

Методи і засоби відеовимірювань кутових переміщень

Володимир Поджаренко, Інна Коломійчук

Кафедра метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет, Україна,
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, E-mail: InnaKolomijchuk@i.ua

Abstract – These researches are directed on extension of functional possibility and increase of precision of measurements on the basis of input to the computer and algorithmic handling of the mechanical strain videoimages.

Ключові слова – videomeasurements, videoimages, angular transitions, verification, manometer.

I. Вступ

Вимірювальна інформація - одна із складових частин пізнання людиною матеріального світу. Одержувана інформація неперервно вдосконалюється в процесі покращення вимірювального експерименту. При цьому відбуваються постійне уточнення вимірювальної інформації, вивільнення її від супутніх похибок і наближення до абсолютної істини. В результаті аналізу отриманої вимірювальної інформації людина пізнає навколишнє середовище.

На сьогодні процес автоматизації повірки манометрів є актуальним, оскільки манометри широко використовуються у виробництві, а процес їх повірки є трудомістким і займає багато часу. Тому постає задача створення автоматизованої системи повірки манометрів, яка значно підвищить продуктивність повірки манометрів, зробіть процес менш залежним від людини.[1,2].

II. Основа методу

Одним із ефективних методів вимірювань є обробка сигналів, які містять інформацію про об'єкт вимірювань. Пропонується для визначення лінійних і кутових переміщень стрілок перетворювати візуальну інформацію про переміщення у відеозображення і виконувати обробку отриманих відеозображень. Далі такий метод вимірювань будемо називати відеовимірюваннями кутових переміщень об'єктів, або просто відеовимірюваннями. В даному випадку, переміщення об'єктів – це є переміщення стрілок приладів.

Повірка манометрів здійснюється шляхом порівняння показників вірцевого манометра і того, що повіряється.[3] Якщо в якості еталонного використовується стрілковий прилад, аналогічний тому, що повіряється, але той, який має більш високу точність, то необхідно використовувати дві камери, які будуть розташовані кожна навпроти відповідного манометра. Даний метод представлено на структурній схемі на рисунку 1.

На структурній схемі на рисунку 1 подано наступні скорочення:

- Чр – частотний регулятор,
- ЕД – електродвигун,
- РГР – резервуар гідравлічної рідини,
- ВМ- вірцевий манометр,
- МП – манометр, що повіряється,
- ВК – камера,
- ПК – персональний комп'ютер,
- ППр – периферійні пристрої.

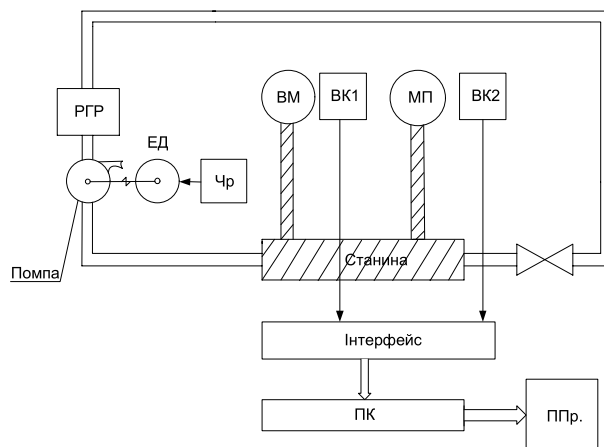


Рис. 1. Структурна схема автоматизованої системи повірки манометрів

При повірці необхідно виконати наступну послідовність дій:

1. Встановлення манометрів в повірочну установку;
2. Встановлення камер навпроти манометрів;
3. Подача необхідного тиску на манометри;
4. Ввімкнення камер;
5. Фотографування даних на двох манометрах;
6. Розпізнавання двох зображень;
7. Визначення значення виміряної ФВ ВМ і ПМ;
8. Задання класу точності;
9. Знаходження похибки;
10. Перевірка чи відповідає похибка даному класу точності;
11. Визначення придатності приладу;
12. Друк акту повірки.

Результати вимірювань кутових переміщень об'єктів містять певні похибки. Ці похибки залежать від методів і засобів, що використовуються для введення в комп'ютер, ущільнення і алгоритмічної обробки відеоінформації про переміщення. При визначенні кутових переміщень об'єктів потрібно проводити геометричні вимірювання на відеозображеннях за допомогою комп'ютерних засобів обробки відеоінформації. Тому виникає задача дослідити методи і засоби відеовимірювань кутових переміщень об'єктів.

Визначено, що для відеовимірювань можна використовувати стандартні апаратні засоби формування відеозображень (відеокамера, цифрова відеокамера або цифровий фотоапарат). В поєднанні із відповідними алгоритмами обробки відеозображень це дозволить розширити функціональні можливості і підвищити точність вимірювань.[4]

III. Метод виділення контуру об'єкта вимірювання

Для обробки зображень будемо використовувати метод виділення контуру об'єкта вимірювання.

У сучасній теорії цифрової обробки зображень приділяють велику увагу розробці методів виділення контурів, оскільки для багатьох систем технічного зору виділення контрастних перепадів є однією з головних задач розпізнавання зображень. Це пов'язано з інтуїтивним розумінням того, що в контурних лініях міститься велика кількість інформації.

Традиційне розв'язання задачі виділення контурів має чотири етапи: підкреслення (посилення) перепадів інтенсивності, виділення граничних точок, звуження (скелетизація) і усунення розривів. Проте лише підкресленню перепадів інтенсивності й виділенню граничних точок приділяють значну увагу

Найбільш простим методом виділення первинного контуру зображення є порогова обробка: якщо інтенсивність пікселя вища деякого порога, то піксель приймає значення логічної одиниці, якщо нижче порога - то логічне значення нуля. Але такий підхід може бути використаний тільки до зображень, що знаходяться на однорідному фоні.

Загальним недоліком розглянутого вище методу виділення перепадів інтенсивності є проблеми, які характерні для переважної більшості з них. Це в першу чергу висока чутливість до шуму, оскільки принцип дії операторів оснований на обчисленні різниці відліків, в межах вікна та їхніх комбінацій. Кожна різниця обчислюється безпосередньо за відліками, тому шум на зображенні попадає в результат перетворення з підсиленням. На зображенні можуть з'являтися як розриви, так і широкі контурні лінії. Крім цього через дискретність аргументу на графічному препараті контури являють собою лінії одиничної (а не нульової ширини), тобто не є нескінченно топкими. У зв'язку з чим у положенні контуру завжди присутня деяка неоднозначність, що складає мінімум ± 1 піксель. Тому більш коректно було б визначати контур не як лінію пікселів, а як межу між пікселями.[6]

IV. Оцінювання похибок вимірювального перетворення

Сумарна похибка, що виникає під час вимірювального перетворення, є функцією складових:

$$\Delta_{\Sigma} = f(\Delta_{\text{сд}}, \Delta_{\text{кв}}, \Delta_{\text{ш}}, \Delta_{\text{н}}) \quad (1)$$

де $\Delta_{\text{сд}}$ - похибка субпіксельної дискретизації;

$\Delta_{\text{кв}}$ - похибка квантування;

$\Delta_{\text{ш}}$ - похибка спотворень (шум, нелінійність перетворення);

$\Delta_{\text{н}}$ - похибка відновлення.

Вказані складові похибки мають різну природу походження й для повного метрологічного аналізу вимірювального каналу необхідно їх оцінити і мінімізувати.

Вимоги до точності цифрової обробки краю зображення об'єкта повинні бути узгоджені з точністю опису краю вхідного неперервного зображення з краєм об'єкта цифрового зображення.4

Похибка цифрового подання зображення має інструментальний характер визначається в процесі метрологічної атестації вимірювального перетворювача з урахуванням конкретного типу фотокамери та оптичної

Реальне «фізичне» зображення є функцією неперервних просторових координат $f(x,y)$. У комп'ютері обробляється його дискретний аналог, тобто матриця $f(n,m)$ цифрового зображення, яка наближено відповідає неперервному.

Похибка дискретизації зображення залежить від таких факторів:

величини кроку дискретизації;

статичних властивостей зображення;

способу відновлення зображення (або виду інтерполюючої функції).

З фізичної точки зору крок дискретизації Δ диктується шириною просторового спектра зображення й при цьому повинна бути виконана умова: $\Delta \ll 2\pi/\Omega$.

Реальні сигнали та зображення не задовольняють вимогам обмеженості спектра, тому процедура відновлення за допомогою фільтра низьких частот дає лише наближений результат.

Як відомо, СКВ похибки дискретизації ϵ_x , для рівномірного розподілу в класичному трактуванні визначається за такою формулою:

$$\epsilon_x = \frac{V}{\sqrt{6}} \quad (2)$$

При цьому вважається, що краї зображення (сигналу) є різкими і їх можна описати функціями Хевісайда.

Оскільки залежність між ентропійним значенням похибки ($\Delta\epsilon$), і її СКВ ϵ_x описується, виразом $(\Delta\epsilon)x = kx\epsilon_x$, де $k_s = \sqrt{3}$ ентропійний коефіцієнт, то підставляючи його у (2), отримуємо

$$(\Delta_x) = \frac{V}{\sqrt{2}}$$

Під час аналогово-цифрового перетворення відео-сигналу відбувається його квантування.

При поданні перетворювальної величини в цифровій формі в межах діапазону значень фіксується певна кількість квантованих рівнів. Максимальна похибка квантування:

$$\epsilon_{f,\text{max}} = \frac{\Delta_f}{2}, \quad (3)$$

де Δ_f - крок квантування,

Середньоквадратичне відхилення:

$$\epsilon_{f,\text{кв}} = \frac{\Delta_f}{2\sqrt{3}} = \frac{\epsilon_{f,\text{max}}}{\sqrt{3}}. \quad (4)$$

Якщо параметр f мав нормальний розподіл з дисперсією σ_f^2 і математичним сподіванням μ_f , то діапазон значень, які може приймати перетворювана величина, вибирають так, щоб вона збігалася з довірчим інтервалом $\mu_f - 3\sigma_f, \mu_f + 3\sigma_f$ (всі значення f лежать у цьому інтервалі з ймовірністю $p = 0,997$). Тоді

$$f_{\text{max}} - f_{\text{min}} = 6\sigma_f, \Delta_f = \frac{6\sigma_f}{2^b S_{\text{кв}}}, \quad (5)$$

$$\epsilon_{f,\text{кв}} = \frac{\sqrt{3}\sigma_f}{2^b S_{\text{кв}}}, \quad (6)$$

де b - розрядність коду;

Скв- кількість субпіксельних квантованих рівнів.

В результаті проходження інформаційного сигналу через оптичний і нестройний . вимірювальний канал системи в цей сигнал вносяться різноманітні шуми і завади. Їх слід вважати одним з основних джерел виникнення похибок під час визначення координати крайової точки зображення об'єкта дослідження.

Проведені експериментальні дослідження впливу шумів і завад на інформаційний сигнал показують, що значний внесок на похибки вимірювання геометричних параметрів зображень мають такі шуми:

просторово-часові шуми - це шуми оптичного випромінювання та шуми електронного вимірювального каналу;

просторово розподілені по полю зображення шуми або геометричні - це шуми електронного каналу, викликані різною чутливістю елементів матриці відеосенсорів ПЗЗ-камері;

- шуми вібрацій.

Оскільки похибки вимірювання геометричних параметрів зображень мають випадковий характер то дисперсію сумарної похибки, викликані цими шумами, за умови, що вони між собою не корелюють, запишемо так:

$$\sigma^2[n^1] = 2\pi\sigma^2[\sigma_r^2(n^1) + \sigma_d^2 + \sigma_v^2(n^1)], \quad (7)$$

де σ_r , σ_d , σ_v - середні квадратичні відхилення просторово-часових, геометричних шумів і вібрацій, відповідно.

Внаслідок дискретизації і відновлення зображень виникають два типи випадкових похибок, які впливають на точність вимірювання оптичного сигналу, що відповідає краю зображення об'єкта довжиною L примежової кривої, а саме - похибки дискретизації зображення та похибки відновлення характеристиками. Оскільки ці похибки пов'язані з переда-

вальними характеристиками оптичної системи, то їх слід враховувати.[5,6]

V. ВИСНОВОК

Розглянутий метод вимірювання пропонує високу продуктивність при повірці манометрів. Наведено структурну схему методу, а також проведено оцінку похибок вимірювання.

- [1] Избыточные системы счисления, моделирование, обработка данных и системное проектирование в технике преобразования информации: Учеб. пособие / В.А. Поджаренко, А.Д. Азаров, В.А. Власенко, И.И. Коваленко.: - Выща шк., 1990. – 208 с.: ил..
- [2] Метрологическое обеспечение измерительных информационных систем (теория, методология, организация)/Е.Т. Удовиченко, А.А.Брагин, А.Л.Семенюк, В.И.Бородатый, Э.С. Браилов, Ю.И. Койфман, А.Д. Пинчевский. – М.: Изд-во стандартов, 1991.-192 с.
- [3] Вострокнутов Н.Н. Цифровые измерительные устройства. Теория погрешностей, испытаний, поверка. –М.: Энергоатомиздат, 1990.-208 с
- [4] Подчашинський Ю.О. Похибки квантування і дискретизації при геометричних вимірюваннях на цифрових відеозображеннях // Вісник ЖІТІ. – 2001. – № 16. – С. 148 – 153.
- [5] Подчашинський Ю.О. Дослідження процесу введення відеозображень від зовнішнього джерела у персональний комп'ютер // Вісник ЖІТІ, 1999. – № 10. – С. 151 – 155.
- [6] Білинський Й.Й. Субпіксельні методи обробки дискретної вимірювальної інформації в комп'ютерних оптико-електронних системах.