовані програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень використовувалися модульний принцип у поєднанні із сучасними ефективними середовищами розробки програмних застосувань.

□ ДІПІУН-2021

385

Левчик Т. С., Сабко О. В., Житкевич В. В., Міхалеський В. Ц.	Метод автоматизованого діагностування хвороб рослинних культур.....	359
Мончук Е. А., Скуринник Т. К.	Система цільової кластеризації на послідовних даних.....	364
Матвійчук І. І., Бугрій Р. О., Скуринник Т. К.	Модельовання web-єриєнтованих систем.....	367
Мельник В. С., Міхалеський В. Ц., Скуринник Т. К.	Інформаційна система для комплексної обробки деревини.....	372
Олексій О. В., Медведчук В. Ю., Медведчук Н. К.	Основні принципи організації і особливості відеоконференцв'язку.....	375
Онницько О. Г.	Метод та програмні засоби препроєсінгу вхідного текстового контенту.....	379
Radziuk P. M.	A mental model approach for making decisions in it project management.....	381
Лісцик О. А.	Програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.....	385
Павелеський В. І., Савосцько О. М.	Виявлення шкідливого графіку за використанням глибинного навчання.....	390
Лісцик О. А., Ющенко В. Б., Скуринник Т. К.	Інформаційні технології як засіб автоматизації та оптимізації маркетингових кампаній в соціальних мережах.....	395
Петровський С. С.	Метод зв'язаної оцінки успішності навчання у школі.....	398
Ромко Д. В., Петровський С. С., Скуринник Т. К.	Інформаційна система організації обігу нормативних документів.....	401
Скуринник Т. К., Манзюк Е. А.	Метод машинного навчання для визначення якості перекладу текстової інформації.....	404
Ющенко В. Б., Скуринник Т. К., Лісцик О. А.	Інформаційні технології у соц-медіа: PR, реклама, підгенерація.....	406
Яковчук М. В., Міхалеський В. Ц., Скуринник Т. К.	Система прийняття рішень у виробничих процесах сільськогосподарського підприємства.....	408
Янина О. М., Мартинюк О. Р.	Система управління якістю у розробці програмних продуктів.....	410

□ ДІПІУН-2021

11

Програма системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень складається з чотирьох модулів (рисунк 3, 4):

- перший модуль – завантаження і конвертації зображення,
- другий модуль – обробки зображення,
- третій модуль – арифметичний,
- четвертий модуль – графічного відображення результатів.



Рисунок 3 – Склад програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Перший модуль «Модуль завантаження і конвертації зображення» призначений задля відкриття зображення та його конвертації в простий графічний формат.

Другий модуль «Модуль обробки зображення» призначений для візуалізації відповідного зображення.

Третій модуль «Арифметичний модуль» опрацьовує зображення з подальшою ідентифікацією об'єкта спостереження або (та) маркера із визначенням характеристик його положення.

Четвертий модуль «Модуль графічного відображення результатів» призначений для представлення результатів роботи програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень в текстовому та графічному форматах.

Програма система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень складається із двох виконуваних файлах – MainM.exe, Grafik.exe. У файлі MainM.exe містяться перших три модулі, а у файлі Grafik.exe – четвертий відповідно.

Програма система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень складається із набору класів (рисунк 5):

Клас MainForm – відповідає за головне вікно програми та його характеристики;
 Клас MainForm View – відповідає за роботу з вікном (меню, панелью інструментів і т.д.);

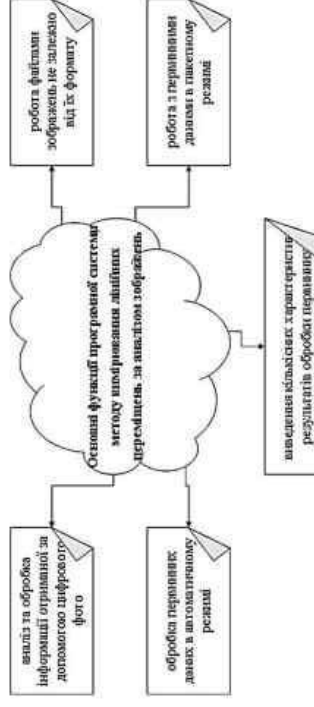


Рисунок 1 – Основні функції програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

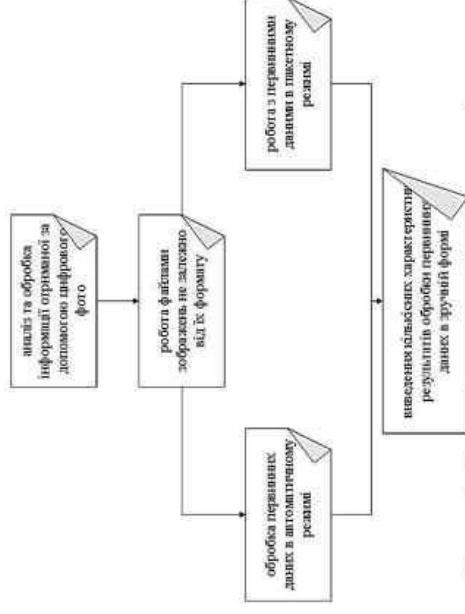


Рисунок 2 – Взаємозв'язок основних функцій програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Клас Object – відповідає за об'єкти спостереження на зображенні і їх характеристики;

Клас SetpDig – діалогове вікно, яке відповідає за налаштування та введення основних характеристик отримання цифрового зображення;

Клас Fpeg – призначений для роботи з даними у форматі fpeg;

Клас StackView – призначений для опрацювання остаточних даних та їх представлення у графічному форматі.

Отже, спроектована програма система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень з розробкою структури модулів системи та визначенням їх взаємозв'язків.

Перелік посилань

1. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибологічній метрології / О.А. Пасічник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – №4 (239) – С. 28 – 31.
2. Пасічник О.А. Запровадження інформаційних технологій при дослідженні процесів зношування та проектування вузла тертя / Сучасний рух науки: тезис доп. X міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2-3 квітня 2020 р. – Дніпро, 2020. – Т.2. – С. 184 – 187.
3. Пасічник О.А. Інформаційні технології в трибологічній метрології/ Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – №4 (239) – С. 28 – 31.
4. Пасічник О.А. Методологія оцінки характеристик виміральної системи реалізованої із застосуванням інформаційних технологій // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017. – №1 (245) – С. 174 – 177.
5. Пасічник О.А. Методологічні аспекти застосування інформаційних технологій в трибологічних експериментальних дослідженнях // Проблеми трибології. – 2017. – №. 1 – С. 43 – 48.

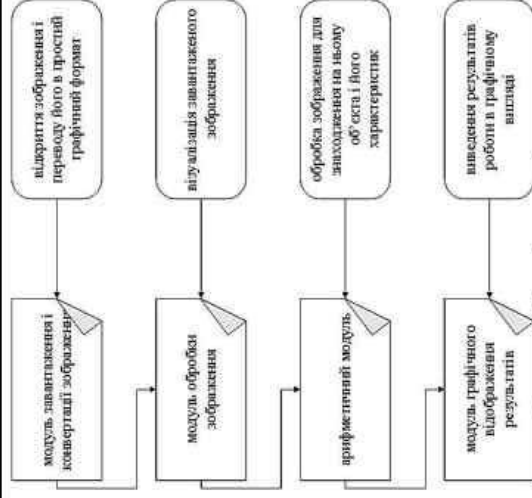


Рисунок 4 – Модулі програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

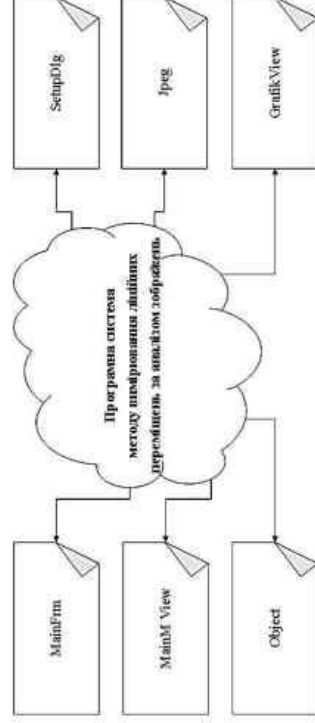


Рисунок 5 – Класи програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 4.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Ошибок в документах: 6%**

ID: 97042 Название: Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень Добавлено в БД: 2021-11-23 Авторы: О.А. Пасічник Руководители: О.В. Бармак Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	65710	386	6454 (10%)	65 (17%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

Ім'я користувача:
Кафедра КН

ID перевірки:
1009481482

Дата перевірки:
02.12.2021 15:40:29 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
02.12.2021 15:45:46 EET

ID користувача:
100005671

Назва документа: КРМ Пасічник Записка Антиплагіат

Кількість сторінок: 80 Кількість слів: 8834 Кількість символів: 71766 Розмір файлу: 2.89 MB ID файлу: 1009495348

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

3.78% Схожість

Найбільша схожість: 2.18% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1009334638)

0.93% Джерела з Інтернету

130

Сторінка 82

3.16% Джерела з Бібліотеки

38

Сторінка 82

0.08% Цитат

Цитати

1

Сторінка 83

Не знайдено жодних посилань

78.6% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0.42% Вилучення з Інтернету

54

Сторінка 84

78.6% Вилученого тексту з Бібліотеки

59

Сторінка 84

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

32

Підозріле форматування

19
сторінок

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

Автор: Пасічник Олександр Анатолійович

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: д.т.н., проф., зав. каф. КН Бармак Олександр Володимирович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

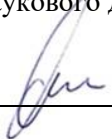
Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) за програмою Anti-Plagiarism виявлені 4% та вони є фрагментарними – містять поширені конструкції, загальновідомі терміни та скорочення.

2) за програмою UNICHECK виявлені 3,78%; Найбільша схожість: 2.18% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1009334638), яке містить посилання на статтю автора, з елементами практичного застосування наведеного у роботі методу; інші схожості є фрагментарними – містять поширені конструкції, загальновідомі терміни, скорочення та визначення.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 4% і 3,78% відповідно, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи

Керівник роботи



О.В. Бармак

Гарант ОП



Р.О. Багрій

Завідувач кафедри КН



О.В. Бармак



ВІДГУК ОПОНЕНТА

на кваліфікаційну роботу магістра

гр. КНМ-20-2 Пасічника Олександра Анатолійовича за темою: Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

1. Актуальність обраної теми. Кваліфікаційна робота присвячена реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, що створює передумови все більш широкого задоволення об'єктивно зростаючих потреб виробництва та науки у різноманітних вимірюваннях, що у поєднанні з інформаційними технологіями дозволяє отримати потрібні обсяги даних з високим ступенем точності та достовірності. Таким чином, тема кваліфікаційної роботи магістра є достатньо актуальною.

2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи магістра є процес обробки зображень у цифровому форматі, а предметом дослідження – цифрове зображення як основа методу вимірювання лінійних переміщень.

Кваліфікаційна робота виконана з використанням сучасних моделей, методів, алгоритмів, технологій та способів отримання, представлення, обробки, аналізу, передачі, зберігання даних в інформаційних системах, що реалізовано у методі вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Використані інструменти та обладнання, зокрема апаратно-програмні інструментальні засоби, реалізують метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи відповідає предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та вимогам до кваліфікаційної роботи магістра.

3. Повнота розкриття мети та завдань дослідження

Мета роботи полягає у розробці методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень. Для досягнення поставленої мети визначені такі задачі дослідження:

- визначити послідовність застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- визначити структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- сформулювати функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;

- визначити функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень;
- вирішити задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях;
- сформулювати математичну залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення;
- реалізувати програмну складову методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Наведені задачі дослідження повністю розкривають мету роботи.

4. Наявність наукової новизни

В результаті проведеної роботи були отримані такі результати:

- набули подальшого розвитку існуючі непрямі методи визначення лінійних переміщень, які ґрунтуються на аналізі серії послідовних цифрових зображень;
- вдосконалено метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

На основі розробленого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень було реалізовано методику вимірювання, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

Основні наукові та практичні результати доповідалися на конференціях й за темою дипломної роботи магістра автором виконано три наукових публікації у фахових виданнях, включених в перелік МОН України.

Таким чином, у кваліфікаційній роботі магістра представлені результати містять наукову новизну, мають практичну цінність та достатній рівень апробації.

5. Зміст кожного розділу роботи

В першому розділі наведено аналіз сучасного стану проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, який включає аналіз предметної області, аналіз сучасних наукових публікацій з проблеми вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень та огляд досліджень інформаційного забезпечення для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень. Завершується розділ висновками постановкою задачі.

В другому розділі наведена інформаційна модель для вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення. Представлено методологічну основу методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення та розроблено математичне забезпечення методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Третій розділ присвячений проектуванню програмної системи методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень. Наведено структуру модулів системи, їх взаємозв'язок та розроблено програмні модулі.

В четвертому розділі виконано валідацію та верифікацію методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень . Сформульовані загальні положення застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення та представлені результати застосування методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення на всьому діапазоні спостережень та окремих етапах спостереження.

6. Ступінь розкриття теми роботи

В кваліфікаційній роботі магістра продемонстрована здатність збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до комп'ютерної системи, здатність формалізувати предметну область у вигляді відповідної інформаційної моделі та використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області, здатність розробляти програмне забезпечення з обранням належних засобів для розробки та оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проектів.

7. Якість оформлення кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота магістра виконана із дотриманням усіх вимог щодо оформлення. Викладення матеріалу є логічним, послідовним та стилістично грамотним.

8. Недоліки кваліфікаційної роботи

В роботі зазначені можливості щодо подальшого покращення методі вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображення, але не вказані конкретні напрямки вдосконалення.

9. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), якої оцінки заслуговує кваліфікаційна робота.

Кваліфікаційна робота магістра Пасічника Олександра Анатолійович рекомендується до захисту, рекомендована оцінка «відмінно».

Опонент



д.т.н., проф. Тетяна Говорущенко



ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА

на кваліфікаційну роботу магістра

гр. КНм-20-2 Пасічника Олександра Анатолійовича за темою: Метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень

1. Актуальність теми

В кваліфікаційній роботі розроблено метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень. Запропонований метод що є зручним для інтеграції у різноманітні системи задля вирішення задач опосередкованого вимірювання переміщень. Метод ґрунтується на використанні інформаційних технологій з невисокими вимогами щодо апаратних засобів отримання даних й дозволяє отримати потрібні результати з високим ступенем точності та достовірності. Отже, тема кваліфікаційної роботи магістра є достатньо актуальною.

2. Відповідність роботи предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та загальним вимогам до наукових робіт

В кваліфікаційній роботі магістра продемонстрована здатність збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до комп'ютерної системи, здатність формалізувати предметну область у вигляді відповідної інформаційної моделі та використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області, здатність розробляти програмне забезпечення з обранням належних засобів для розробки та оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проектів.

Об'єкт дослідження - процес обробки зображень у цифровому форматі, предмет дослідження – цифрове зображення як основа методу вимірювання лінійних переміщень.

Кваліфікаційна робота магістра містить сучасні моделі, методи, алгоритми, технології, процеси та способи отримання, представлення, обробки, аналізу, передачі, зберігання даних в інформаційних системах, що реалізовано у методі вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Використані інструменти та обладнання, зокрема апаратно-програмні інструментальні засоби, реалізують метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи відповідає предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки та вимогам до кваліфікаційної роботи магістра.

3. Професійні та особистісні якості магістранта

Кваліфікаційна робота магістра Пасічника О.А. є результатом багаторічної роботи по вивченню методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень та побудові на його основі інформаційних технологій. У роботі запропоновані і реалізовані основні ідеї, що дозволили отримати достатньо просту та завершену методологію вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень для широкого кола об'єктів спостереження із використанням простих, поширених, невибагливих, розповсюджених та у значній мірі уніфікованих технічних засобів.

Під час роботи над кваліфікаційною роботою магістра Пасічник О.А. виявив себе старанним, працьовитим, сумлінним, кваліфікованим спеціалістом здатним генерувати і реалізовувати нові наукові та інженерні ідеї.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота виконана магістром самостійно. Особисто: визначено структуру інформаційних потоків методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень; сформульовано функціональні відмінності апаратно-програмних та програмно-апаратних вимірювальних комплексів, щодо реалізації методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень; визначено функції програмної складової методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень; вирішено задачу встановлення розмірів об'єктів зображення в лінійних метричних одиницях; сформульовано математичну залежність для визначення лінійних переміщень за аналізом зображення; реалізовано програмну складову методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень.

Спільно із науковим керівником: сформульовано мету роботи та завдання дослідження; проведено обговорення отриманих результатів.

5. Наукова новизна та оригінальність запропонованих підходів

В результаті проведеної роботи були отримані такі результати:

- набули подальшого розвитку існуючі непрямі методи визначення лінійних переміщень, які ґрунтуються на аналізі серії послідовних цифрових зображень;
- вдосконалено метод вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

Основні наукові та практичні результати доповідалися на конференціях:

- доповідь на тему «Програмна система методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень» на XIII всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2021» 15 листопада 2021 р., м.

Хмельницький, Україна.

За темою кваліфікаційної роботи магістра автором виконано три наукових публікації у фахових виданнях, включених в перелік МОН України.

6. Ступінь оволодіння методами дослідження

Магістрант вільно та на високому професійному здатен збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до комп'ютерної системи, здатен формалізувати предметну область у вигляді відповідної інформаційної моделі та використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області, здатен розробляти програмне забезпечення з обранням належних засобів для розробки та оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проектів.

7. Повнота та якість розкриття теми роботи

Тема кваліфікаційної роботи магістра розкрита повністю та якісно, всі задачі дослідження виконані в повному обсязі.

8. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладу матеріалу

Викладення матеріалу кваліфікаційної роботи магістра є логічним, послідовним та аргументованим. Кваліфікаційна робота магістра виконана з дотриманням граматичних вимог, правил орфографії та пунктуації, на високому літературному рівні із дотримання вимог щодо оформлення.

9. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи, окремих її частин

На основі розробленого методу вимірювання лінійних переміщень за аналізом зображень було реалізовано методику вимірювання, що поєднує технічні засоби отримання зображень та програмну складову їх обробки із визначенням переміщення досліджуваного об'єкту як переміщення маркера у лінійних метричних одиницях.

10. Висновок про можливість допуску кваліфікаційної роботи до захисту, на яку оцінку заслуговує робота

Кваліфікаційна робота магістра рекомендується до захисту та заслуговує на оцінку «відмінно».

Науковий керівник _____ д.т.н., проф. Олександр Бармак

