

УДК 531.7:004.932

Ю.О. Подчашинський, к.т.н, доц.
Житомирський державний технологічний університет

ПОХИБКИ ДВОВИМІРНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО МЕХАНІЧНІ ВЕЛИЧИНИ, ВІДНОВЛЕНОЇ ПІСЛЯ ФРАКТАЛЬНОГО СТИСНЕННЯ

Розглянуто фрактальне стиснення двовимірної вимірювальної інформації про механічні величини. Визначено похибки цієї інформації, що обумовлені застосуванням фрактального стиснення. Запропоновано методику оцінки викривлень двовимірної вимірювальної інформації про механічні величини.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими і практичними задачами. Одним із ефективних методів вимірювань механічних величин є формування та алгоритмічна обробка сигналів, які містять інформацію про об'єкт вимірювань. Ці сигнали можуть бути одновимірними або двовимірними. Найбільш інформативними є двовимірні сигнали, що містять інформацію про зміни механічних величин у просторі та в часі.

Відеозображення містять вимірювальну інформацію про геометричні характеристики, яскравість та колір об'єктів, що виготовляються в ході виробничих процесів або досліджуються в ході наукових експериментів. Для отримання цієї інформації необхідно сформувати відеозображення об'єктів за допомогою пристрою формування цифрових відеозображень, ввести ці відеозображення в обчислювальний пристрій та виконати їх цифрову обробку з метою визначення геометричних характеристик, яскравості та кольору об'єктів, що наявні на цих відеозображеннях [1]. Якщо є послідовність відеозображень, що відповідають певним моментам часу, то на основі цього можуть бути обчислені інші механічні величини (переміщення об'єктів, їх швидкість тощо).

Суттєвою особливістю відеозображень є дуже великий обсяг цифрових даних, що відповідають цим відеозображенням. Такий обсяг цифрових даних складно або зовсім неможливо передавати, обробляти та зберігати навіть за допомогою сучасних апаратних засобів. Тому необхідно виконувати стиснення відеозображень, що використовуються в автоматизованих вимірювальних системах як носії вимірювальної інформації [2]. При великих ступенях стиснення відеозображень викривлення вимірювальної інформації можуть бути досить значними. Тому актуальним є завдання оцінка викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення.

Аналіз досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми і на які спирається автор. Стиснення цифрових відеозображень з високим коефіцієнтом стиснення базується на методах, які передбачають втрату деякої частини інформації, що міститься у відеозображенні [1, 3]. Загальноприйнятим підходом до стиснення цифрових відеозображень є їх стиснення на основі кодування з перетворенням, наприклад на основі дискретного косинусного перетворення в методі JPEG або wavelet-перетворення в методі JPEG2000 [4, 5]. Однак результати багатьох досліджень вказують на переваги методів фрактального моделювання і стиснення відеозображень порівняно з вказаними методами [6, 7, 8]. Ці переваги доводяться на прикладі відеозображень, що призначені для візуального сприйняття людиною. Однак застосування стиснення відеозображень в автоматизованих вимірювальних системах потребує проведення додаткових досліджень та розробки алгоритмів стиснення, що враховують особливості цієї області обробки інформації.

Існує ряд методів фрактальної обробки і стиснення цифрових відеозображень [9, 10, 11], а також обробки вимірювальної і діагностичної інформації на таких відеозображеннях [12, 13, 14]. Однак більшість з них орієнтована на пошук і розпізнавання об'єктів, що мають певну форму або текстуру. Питання вимірювання механічних величин, похибок вимірювань та стиснення вимірювальної інформації висвітлено недостатньо.

Метою проведених досліджень є визначення та класифікація похибок двовимірної вимірювальної інформації про механічні величини, що обумовлені застосуванням фрактального стиснення до цієї інформації. Результати цих досліджень є основою для підвищення точності й швидкодії засобів вимірювань механічних величин, що базуються на двовимірній вимірювальній інформації (відеозображеннях).

Викладення основного матеріалу досліджень. Внесення суттєвих викривлень відеозображень в процесі стиснення призводить до некоректної роботи автоматизованої вимірювальної системи. Тому величина викривлень повинна бути обмежена максимальною похибкою відтворення вимірювальної інформації після стиснення.

У процесі проведених досліджень розроблено фрактальну модель і алгоритм стиснення цифрових кольорових відеозображень з вимірювальною відеоінформацією. Цей алгоритм пристосовано для стиснення і зберігання відеозображень, які характеризуються наявністю елементів з специфічними сутностями в сигналі, що є самоподібними при різних масштабних коефіцієнтах. Це є однією з умов ефективного застосування методів фрактального моделювання і стиснення відеоінформації. Прикладом таким відеозображень є поверхня виробів з природного каменю, що характеризується певною текстурою, або промислові вироби складної форми, які необхідно розпізнати, визначити їх орієнтацію в просторі та сортувати. Практична потреба в стисненні таких відеозображень виникає при розробці автоматизованої системи контролю якості промислових виробів з природного каменю та при створенні мультимедійних каталогів зі зразками виробів з природного каменю.

Стиснення цифрових кольорових відеозображень, що містять вимірювальну інформацію, виконують у такій послідовності:

1. Перед виконанням перетворення кольорового простору цифрового кольорового відеозображення визначають параметри фрактального кодування, які забезпечують задану точність передачі вимірювальної інформації для області її використання. Для цього виконують та досліджують процес фрактального кодування набору тестових цифрових кольорових відеозображень, що належать до класу відеозображень, який використовується як носій вимірювальної інформації для області її використання. Визначені таким чином параметри фрактального кодування далі використовують для стиснення потоку цифрових кольорових відеозображень в автоматизованій вимірювальній системі.

2. Перетворюють кольоровий простір цифрового кольорового відеозображення. Зазвичай таке перетворення включає перехід від кольорового простору RGB, в якому формують цифрові кольорові відеозображення більшість апаратних засобів формування цифрових відеозображень, до кольорового простору YCbCr. Цей кольоровий простір найбільш придатний для виконання процедури стиснення за рахунок окремого зберігання цифрових даних, що характеризують яскравість і колір дискретних точок цифрового кольорового відеозображення.

3. Виконують субдискретизацію цифрових даних для кожного з каналів цифрового кольорового відеозображення, який описує колір цього відеозображення. Субдискретизація інформації про колір полягає в збереженні тільки кожного другого або четвертого дискретного значення Cb і Cr . Субдискретизація забезпечує додаткове стиснення відеозображень.

4. Виконують фрактальне кодування цифрових даних для кожного з каналів цифрового кольорового відеозображення. Для цього використовують параметри фрактального кодування, визначені в п. 1. У ході фрактального кодування виконують розподіл цифрових даних для кожного з каналів кольорового цифрового відеозображення на рангові блоки, наприклад методом квадродерева.

5. Виконують статистичне кодування цифрових даних для кожного з каналів цифрового кольорового відеозображення. Це забезпечує додаткове стиснення цифрових кольорових відеозображень за рахунок видалення інформаційної надлишковості. Для статистичного кодування цифрових даних можуть бути використані, наприклад, код Хаффмана або арифметичне кодування.

Відновлення стиснутого відеозображення відбувається за подібною схемою, але в зворотному порядку.

В даному алгоритмі розподіл цифрових даних про яскравість і колір точок зображення виконується шляхом перетворення кольорової схеми RGB в схему YCrCb:

$$\begin{cases} Y &= 0,299R + 0,587G + 0,114B, \\ Cb &= -0,169R - 0,331G + 0,500B + 128, \\ Cr &= 0,500R - 0,419G - 0,081B + 128, \end{cases}$$

де R , G , B – червона, зелена і синя складові частини даних про дискретну точку відеозображення; Cr , Cb – дані про колір точки, відокремленої від даних про її яскравість Y .

Зворотне перетворення виконується відповідно до формул:

$$\begin{cases} R = Y + 1,402(Cr - 128), \\ G = Y - 0,344(Cb - 128) - 0,714(Cr - 128), \\ B = Y + 1,772(Cb - 128). \end{cases}$$

Перетворення кольорового простору має зворотне перетворення, яке дозволяє відновити початкові цифрові дані відеозображення. В результаті можна вважати, що це не призводить до виникнення похибок вимірювальної інформації, крім похибки виконання обчислень.

Кольорову субдискретизацію застосовувати не завжди доцільно, оскільки вона суттєво погіршує роздільну здатність відеозображення та точність вимірювань. Якщо для передачі вимірювальної інформації необхідні цифрові дані про колір об'єктів, то потрібно обробляти та стискати три канали кольорового відеозображення, кожен окремо і без субдискретизації.

Розглянемо базовий алгоритм фрактального кодування кожного з каналів відеозображення:

1. Виконується розподіл кожного каналу початкового кольорового відеозображення на рангові блоки, що не перекриваються.

2. Відеозображення покривається множиною доменних блоків, які можуть перекриватися.

3. Для кожного рангового блока ведеться пошук деякого доменного блока та відповідного афінного стискаючого перетворення, що відображає цей доменний блок у ранговий. Результатом виконання цього кроку є коефіцієнти афінного перетворення (кут повороту як правило з кроком 90° , коефіцієнт масштабування геометричних розмірів блока, коефіцієнти перетворення яскравості й контрасту для амплітуди відеосигналу в межах блока).

При фрактальному кодуванні цифрового кольорового відеозображення виконується розподіл цифрових даних для кожного з каналів кольорового цифрового відеозображення на рангові блоки, наприклад методом квадродерсева. У цьому випадку забезпечується змінний розмір рангових блоків, який адаптується до локальних особливостей цифрового кольорового відеозображення. Якщо на деякій ділянці цифрового кольорового відеозображення присутній контур об'єкта, то виконується розподіл цієї ділянки на більш дрібні рангові блоки. Це забезпечує при стисненні більш точну передачу координат контура об'єкта як складової частини вимірювальної інформації. Також, якщо деяка ділянка цифрового кольорового відеозображення є однорідною областю без наявності контурів об'єктів, то розмір рангових блоків на цій ділянці збільшується. В результаті значно зменшується загальна кількість рангових блоків, що забезпечує підвищення ступеня стиснення цифрового кольорового відеозображення.

Як відомо [5], в ході фрактального кодування ведеться пошук стискаючого перетворення, яке виконується для кожного рангового блока і відображає один із доменних блоків у цей ранговий блок. У ході такого пошуку знаходяться подібні області цифрового кольорового відеозображення. Це, в свою чергу, дозволяє зменшити обсяг цифрових даних, необхідних для зберігання даного відеозображення і підвищити ступінь його стиснення.

Важливою особливістю цього пошуку є те, що для реальних відеозображень відповідність блоків не може бути абсолютно точною. Абсолютна відповідність може мати місце лише для штучних зображень, сформованих на основі фрактальної геометрії (фрактальні візерунки, фігури та криві). Тому відповідність доменних і рангових блоків для реальних відеозображень визначається з деякою похибкою, яка повинна бути меншою заздалегідь визначеного порогу. В результаті цей крок фрактального кодування є основним джерелом похибок вимірювальної інформації, що містить на стиснутих відеозображеннях.

Відомі різні підходи до визначення ступеня відповідності доменних та рангових блоків і алгоритму пошуку коефіцієнтів афінних перетворень. Основним протиріччям при цьому є те, що дана операція потребує виконання великої кількості обчислювальних операцій і тривалого часу виконання. Але для можливості практичної реалізації методу стиснення цю кількість операцій скорочують різними методами, що призводить до виникнення похибок на відновленому відеозображенні, в тому числі й похибок вимірювальної інформації.

Відомі критерії порівняння доменних і рангових блоків орієнтовані на забезпечення найбільш точної передачі амплітуди відеосигналу. Але для геометричних вимірювань доцільно використовувати дещо інші критерії. Наприклад це може бути оцінка ступеня відповідності контурів об'єкта вимірювань або множини точок, що належать цьому об'єкту.

Стиснення результатів фрактального кодування на основі ентропійних методів взагалі не повинно призводити до виникнення похибок, оскільки ці методи є методами стиснення без втрат інформації. Але для фрактального стиснення тут виникає специфічна похибка. Вона

пов'язана з тим, що результати фрактального кодування (коефіцієнти масштабування геометричних розмірів блоків та амплітуди відеосигналу в прямому стискаючому відображенні доменних блоків у рангові) є дійсними числами у форматі з плаваючою комою, а для ентропійного стиснення вони зазвичай перетворюються в цілі числа за певними правилами.

В результаті, особливості фрактальних методів стиснення відеозображень, що містять вимірювальну інформацію про механічні величини, полягають в тому, що пошук доменного блока, що відповідає певному ранговому блоку, виконується таким чином:

1. Шукається не абсолютно точна відповідність цих блоків, а відповідність з точністю до певного заздалегідь визначеного порогу, оскільки для реальних відеозображень точну відповідність знайти неможливо.

2. Для скорочення часу стиснення пошук найкращого варіанту відповідності блоків ведеться не серед усіх доменних блоків, а до першого зустріненого доменного блока, що має відмінність від рангового блока в межах заданої похибки.

3. Процедура відновлення стиснутих відеозображень має ітераційний характер, тобто точність відновлення обмежена допустимою кількістю ітерацій з огляду на час відновлення відеозображень.

Вказані особливості фрактального стиснення проявляються у вигляді похибок вимірювань механічних величин на відеозображеннях, відновлених після стиснення.

Таким чином, на відеозображеннях, відновлених після фрактального стиснення, мають місце такі похибки вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів вимірювань:

- трансформована похибка;
- похибка апроксимації рангових блоків доменними блоками (похибка відповідності цих блоків);
- похибка зберігання коефіцієнтів стискаючого перетворення, що відображає доменні блоки в рангові;
- похибка ітераційної процедури відновлення стиснутого відеозображення;
- похибка виконання обчислювальних процедур.

Загальна похибка вимірювань геометричних характеристик об'єктів на відеозображеннях, відновлених після фрактального стиснення, визначається сумою цих похибок.

Важливою особливістю фрактального стиснення є ітераційний характер процедури відновлення відеозображення. Він полягає в тому, що для отримання відновленого відеозображення необхідно мати коефіцієнти фрактального кодування та виконати зворотнє фрактальне перетворення з цими коефіцієнтами певне число разів, яке задається заздалегідь. При цьому як початкові умови може використовуватися будь-яке відеозображення того ж розміру, що і стиснуте. Це є фундаментальною властивістю методів фрактального кодування і перетворення відеозображень [8, 9, 15, 16].

Зауважимо, що трансформована похибка при цьому все одно не зникає. Вона проявляється при визначенні відповідності між доменними та ранговими блоками. Якщо критерієм відповідності є амплітудні розбіжності відеосигналу, то суттєві значення мають похибки амплітуди відеосигналу на стиснутому відеозображенні, а не похибки розташування контурів об'єкта вимірювань. Якщо критерієм відповідності є оцінка ступеня відповідності контурів об'єкта вимірювань або множини точок, що належать цьому об'єкту, то суттєві значення мають похибки розташування контурів об'єкта на стиснутому відеозображенні.

Таким чином, при розрахунках точності вимірювань можна вважати, що трансформована похибка по суті входить до похибки апроксимації рангових блоків доменними блоками.

Крім того, трансформована похибка в фрактальному методі стиснення не зростає при збільшенні кількості обчислювальних операцій, як це зазвичай має місце для інших методів стиснення і обчислювальних процедур взагалі. В даному випадку обчислення (збільшення кількості ітерацій) спрямовані на забезпечення більш точного відновлення відеозображення, більш точної апроксимації рангових блоків доменними блоками, і в результаті – зменшення похибки апроксимації, в яку в неявному вигляді входить трансформована похибка.

Таким чином, в фрактальному методі стиснення вплив трансформованої похибки на точність вимірювань механічних величин суттєво менший, ніж в інших методах стиснення відеозображень. Цим обумовлено переваги використання фрактального методу стиснення для відеозображень, що містять вимірювальну інформацію про механічні величини.

Кількість ітерацій повинна вибиратися як компроміс між необхідністю підвищення точності відновлення (потрібно більше ітерацій) і ростом обчислювальних затрат і часу відновлення (потрібно менше ітерацій).

Для відеозображень, що містять вимірювальну інформацію, важливим є те, що збільшення кількості ітерацій призводить до зменшення похибки ітераційної процедури відновлення, але викликає збільшення похибки виконання обчислень. На величину трансформованої похибки кількість ітерацій не впливає, як це було показано вище.

Похибка виконання обчислювальних процедур визначається форматом та розрядністю чисел, що використовуються в процесі стиснення і може бути мінімізована за рахунок вибору формату чисел з плаваючою комою та подвійною точністю, що цілком реально в сучасних апаратних засобах (цифрова ЕОМ або мікроконтролер).

Розглянемо способи оцінки похибок відтворення вимірювальної інформації, які є результатом стиснення відеозображень. Виникнення суттєвих викривлень цифрових відеозображень у процесі стиснення призводить до некоректної роботи автоматизованої вимірювальної системи. Тому величина викривлень повинна бути обмежена максимальною допустимою похибкою відтворення вимірювальної інформації після стиснення. Критерії оцінки похибок повинні враховувати особливості вимірювальної інформації, що міститься на відеозображенні.

Універсальним кількісним критерієм оцінки абсолютних значень похибок на цифрових відеозображеннях є використання середньоквадратичної похибки [1, 5]. Для напівтонового відеозображення, що містить градації сірого кольору, обчислення виконують за формулою:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (A_{ij} - A_{ij}^*)^2}, \quad (1)$$

де N – кількість рядків дискретних точок на відеозображенні, відновленому після стиснення; M – кількість стовпців дискретних точок на відеозображенні, відновленому після стиснення; A_{ij} – дискретні значення амплітуди відеосигналу на відеозображенні до його стиснення; A_{ij}^* – дискретні значення амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Для кольорового відеозображення формула (1) набуває вигляду:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{r=1}^C \alpha_r (A_{ijr} - A_{ijr}^*)^2}, \quad (2)$$

де C – кількість каналів кольорового відеозображення (у відповідності з кольоровою схемою, що використовується для цього відеозображення); α_r – ваговий коефіцієнт, що враховує роль кожного каналу кольорового відеозображення у передачі вимірювальної інформації, $\sum_{r=1}^C \alpha_r = 1$, у найпростішому випадку $C = 3$, $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1/3$; A_{ijr} – дискретні значення амплітуди відеосигналу для кожного з каналів кольорового відеозображення до його стиснення; A_{ijr}^* – дискретні значення амплітуди відеосигналу для кожного з каналів кольорового відеозображення, відновленого після стиснення.

Відносне значення похибок може бути оцінене на основі співвідношення сигнал/шум за напругою відеосигналу:

$$\psi_{PSNR} = 20 \lg \left(\frac{A_{\max}}{\sigma_A} \right), \quad (3)$$

де A_{\max} – максимальне значення амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення, зазвичай $A_{\max} = 255$ при 8-бітовому кодуванні амплітуди.

Результат розрахунку пікового співвідношення сигнал/шум використовується як загальна оцінка викривлень всієї вимірювальної інформації на відеозображенні, відновленому після стиснення, тобто викривлень вимірювальної інформації про яскравість, колір та геометричні характеристики об'єктів. Оцінка викривлень вимірювальної інформації на основі пікового співвідношення сигнал/шум враховує викривлення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення. При цьому похибка відтворення кожного дискретного значення амплітуди відеосигналу розглядається незалежно від похибок відтворення

сусідніх дискретних значень. Такий підхід дозволяє з високою точністю оцінити викривлення вимірювальної інформації про яскравість та колір об'єктів, що наявні на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Однак при оцінці викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів необхідно також враховувати викривлення форми перепадів амплітуди відеосигналу, що відповідають контурам об'єктів. Оскільки вказані викривлення не враховуються, то оцінка викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів має низьку точність. Окрім того, кількісну оцінку викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів доцільніше виражати в одиницях довжини шляхом відповідного перерахунку.

Тому пропонується спосіб оцінки викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення [17]. Згідно з цим способом:

1. Обчислюють за формулами (1) або (2) середньоквадратичне значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні після стиснення.

2. Виконують за формулою (3) розрахунок пікового співвідношення сигнал/шум для відеозображення, відновленого після стиснення. Це співвідношення використовують як оцінку викривлень вимірювальної інформації про яскравість об'єктів (для напівтонового відеозображення) або як оцінку викривлень вимірювальної інформації про колір об'єктів (для кольорового відеозображення).

3. Виконують пошук перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення. Пошук виконують шляхом аналізу змін амплітуди відеосигналу в рядках або стовпцях цього відеозображення. Для кольорових відеозображень, відновлених після стиснення, цей пошук виконують з урахуванням наявності декількох каналів у цих відеозображеннях.

4. Визначають середнє значення висоти H перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, та середнє значення довжини проєкції L цих перепадів на задану координатну вісь у площині цього відеозображення шляхом лінійної апроксимації (рис. 1). Такі перепади є межею між фоном з амплітудою відеосигналу A_{ϕ} та об'єктами з амплітудою відеосигналу $A_{об}$.

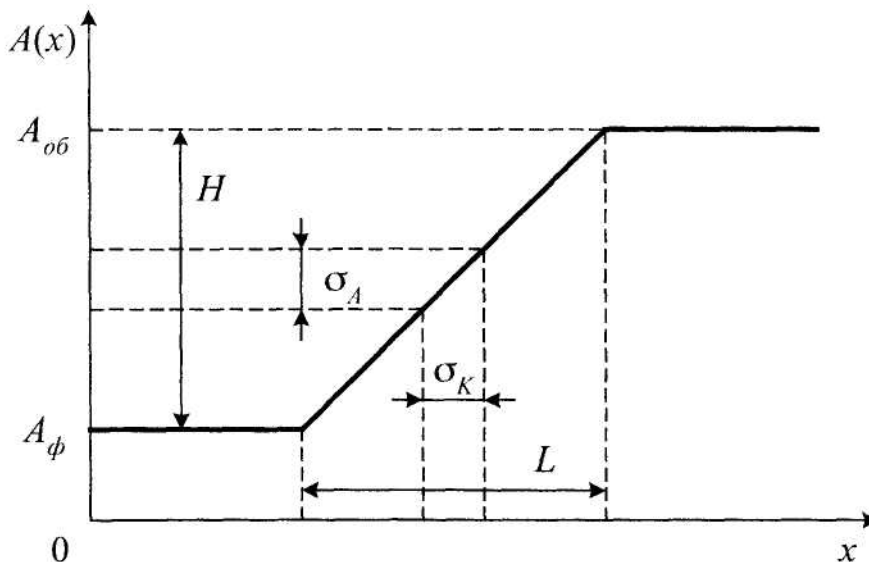


Рис. 1. Перепад амплітуди відеосигналу на відеозображенні

5. Здійснюють розрахунок середньоквадратичного значення σ_K похибки визначення координат контурів об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення.

З графіка на рис. 1 можна зробити висновок, що відношення середнього значення висоти перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, до середнього значення довжини проєкцій цих перепадів на

задану координатну вісь в площині цього відеозображення дорівнює відношенню середньоквадратичного значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на цьому відеозображенні до середньоквадратичного значення похибки визначення координат контурів об'єктів на цьому відеозображенні.

Таким чином, середньоквадратичне значення σ_K похибки визначення координат контурів об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, може бути обчислене за формулою:

$$\sigma_K = \sigma_A \cdot L / H,$$

де σ_A – середньоквадратичне значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Середньоквадратичне значення похибки визначення координат контурів об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, використовують для оцінки викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики цих об'єктів.

Роботу алгоритму фрактального стиснення відеозображень було експериментально перевірено на наборах відеозображень поверхні природного каменю (табл. 1). У ході досліджень використовувалися кольорові відеозображення розміром 512x512 дискретних точок, глибиною кольору 24 біти, представлені в стандартній колориметричній системі RGB.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень розробленого алгоритму
фрактального стиснення відеозображень

Номер досліджу	Стиснення, разів	σ_A , дискретних рівнів	ψ_{PSNR} , дБ	σ_K , дискретних точок
1	129,6	9,7	28,4	0,33
2	81,7	6,7	31,6	0,22
3	60,2	5,7	33,1	0,19
4	52,4	5,1	34,0	0,17
5	42,2	4,5	35,1	0,15

Висновки:

В статті розглянуто особливості застосування методів фрактального стиснення до двовимірної вимірювальної інформації, що представлена в формі цифрових відеозображень. Можливість і ефективність застосування цих методів впливає з наявності фрактальних властивостей у об'єктів, що містяться на відеозображеннях. Запропоновано варіант реалізації фрактального стиснення для цифрових кольорових відеозображень, що містять вимірювальну інформацію про механічні величини. Проведено визначення та класифікацію похибок, що обумовлені застосуванням фрактального стиснення до цієї інформації.

Результати досліджень свідчать про можливість використання фрактальних моделей двовимірних сигналів в алгоритмах стиснення відеозображень, що містять вимірювальну інформацію. Розроблений алгоритм фрактального стиснення забезпечує ступінь стиснення відеозображень приблизно в 1,8 раза кращу, ніж метод стиснення JPEG за умови приблизно однакової точності відновлення відеозображень.

Отримані результати є основою для підвищення точності й швидкодії засобів вимірювань механічних величин, що базуються на двовимірній вимірювальній інформації (відеозображеннях). Ці результати можуть бути застосовані при розробці автоматизованих систем контролю і управління, які використовують алгоритмічні методи обробки відеозображень і вимірювальної інформації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 792 с.
2. Журавковский Ю.П. Передача информации в ГАП. – К.: Вища школа, 1991. – 216 с.
3. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений. – М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.
4. Wallace G.K. The JPEG Still Picture Compression Standard // Communication of the ACM, 1991. – Vol. 34. – № 4. – P. 31–44.

5. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. – М.: Триумф, 2003. – 320 с.
6. Шульгин В.И. Основы теории передачи информации. – Часть 1. – Экономное кодирование: Учебное пособие. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет “Харьковский авиационный институт”, 2003.
7. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: Диалог-МИФИ, 2002. – 384 с.
8. Fisher Y. (editor). Fractal Image Compression: Theory and Application. – New York: Springer-Verlag, 1995.
9. Fractal Image Encoding and Analysis / Edited by Y. Fisher. – Berlin: Springer-Verlag, 1998. – 368 p.
10. Артюшенко В.М. Цифровое сжатие видеoinформации и звука. – М.: Дашков и К, 2004. – 426 с.
11. Топорков А. Fractal Image File – новые горизонты сжатия изображений // Chip. – 2001. – № 7. – С. 121–123.
12. Грушенко М.В., Пащенко Р.Э., Шаповалов А.В. Мониторинг морской поверхности с использованием метода “К-дерева” поля фрактальных размерностей // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 1/2 (19). – С. 100–104.
13. Потапов А.А. Фракталы в дистанционном зондировании // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 2000. – № 6. – С. 3–65.
14. Марков Е.П. Фрактальная модель космических оптико-электронных изображений // Исследование Земли из космоса. – 1996. – № 1. – С. 56–61.
15. Кропфер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
16. Бердышев В.И., Петрак Л.В. Аппроксимация функций, сжатие численной информации, приложения. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 297 с.
17. Спосіб оцінки викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення: Патент України на винахід 78419 С2 МПК (2006) G01В 7/00 / Ю.О. Подчашинський (Україна); Державний департамент інтелектуальної власності. – № а2005 06848; Заявл. 11.07.05; Опубл. 15.03.07. Бюл. № 3. – 5 с.

ПОДЧАШИНСЬКИЙ Юрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання механічних величин;
- цифрова обробка відеозображень.

Подано 23.01.2008