**Комп’ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи**

**Групи МТ-1, МТК-1**

**Лабораторна робота №1**

**Алгоритмічна компенсація випадкових похибок інформаційних сигналів у вимірювальному каналу**

* 1. **Теоретичні відомості**

Важливою умовою ефективної компенсації похибок є наявність апріорної інформації про властивості вимірювальної інформації. Для різних методів алгоритмічної компенсації похибок може бути використана така апріорна інформація [162, 240]:

– спектральна щільність і кореляційна функція випадкових похибок, наявних на відеозображенні:

; ;

– спектральна щільність і кореляційна функція вимірювальної інформації

; ;

– співвідношення сигнал/шум ПФВЗ

,

де  – середньоквадратичне значення напруги шуму,  – максимально можливе значення амплітуди відеозображення (для 8-розрядного цифрового коду  = 255 д.р.).

Отримання повних апріорних відомостей про вимірювальну інформацію є складною задачею, так як в загальному випадку початкова вимірювальна інформація (двовимірний масив ) невідома, а для вимірювань доступне тільки спотворене відеозображення  на виході ПФВЗ. Тому для отримання апріорної інформації про вимірювальну інформацію пропонується використовувати методики, що розроблені в підрозділі 2.4.

Для оцінки ефективності застосування методів алгоритмічної компенсації похибок потрібно визначити критерії, за якими оцінюються результати компенсації. Відомі типові критерії оцінки вірності передачі та відтворення аналогових і цифрових відеозображень. Ці критерії орієнтовані на оцінку амплітудних похибок та візуальної якості відеозображень [161, 162, 216, 310, 315, 316]. Вказані критерії обчислюють середньоквадра­тичне значення похибки відтворення амплітуди відеосигналу на виході вимірювального каналу.

В приладовій системі для оцінки величини похибок цифрових відеозображень доцільно використовувати їх дискретні відліки. Основними амплітудними критеріями, що дають узагальнену картину похибок цифрового відеозображення , є [161]:

– середньоквадратичне значення похибки відтворення амплітуди відеосигналу на виході вимірювального каналу

, (3.1)

де  – дискретні відліки початкового двовимірного масиву ;

– співвідношення сигнал/шум на виході вимірювального каналу

; (3.2)

– пікове співвідношення сигнал/шум на виході вимірювального каналу

. (3.3)

Для кольорових відеозображень в формулах (3.1) – (3.3) потрібно враховувати наявність декількох каналів. В цьому випадку формула (3.1) набуває вигляду:

,

де  – номер каналу кольорового відеозображення у відповідності з обраною колориметричною системою, звичайно =1, 2, 3,

 – вагові коефіцієнти, що враховують роль кожного каналу кольорового відеозображення у передачі вимірювальної інформації, , у найпростішому випадку .

Це є загальна оцінка похибок всього відеозображення. При цьому похибка відтворення кожного дискретного значення амплітуди відеосигналу розглядається незалежно від похибок відтворення сусідніх дискретних зна­чень. Такий підхід дозволяє з високою точністю дати загальну оцінку похи­бок яскравості і кольору ОВ, що наявні на сформованому відеозображенні.

Однак, при оцінці похибок відеозображень з вимірювальною інформацією про ГП необхідно в першу чергу враховувати викривлення форми перепадів амплітуди відеосигналу, що відповідають контурам ОВ. Оскільки в амплітудних критеріях вказані викривлення не враховуються безпосередньо, то оцінка похибок відеозображень з вимірювальною інформа­цією на основі амплітудних критеріїв має низьку точність та об'єктивність. Окрім того, кількісну оцінку похибок ГП доцільно виражати в одиницях про­сторових координат відеозображення, а не в одиницях амплітуди відеосигналу.

Таким чином, суттєвим недоліком амплітудних критеріїв є низька точність оцінки вимірювальної інформації про ГП.

Тому для оцінки точності вимірювання ГП на відеозображенні пропонуються такі показники:

– похибки визначення лінійних розмірів ОВ ;

– похибки визначення координат центра мас ОВ ;

– похибка визначення площі ОВ ;

– похибка визначення координат контурних точок ОВ

, (3.4)

де

  –

результат розподілу на ОВ і фон (сегментації) початкового двовимірного масиву  та його алгоритмічної оцінки , отриманої в результаті компенсації похибок,  і  – множини точок, що належать ОВ відповідно у початковому двовимірному масиві  та у його алгоритмічній оцінці ,  – логічна операція визначення суми за модулем 2;  – сумарна довжина контуру ОВ в д.т.

Як було визначено в підрозділах 1.3 і 2.2, вимірювальний канал приладової системи складається з двох основних частин:

– ПФВЗ з частотною передаточною функцією , що вносить похибки у відеозображення;

– цифрової ЕОМ з частотною передаточною функцією , що компенсує похибки відеозображень з вимірювальною інформацією.

Цифрова ЕОМ виконує алгоритмічну компенсацію (фільтрацію) випадкових похибок відеозображень, що виникають в ПФВЗ. Фільтрацію двовимірних сигналів розглянуто в багатьох наукових працях [155, 160, 161, 245, 251, 306, 317 – 320]. Частотна передаточна функція оптимального фільтра випадкових похибок відеозображень дорівнює [155, 160, 245]:

, (3.5)

де  – спектральна щільність вимірювальної інформації  з динамічними і геометричними похибками на виході ПФВЗ,  – спектральна щільність випадкових похибок  на виході цього пристрою.

Розглянемо відеозображення ОВ з кореляційною функцією (2.4) та їх випадкові похибки з кореляційною функцією (2.52) (див. підрозділи 2.1 і 2.4). Цим кореляційним функціям відповідають спектральні щільності [161]:

|  |  |
| --- | --- |
| , ,  | (3.6) |

де  та  – дисперсії вимірювальної інформації та випадкових похибок.

Розглянемо відеозображення ОВ з кореляційною функцією (2.5) та випадкові викривлення цих відеозображень з кореляційною функцією (2.53). Цим кореляційним функціям відповідають спектральні щільності [161]:

, . (3.7)

Приклад спектральних щільностей вимірювальної інформації та її випадкових похибок згідно формул (3.6) і (3.7) наведено в табл. В.1 та на рис. В.1. Початкові дані та результати розрахунку частотних характеристик оптимального фільтра для компенсації випадкових похибок відеозображень згідно формул (3.5) і (3.7) наведено в табл. В.1, В.2 та на рис. 3.1.



Просторова частота , 1/(д.т.)

Частотна характеристика

*|W*кв(*jω*)*|*

Рис. 3.1. Частотна характеристика оптимального фільтра для компенсації
випадкових похибок на відеозображенні виробу з граніту Покостівського родовища: цифровий фотоапарат Sony Cyber-Shot DSC-H9, нормальні умови вимірювань,  = 55 дБ (1 – вздовж осі ; 2 – вздовж осі ); відеокамера
Panasonic M3000, робочі умови вимірювань на виробництві,  = 40 дБ
(3 –вздовж осі ; 4 – вздовж осі )

Перевагою формул (3.7) є можливість розділення виразів для спект­ральних щільностей та частотної передаточної функції оптимального фільтра на дві частини, кожна з яких залежить тільки від однієї просторової частоти  або . Такий підхід дозволяє організувати алгоритмічну обробку відео­зображень окремо по рядкам і стовпцям, зменшивши при цьому кількість об­числювальних операцій. В результаті значно підвищується швидкодія прила­дової системи. Такий підхід використано в розділі 5 для алгоритмічної компен­сації випадкових і динамічних похибок на основі штучних нейронних мереж.

* 1. **Початкові дані варіантів індивідуальних завдань**

Таблиця 1

Початкові дані для розрахунку оптимального фільтра для компенсації випадкових похибок
відеозображень з вимірювальною інформацією про ГП виробів

|  |  |
| --- | --- |
| Варіант  | Початкові дані для розрахунку |
| Корисний сигнал вимірювальної інформації | Випадкові викривлення (шум) |
| Параметр кореляцій­ної функції , (д.т.)-1 | Параметр кореляцій­ної функції , (д.т.)-1 | Середньо­квадрати­чне зна­чення ам­плітуди  , д.р. | Параметр кореляцій­ної функції , (д.т.)-1 | Параметр кореляцій­ної функції , (д.т.)-1 | Середньо­квадрати­чне зна­чення ам­плітуди , д.р. |
| ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** | ***5*** | ***6*** | ***7*** |
| МТ-2 |
| *1* | 0,262 | 0,231 | 49,1 | 1,446 | 1,277 | 4,8 |
| *2* | 0,074 | 0,067 | 18,6 | 1,652 | 0,881 | 3,3 |
| *3* | 0,252 | 0,301 | 39,1 | 3,546 | 2,277 | 5,8 |
| *4* | 0,064 | 0,037 | 28,6 | 1,552 | 0,881 | 3,9 |
| *5* | 0,292 | 0,370 | 29,1 | 3,346 | 3,277 | 4,0 |
| *6* | 0,087 | 0,057 | 17,6 | 1,352 | 0,881 | 2,7 |
| *7* | 0,362 | 0,391 | 40,1 | 4,746 | 4,277 | 6,8 |
| *8* | 0,074 | 0,047 | 8,6 | 1,652 | 0,881 | 2,3 |
| *9* | 0,262 | 0,331 | 49,1 | 1,446 | 1,277 | 4,8 |
| *10* | 0,060 | 0,057 | 10,6 | 1,452 | 0,681 | 2,9 |
| *11* | 0,240 | 0,231 | 49,1 | 1,446 | 1,277 | 4,8 |
| *12* | 0,070 | 0,067 | 18,6 | 1,652 | 0,881 | 3,3 |
| *13* | 0,242 | 0,301 | 39,1 | 3,546 | 2,277 | 5,8 |
| *14* | 0,049 | 0,037 | 28,6 | 1,552 | 0,881 | 3,9 |
| *15* | 0,330 | 0,370 | 29,1 | 3,346 | 3,277 | 4,0 |
| *16* | 0,077 | 0,057 | 17,6 | 1,352 | 0,881 | 2,7 |
| *17* | 0,462 | 0,391 | 40,1 | 4,746 | 4,277 | 6,8 |
| *18* | 0,054 | 0,047 | 8,6 | 1,652 | 0,881 | 2,3 |
| *19* | 0,362 | 0,331 | 49,1 | 1,446 | 1,277 | 4,8 |
| *20* | 0,0454 | 0,057 | 10,6 | 1,452 | 0,681 | 2,9 |
| МТК-2 |
| *1* | 0,074 | 0,047 | 8,6 | 1,652 | 0,881 | 2,3 |
| *2* | 0,262 | 0,331 | 49,1 | 1,446 | 1,277 | 4,8 |

* 1. **Послідовність виконання роботи**

1. Проаналізувати початкові дані завдання, записати вирази спектральних щільностей корисного сигналу та випадкових похибок (шуму), частотної характеристики оптимального фільтра

2. Розробити програму для дослідження фільтрації шумів на зображенні оптимальним фільтром.

3. Вибрати приклад цифрового зображення об’єктів, для яких вимірюються геометричні параметри, та додати до нього випадкові викривлення з заданими параметрами (табл. 1).

4. Застосувати фільтрацію оптимальним фільтром до цифрового зображення.

5. Побудувати графіки спектральних щільностей сигналу та шуму, графік частотної характеристики оптимального фільтра.

6. Зробити висновки по роботі.