



УКРАЇНА

(19) UA (11) 78419 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
G01B 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ВИКРИВЛЕНЬ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯХ, ВІДНОВЛЕНИХ ПІСЛЯ СТИСНЕННЯ

1

2

(21) а200506848

(22) 11.07.2005

(24) 15.03.2007

(46) 15.03.2007, Бюл. № 3, 2007 р.

(72) Подчашинський Юрій Олександрович

(73) ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - 792 с.

Жураковский Ю.П. Передача информации в ГАП. - К.: Вища школа, 1991. - 216 с.

Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. - М.: Триумф, 2003. С. 20 - 21, 90 - 93.

Мюррей Д., Ван Райпер У. Энциклопедия форматов графических файлов: Пер. с англ. - К.: ВНУ, 1997. - 672 с.

Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1999. - 576 с.

UA 71412A, 15.11.2004

(57) Спосіб оцінки викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення, що включає обчислення середньоквадратичного значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення, після чого виконують розрахунок пікового співвідношення сигнал/шум для цього відеозображення, який від-

різняється тим, що далі виконують пошук перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на цьому відеозображенні, потім визначають середнє значення висоти цих перепадів та середнє значення довжини проєкцій цих перепадів на задану координатну вісь в площині цього відеозображення шляхом лінійної апроксимації, після чого здійснюють розрахунок середньоквадратичного значення  $\sigma_K$  похибки визначення координат контурів об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, за формулою:

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

де:

$\sigma_A$  - середньоквадратичне значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення,

L - середнє значення довжини проєкцій перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, на задану координатну вісь в площині цього відеозображення,

H - середнє значення висоти перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Винахід належить до галузі вимірювальної техніки та цифрової обробки відеозображень і може бути використаний при передачі та зберіганні цифрових відеозображень, що містять вимірювальну інформацію, в автоматизованих вимірювальних системах.

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].

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 носій вимірювальної інформації [2].

Більшість способів стиснення відеозображень

(13) C2

(11) 78419

(19) UA

забезпечують значне стиснення цих відеозображень. Але при цьому дискретні значення амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення, містять деякі викривлення у порівнянні з нестиснутим відеозображенням. Якщо відеозображення використовуються як носій вимірювальної інформації, то вказані викривлення призводять до викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики, яскравість та колір об'єктів. Ці викривлення можуть бути кількісно оцінені похибкою відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення.

В процесі стиснення відеозображень виключаються цифрові дані про верхні частоти в спектрі відеозображення [3, с.20-22]. Ці дані значною мірою визначають форму перепадів амплітуди відеосигналу, що відповідають контурам об'єктів на даному відеозображенні, а по контурах об'єктів в подальшому визначаються геометричні характеристики цих об'єктів. Тому стиснення відеозображень призводить до викривлень форми перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів, що наявні на цьому відеозображенні. Це, в свою чергу, призводить до додаткових викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики цих об'єктів.

При великих степенях стиснення відеозображень викривлення вимірювальної інформації можуть бути досить значними. Тому актуальною задачею є оцінка викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення.

Найбільш близьким за сукупністю суттєвих ознак до способу винаходу є спосіб оцінки викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення, що базується на обчисленні пікового співвідношення сигнал/шум [3, с.91-93]. Цей спосіб обраний за прототип.

Як і спосіб винахід, спосіб-прототип включає обчислення середньоквадратичного значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення, після чого виконують розрахунок пікового співвідношення сигнал/шум для цього відеозображення.

Проте, на відміну від способу винаходу, у способі-прототипі 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 в способі-прототипі 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. Такий перерахунок також відсутній в способі-прототипі.

Таким чином, суттєвим недоліком способу-прототипу є низька точність оцінки викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів, що наявні на відеозображенні, відновленому після стиснення.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу оцінки викривлень вимірювальної інформації на відеозображеннях, відновлених після стиснення, щоб забезпечити підвищення точності оцінки викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів, що наявні на відеозображеннях, відновлених після стиснення.

Поставлена задача вирішується шляхом того, що виконують пошук перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на цьому відеозображенні, потім визначають середнє значення висоти цих перепадів та середнє значення довжини проєкцій цих перепадів на задану координатну вісь в площині цього відеозображення шляхом лінійної апроксимації, після чого здійснюють розрахунок середньоквадратичного значення  $\sigma_K$  похибки визначення координат контурів об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, за формулою:

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

де  $\sigma_A$  - середньоквадратичне значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення,

L - середнє значення довжини проєкцій перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, на задану координатну вісь в площині цього відеозображення,

H - середнє значення висоти перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Підвищення точності оцінки викривлень вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів забезпечується за рахунок того, що при обчисленні такої оцінки враховуються як похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення, так і викривлення форми перепадів амплітуди відеосигналу, що відповідають контурам об'єктів на цьому відеозображенні. Крім того, ця оцінка кількісно виражена в одиницях довжини, що є більш прийнятним.

Таким чином, спосіб винахід забезпечує підвищення точності оцінки викривлень вимірюваль-

ної інформації про геометричні характеристики об'єктів, що наявні на відеозображеннях, відновлених після стиснення.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. Перелік креслень:

Фіг.1 - визначення середнього значення висоти перепадів амплітуди відеосигналу, що відповідають контурам об'єктів, та середнього значення довжини проєкцій цих перепадів на задану координатну вісь в площині відеозображення, відновленого після стиснення;

Фіг.2 - структурна схема пристрою, що реалізує спосіб-винахід.

Спосіб-винахід виконують в такій послідовності:

1. Обчислюють середньоквадратичне значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Для напівтонового відеозображення, що містить градації сірого кольору, обчислення виконують за формулою [3, с.92]:

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

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 [1, с.187-189]:

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

де C - кількість каналів кольорового відеозображення (у відповідності з кольоровою схемою, що використовується для цього відеозображення);

$\alpha_r$  - ваговий коефіцієнт, що враховує роль кожного каналу кольорового с відеозображення у передачі вимірювальної інформації,  $\sum_{r=1}^C \alpha_r = 1$ , у най-

простішому 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.

2. Виконують розрахунок пікового співвідношення сигнал/шум для відеозображення, відновленого після стиснення, за формулою [3, с.92]:

$$\Psi_{PSNR} = 20 \lg \left( \frac{A_{\max}}{\sigma_A} \right)$$

де  $A_{\max}$  - максимальне значення амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Пікове співвідношення сигнал/шум використовують як оцінку викривлень вимірювальної інформації про яскравість об'єктів (для напівтонового відеозображення, відновленого після стиснення) або як оцінку викривлень вимірювальної інформації про колір об'єктів (для кольорового відеозображення, відновленого після стиснення).

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 перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, та середнє значення довжини проєкцій цих перепадів на задану координатну вісь в площині цього відеозображення шляхом лінійної апроксимації (Фіг.1). Такі перепади є межею між фоном з амплітудою відеосигналу  $A_{\phi}$  та об'єктами з амплітудою відеосигналу  $A_{\phi\phi}$ .

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

З графіка на Фіг.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  $\sigma^A$  похибки визначення координат контурів об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, може бути обчислене за формулою:

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

де  $\sigma_A$  - середньоквадратичне значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення,

L - середнє значення довжини проєкцій перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення, на задану координатну вісь в площині цього відеозображення,

H - середнє значення висоти перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на відеозображенні, відновленому після сти-

снення.

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.

На Фіг.2 зображено пристрій, що реалізує запропонований спосіб-винахід.

Цей пристрій містить: об'єкт 1, що досліджується, пристрій 2 формування цифрових відеозображень, електронну обчислювальну машину (ЕОМ) 3, до складу якої входять інтерфейс 4 передачі цифрових даних, пам'ять 5, центральний процесор 6 та монітор 7.

Пристрій, що реалізує спосіб-винахід, працює таким чином.

Об'єкт 1, що досліджується, розміщений в полі зору оптичної системи пристрою 2 формування цифрових відеозображень. В результаті формується нестиснуте відеозображення поверхні об'єкта 1, що досліджується, яке містить вимірювальну інформацію про колір та геометричні характеристики цього об'єкта.

Далі це відеозображення по інтерфейсу 4 передачі цифрових даних вводиться в пам'ять 5 ЕОМ 3. За допомогою центрального процесора 6 в ЕОМ 3 виконується стиснення відеозображення об'єкта 1, що досліджується, за допомогою одного з відомих способів стиснення відеозображень. Початкове нестиснуте відеозображення та відеозображення, відновлене після стиснення, відображаються на моніторі 7.

Для визначення викривлень вимірювальної інформації за допомогою центрального процесора 6 виконуються такі дії:

- обчислення середньоквадратичного значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення;
- розрахунок пікового співвідношення сигнал/шум для цього відеозображення;
- пошук перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на цьому відеозображенні;
- визначення середнього значення висоти перепадів амплітуди відеосигналу, які відповідають контурам об'єктів на цьому відеозображенні, та середнього значення довжини проєкцій цих перепадів на задану координатну вісь в площині цього відеозображення шляхом лінійної апроксимації;
- розрахунок середньоквадратичного значення похибки визначення координат контурів об'єктів на відеозображенні, відновленому після стиснення.

Результати всіх вказаних дій також відображаються на моніторі 7.

За допомогою пристрою, що реалізує запропонований спосіб-винахід, було проведено ряд досліджень.

В даному випадку об'єктом 1, що досліджується, був зразок природного лицювального каменю. Зовнішній вигляд і якість поверхні такого зразка визначають декоративні та естетичні властивості природного лицювального каменю. Для кількісної оцінки якості поверхні таких зразків необхідно визначити геометричні характеристики і колір струк-

турних елементів поверхні зразка, що утворюють текстуру природного походження [4].

В якості пристрою 2 формування цифрових відеозображень використовувався цифровий фотоапарат Nikon Cool Pix 880, а в якості ЕОМ 3 - персональний комп'ютер Pentium 4 - 1,7ГГц. На виході пристрою 2 формування цифрових відеозображень отримували нестиснуті відеозображення з такими характеристиками: розмір 2048×1536 дискретних точок, глибина кольору 24 біти на дискретну точку. За допомогою центрального процесора 6 в ЕОМ 3 виконували стиснення відеозображення об'єкта 1, що досліджується, за допомогою способу стиснення JPEG на основі дискретного косинусного перетворення [5, с.123-126]. Степінь стиснення змінювали шляхом зміни параметрів даного способу стиснення.

В таблиці наведено кількісну оцінку викривлень вимірювальної інформації на відеозображенні, відновленому після стиснення. Середньоквадратичне значення похибки відтворення дискретних значень амплітуди відеосигналу на відеозображенні, відновленому після стиснення, виражено в рівнях квантування амплітуди цього відеосигналу, що є загальноприйнятим для цифрових відеозображень. Похибку визначення координат контурів об'єктів виражено через величину відстані між центрами сусідніх дискретних точок, що також є загальноприйнятим для цифрових відеозображень (див. табл.).

Для оцінки отриманих результатів слід відзначити, що максимальне значення складової частини похибки визначення координат контурів об'єктів, обумовленої дискретним характером відеозображення, дорівнює половині відстані між центрами сусідніх дискретних точок. Ця складова частина похибки має рівномірний розподіл, а її середньоквадратичне значення дорівнює  $\sigma_d = \frac{0,5}{\sqrt{3}} \approx 0,29$  від вказаної відстані [6].

Таблиця

Номер досліджу	Стиснення, разів	$\sigma_d$	$\Psi_{PSNR}$ , дБ	$\sigma_k$
1	146	20,9	21,7	0,70
2	72	10,7	27,6	0,36
3	45	7,9	30,2	0,26
4	34	6,8	31,6	0,23
5	28	6,1	32,4	0,20
6	24	5,1	33,1	0,19
7	21	5,3	33,7	0,18
8	18	4,9	34,4	0,16
9	14	4,4	35,3	0,15
10	9,8	3,8	36,7	0,13
11	3,3	2,3	41,0	0,08

Спосіб-винахід може бути використаний для вирішення наступної задачі. Наприклад, потрібно визначити максимально можливе стиснення відеозображення, що містить вимірювальну інформацію, за умови, щоб викривлення цієї інформації, що виникли внаслідок такого стиснення, не перевищували похибку, обумовлену дискретним харак-

тером відеозображення ( $\sigma_k \leq \sigma_d$ ). На основі результатів, наведених в таблиці, бачимо, що максимально можливе стиснення цього відеозображення дорівнює 45 разів.

Таким чином, доведена можливість практичної реалізації запропонованого способу винаходу, а також його придатність для вирішення інженерно-технічних задач в процесі проектування автоматизованих вимірювальних систем.

#### Література

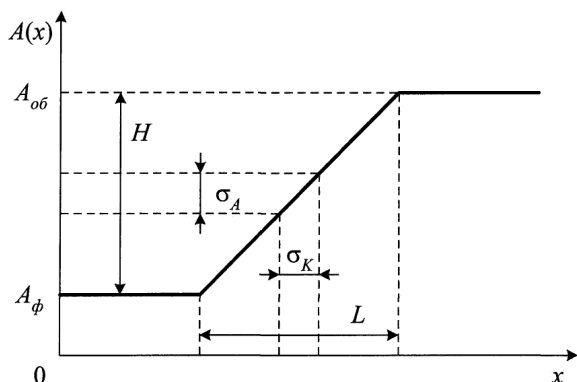
1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - 792с.
2. Жураковский Ю.П. Передача информации в ГАП. - К.: Вища школа, 1991. - 216с.

3. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для скатия изображений в действии. - М.: Триумф, 2003. - 320с.

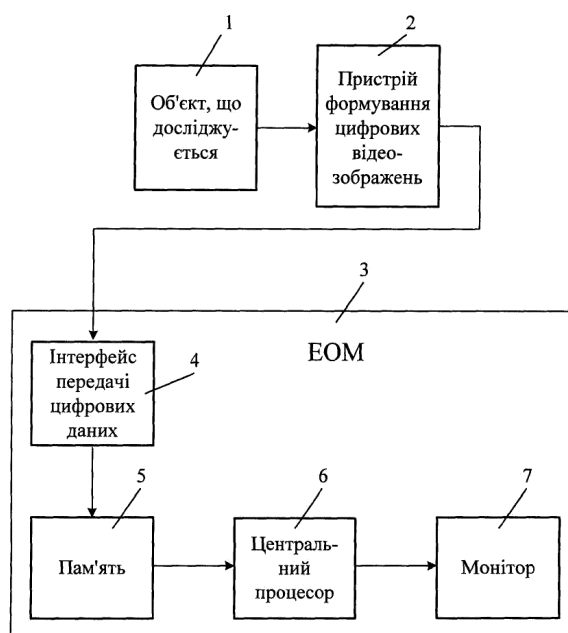
4. Патент України на винахід №71412А, G01В7/00. Спосіб контролю зовнішнього вигляду поверхні виробів з лицювального каменю / Є.С. Купкін, Ю.О. Подчашинський. - №20031212802; Заявл. 29.12.2003; Опубл. 15.11.2004, Бюл. №11.

5. Мюррей Д., Ван Райпер У. Энциклопедия форматов графических файлов: Пер. с англ. - К.: BHV, 1997. - 672с.

6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1999. - 576с.



Фиг. 1



Фиг. 2