



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 79127

(13) C2

(51) МПК (2006)

G06K 9/00

G06T 5/20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

### ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИПРАВЛЕННЯ ЦИФРОВИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ, СПОТВОРЕНИХ ВЗДОВЖ СТОВПЧИКІВ

1

(21) а200500948

(22) 02.02.2005

(24) 25.05.2007

(46) 25.05.2007, Бюл. №7, 2007р.

(72) Попов Михайло Олексійович, Станкевич Сергій Арсенійович, Бушуєв Євген Іванович

(73) ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК НАН УКРАЇНИ

(56) US 5681112 A, 28.10.1997

US 6625329 B1, 23.09.2003

US 6847737 B1, 25.01.2005

RU 2005113314 A, 03.05.2005

RU 2001132755, 20.08.2003

JP 51117537, 15.10.1976

US 20010051860 A1, 13.12.2001

JP 54094236, 25.07.1979

RU 2090011 C1, 10.09.1997

(57) 1. Спосіб виправлення цифрових аерокосмічних зображень, спотворених вздовж стовпчиків, за яким обчислюють дискретний Фур'є-образ спотвореного зображення, оцінюють просторово-частотний оператор спотворення, далі обчислюють обернений до просторово-частотного оператора спотворення виправляючий просторово-частотний оператор, який застосовують до дискретного Фур'є-образу спотвореного цифрового аерокосмічного зображення, та виконують виправлення цифрового аерокосмічного зображення шляхом зворотного дискретного перетворення Фур'є (ДФФ) виправленого дискретного Фур'є-образу, який відрізняється тим, що після обчис-

2

лення дискретного Фур'є-образу спотвореного зображення визначають одновимірні оптичні передавальні функції (ОПФ) спотвореного цифрового аерокосмічного зображення окремо вздовж рядків та стовпчиків зображення, після чого оцінку виправляючого просторово-частотного оператора обчислюють як відношення цих ОПФ, причому в знаменнику ставлять ОПФ вздовж стовпчиків, та цей виправляючий оператор застосовують до кожного стовпчика, отримане таким чином комплексне зображення кожного стовпчика приводять до дійсної форми і далі з них складають виправлене цифрове аерокосмічне зображення.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що для визначення одновимірних ОПФ вздовж кожного стовпчика та кожного рядка цифрового зображення визначають розподіл імовірності виділення примежових кривих, кожен з них порівнюють із заданим порогом імовірності, з тих примежових кривих, що задовольняють його, формують дві множини примежових кривих, над якими далі виконують операції усереднення та дискретного диференціювання окремо для кожної множини, одновимірні ж ОПФ визначають як результат ДПФ відповідних дискретних похідних.

3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що операції з виправлення цифрового зображення виконують послідовно для кожного окремого його фрагмента, який містить кількість рядків, рівну кількості відліків примежової кривої вздовж стовпчика, далі з виправлених фрагментів складають виправлене цифрове аерокосмічне зображення.

Винахід відноситься до галузі попередньої обробки зображень, що отримуються системами дистанційного зондування Землі.

Іконічні системи дистанційного зондування завжди формують цифрові аерокосмічні зображення з певними похибками та спотвореннями, що обумовлюються варіаціями освітленості, впливом атмосфери, абераціями оптики, неідеальністю приймальних пристроїв, шумами електронних тра-

ктів, тощо [Бузников А.А. Оптико-электронные системы для дистанционного зондирования природной среды,- Л.: ЛЭТИ, 1990]. Але існує ряд специфічних для цифрових аерокосмічних зображень анізотропних спотворень, які не є однакови-ми вздовж будь-якого напрямку в межах зображення. Прикладом таких спотворень може служити подовжній зсув зображення внаслідок руху носія з апаратурою формування зображень, спотворення

C2

(13)

79127

(11)

UA

(19)

рядків зображення внаслідок оптико-механічного сканування поперек напрямку польоту та ін.

Відомі різноманітні способи усунення подібних спотворень цифрових зображень - з визначенням параметрів руху зображення за результатами аналізу окремих ділянок кадру [Furukawa A., Ohki J. Movement compensation predictive encoder for a moving picture signal with a reduced amount of information / European Patent No EP20509L- 1986-12-17], порівнянням сусідніх кадрів [Kondo T. Apparatus for detecting a movement in an encoded television picture / European Patent No EP 177763.- 1986-04-16, Rim C.Y., Hong S.W. Motion compensator for digital image restoration / United States Patent No 5,550,591.- August 27, 1996]; з використанням апріорно відомої моделі руху, наприклад - періодичного [Bruder H., Flohr T., Ohnesorge B., Schaller S., Scholz B. Image reconstruction method / United States Patent No 6,556,697.- April 29, 2003]; з використанням різних поліпшувачів операторів обробки в просторовій, таких, як оператор Собеля [Komatsu F. Method of image restoration / United States Patent No 5,247,588.- September 21, 1993], в колірній - RGB [Paik J., Na W. Image restoration system for a single charge coupled device video camera // United States Patent No 5,910,818.- June 8, 1999], YUV [Paik J., Na W. Image frequency restoration system for a single charge coupled device video camera / United States Patent No 6,088,056.- July 11, 2000] або в імовірнісній - відношення максимальної правдоподібності [Puetter R.C., Ripa R.K. Signal encoding and reconstruction using pixons / United States Patent No 5,912,993.-June 15, 1999] областях. У зв'язку з ростом обчислювальної потужності сучасних засобів цифрового оброблення аерокосмічних знімків досить перспективним здається використання для поліпшення цифрових зображень просторово-частотної області за допомогою прямого та зворотного дискретних перетворень Фур'є. Наприклад, в способі реєстрації зображень [Dong F., Lu W, Image registration using Fourier phase matching / United States Patent No 6,373,970.- April 16, 2002] для визначення параметрів руху застосовується розбіжність фаз сусідніх кадрів зображення. Використання апарату ОПФ для усунення різноманітних спотворень є нативним для цифрових зображень. Звичайно для виправлення зображення необхідно оцінити просторово-частотний образ оператора спотворення, взяти зворотний до нього, застосувати до Фур'є-образа викривленого зображення, та перетворить останній у виправлене зображення за допомогою зворотного перетворення Фур'є. Цей процес відомий під назвою інверсної фільтрації [Кривошеее В.И., Никулин И.В. Инверсная фильтрация с применением современных цифровых методов спектрального анализа // Труды Научной конференции по радиофизике." Новгород: ННГУ, 2003].

Так, в способі виправлення цифрових зображень [Edgar A.D. Method and system for enhancing digital images / United States Patent No 6,771,833.- August 3, 2004] для оцінювання функції корекції використовується сумісний аналіз декількох сегментів цифрового зображення. Недоліком вказа-

ного способу є потреба в апріорних даних про характер завади або необхідність в статистичному її оцінюванні при наявності декількох каналів формування зображення.

Найбільш близьким до способу, що пропонується, є спосіб відновлення цифрових зображень [Carasso A.S. Procedure for digital image restoration/ United States Patent No 5,627,918. - May 6, 1997] (прототип), який містить спотворюючий передавальний тракт, що описується просторово-частотним оператором  $S(v_x, v_y)$ , в дужках позначено  $v_x, v_y$  - просторові частоти, та в якому здійснюються:

а) передавання ідеального зображення  $E_0(x, y)$  скрізь спотворюючий передавальний тракт,  $x, y$  - просторові координати зображення;

б) приймання спотвореного зображення  $E(x, y)$  цифровим фотоприймальним сенсором;

б) оцінка спотворюючого просторово-частотного оператора  $S(v_x, v_y)$  з необхідною точністю;

г) визначення виправляючого просторово-частотного оператора  $R(v_x, v_y)$  як оберненого до спотворюючого просторово-частотного оператора  $S(v_x, v_y)$ :

$$R(v_x, v_y) = \frac{1}{S(v_x, v_y)} \quad (1)$$

д) застосування виправляючого просторово-частотного оператора до дискретного Фур'є-образа  $F(v_x, v_y)$  спотвореного цифрового зображення:

$$G(v_x, v_y) = R(v_x, v_y) \cdot F(v_x, v_y) \quad (2)$$

е) встановлення виправленого цифрового зображення  $H(x, y)$  шляхом зворотного дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) до виправленого дискретного Фур'є-образа  $G(v_x, v_y)$ .

Основним недоліком описаного способу є необхідність в певній додатковій інформації про умови формування зображень, яку потрібно для визначення спотворюючого оператора, та яку неможливо одержати безпосередньо із цифрового зображення, оскільки загальна ОПФ системи включає до себе всі ОПФ окремих ланок приймального оптико-електронного тракту і виділити з неї оператор спотворення без апріорної інформації не вдається.

При формуванні цифрових аерокосмічних зображень значна більшість існуючих іконічних систем має просторову ізотропію, тобто їх функція розсіяння точки симетрична і повністю описується будь-яким своїм одновимірним перетином. Ця важлива властивість надає обґрунтування можливості експериментального визначення ОПФ безпосередньо за результуючим зображенням шляхом аналізу перехідної функції за будь-яким геометричним напрямком. Зручним засобом такого визначення є сучасні апаратні та програмні технології цифрової обробки аерокосмічних зображень.

Проте не всі складові результуючої ОПФ системи можна вважати ізотропними. Перш за все це стосується такого характерного для аерокосмічних

іконічних систем явища, як зсув зображення, та аналогічних за описом анізотропних спотворень.

Оскільки вектор руху носія спрямовано вздовж тільки однієї осі зображення, ОПФ ланки зсуву можливо встановити за результатами аналізу вздовж двох окремих напрямків, що створюють лінійний базис. Доцільно такими напрямками обрати подовжню та поперечну осі зображення, тому що зсув діє тільки вздовж однієї з них. У подальшому назвемо сукупність елементів растра цифрового зображення, вздовж яких спрямовано спотворення, стовпчиками, на відміну від ортогональних їм рядків. Якщо просторово-частотний аналіз здійснюється вздовж лише одного напрямку, можливо перейти від двовимірних Фур'є-образів і операторів в (1), (2) до одновимірних від загальної просторової частоти  $v$ .

Нехай іконічна система має ізотропну ОПФ  $W(v)$ , з якою в подовжньому напрямку згорнуто додаткову ОПФ спотворення  $S(v)$ . Тоді результуюча ОПФ вздовж стовпчиків  $T(v)$  буде

$$T(v) = S(v) \cdot W(v) \quad (3)$$

а поперечна ОПФ так й залишиться  $W(v)$ . Якщо експериментальне визначити обидві ОПФ  $W(v)$  і  $T(v)$ , можливо негайно знайти із (3) оператор спотворення

$$S(v) = \frac{T(v)}{W(v)} \quad (4)$$

звідки встановити згідно (1) виправляючий оператор

$$R(v) = \frac{W(v)}{T(v)} \quad (5)$$

та після підставлення його в (2) одержати виправлене зображення за його одновимірним Фур'є-образом  $G(v)$ , при цьому спотворення буде усунено. Необхідну послідовність виконання операцій показано на Фіг.1.

Для вхідного цифрового аерокосмічного зображення  $E(x, y)$  - блок 1 визначаються дискретні ОПФ по стовпчиках  $T(v)$  - блок 5 і по рядках  $W(v)$  - блок 6 та на їх основі за формулою (5) формується виправляючий оператор  $R(v)$  - блок 8. Вхідне цифрове зображення обробляється по стовпчиках. Здійснюється вибірка чергового стовпчика  $E(x)$  - блок 4, над ним виконується дискретне перетворення Фур'є  $F(v)$  - блок 19, та до нього застосовується виправляючий оператор  $R(v)$  - блок 7. Виправлений Фур'є-образ  $G(v)$  відновлюється до цифрового зображення шляхом зворотного ДПФ - блок 20. Відновлене зображення  $G(x, y)$  в загальному випадку є комплексним, тому що одновимірна корекція може призводити до фазових зсувів Фур'є-образу. Воно приводиться до дійсної форми - блок 21 - шляхом перерахунку мнимі частини ДПФ до геометричного зміщення пікселів вздовж стовпчика. Далі з виправлених стовпчиків складається - блок 22 - виправлене цифрове зображення, яке зберігається в блоці 25.

Таким чином, в запропонованому способі вся необхідна для усунення спотворення вздовж стов-

пчиків інформація вже міститься в самому цифровому аерокосмічному зображенні у вигляді одновимірних ОПФ визначених окремо вздовж рядків та стовпчиків, а застосування виправляючого просторово-частотного оператора  $R(v)$  здійснюється тільки вздовж стовпчиків цифрового зображення.

2. Порядок визначення ОПФ  $W(v)$  та  $T(v)$  в даному способі не уточнюється, але звичайно [Williams T.L. The Optical Transfer Function of Imaging Systems: Application and Measurement, - Bristol, 1998] це робиться як ДПФ від дискретних осереднених похідних множин пограничних кривих, знайдених за допомогою аналізу кожного рядка та кожного стовпчика вхідного цифрового зображення.

Наприклад, в способі визначення ОПФ в проглядовому вікні [Ehemann Jr. G.M. Method for determining the MTF of a viewing window / United States Patent No 4,586,817. - May 6, 1986] визначаються осереднені значення верхнього та нижнього б'єфів пограничної кривої, далі розраховується її аналітична апроксимація. Але такий шлях викликано обмеженими обчислювальними можливостями системи, що реалізує цей метод.

Спосіб визначення ОПФ цифрового зображення об'єкту [Kaplan E. Global MTF measurement system / United States Patent No 5,629,766. - May 13, 1997] (прототип) є найбільш близьким до способу, що пропонується. Він містить растрову систему формування кадру цифрового зображення, та в якому здійснюється виділення в кадрі множини пограничних кривих, далі - їх усереднення, взяття дискретної похідної від усередненої пограничної кривої та виконання ДПФ над саме дискретною похідною.

В дослідженнях з цифрового оброблення та розпізнавання зображень є досить великий досвід щодо вирішення задачі виявлення країв як детермінованих стрибків інтенсивності. Діапазон відомих підходів охоплює алгоритми від класичних кореляційних методів порівняння з еталоном до спеціальних методів семантичного аналізу і розпізнавання об'єктів. Найбільш поширені дискретні кінцеворізнисні апроксимації різноманітних диференціальних операторів - Лапласа, Маклеода, Робертса, Собеля, Кірша, Уолліса [Прэтт У. Цифровая обработка изображений. - Пер. с англ. - Кн.2, - М.: Мир, 1982] з наступним пороговим обмеженням. Основний недолік всіх побудованих на їхній основі способів - необхідність евристичного вибору порога його настройки за допомогою набору навчальних зображень. Крім того, диференціальні оператори не виправдано чутливі до шумів цифрових зображень.

Пропонується статистичний спосіб виділення зображення перепаду, який ґрунтується на припущенні про добру статистичну роздільність сегментів цифрового знімку, між якими будується погранична крива. При цьому імовірнісний розподіл її інтенсивності враховується статистичним описом перепадів оптичного сигналу конкретної реалізації пограничної кривої. Припустимо, що розподіли інтенсивностей б'єфів пограничної кривої підкоряються нормальному, закону з математичними очі-

куваннями  $m_1$  і  $m_2$  та дисперсіями  $\sigma_1^2$  і  $\sigma_2^2$  відповідно. В цьому разі імовірність правильного розділення б'єфів  $P_{12}$  запишеться як

$$P_{12} = 1 - P_1 \cdot \varepsilon_1 - P_2 \cdot \varepsilon_2 \quad (6)$$

де

$$\varepsilon_1 = \Phi^* \left( \left| \frac{\Delta m}{\Delta \sigma} \right| + \frac{\xi_{12}}{\sigma_1} \right) - \Phi^* \left( \frac{|\Delta m|}{\sigma_1 + \sigma_2} + \frac{\xi_{12}}{\sigma_1} \right)$$

та

$$\varepsilon_2 = \Phi^* \left( \left| \frac{\Delta m}{\Delta \sigma} \right| + \frac{\xi_{12}}{\sigma_2} \right) - \Phi^* \left( \frac{|\Delta m|}{\sigma_1 + \sigma_2} + \frac{\xi_{12}}{\sigma_2} \right) \quad (7)$$

умовні імовірності помилкової класифікації б'єфів,  $P_1$  та  $P_2$  - апіорні імовірності б'єфів,  $\Delta m = m_2 - m_1$ ,  $\Delta \sigma = \sigma_2 - \sigma_1$ ,  $\Phi^*(\cdot)$  - таблична функція Лапласа,

$$\xi_{12} = \frac{\left| \ln \left( \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) \right|}{\frac{|\Delta m|}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} + \sqrt{\left( \frac{\Delta m}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} \right)^2 - \ln \left( \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right)^2 \cdot \left( \frac{1}{\sigma_1^2} - \frac{1}{\sigma_2^2} \right)}} \quad (8)$$

поправка, обумовлена різницею дисперсій нормальних розподілів інтенсивності б'єфів.

Співвідношення (6) перетворює кожен точку сегмента цифрового зображення, що аналізується, в імовірність безпомилкового розділення верхнього та нижнього б'єфів погранично! кривої вздовж обраного напрямку. Очевидно, що чим вище ця імовірність, тим краще якість даної реалізації пограничної кривої, бо погранична крива, за визначенням, відображає ідеальний детермінований стрибок сигналу. Крім того, імовірнісне перетворення в неявній формі враховує вплив на якість цифрового знімку привнесених шумів. Й нарешті, головною перевагою імовірнісного перетворення є осмисленість вихідних величин  $P_{12}$ , що легко та витончено знімає проблему вибору порога при виділенні значущих перепадів: вони обираються виходячи з необхідного рівня вірогідності, як правило, в межах  $P_{12} = 0,8 \dots 0,95$ .

Необхідну послідовність виконання операцій показано на Фіг.2. Блоки 9, 11, 13, 15, 17 деталізують блок 5 способом п. 1, а блоки 10, 12, 14, 16, 18 - блок 6 відповідно. Для вхідного цифрового зображення - блок 1 задається досить великий поріг імовірності  $P_0$  - блок 2. Для кожного пікселя за формулою (6) визначаються розподіли імовірності виділення пограничних кривих вздовж стовпчику  $P(x)$  - блок 9 та вздовж рядку  $P(y)$  - блок 10. З одержаних множин імовірностей виділяються ті, що перевищують поріг окремо для стовпчиків - блок 11 та рядків - блок 12. Відповідні їм пограничні криві усереднюються  $A(x)$  - по стовпчиках - блок 13 та  $A(y)$  - по рядках - блок 14. Далі вони дискретно диференціюються - блоки 15, 16 та знають ДПФ - блоки 17, 18, що й призводить до

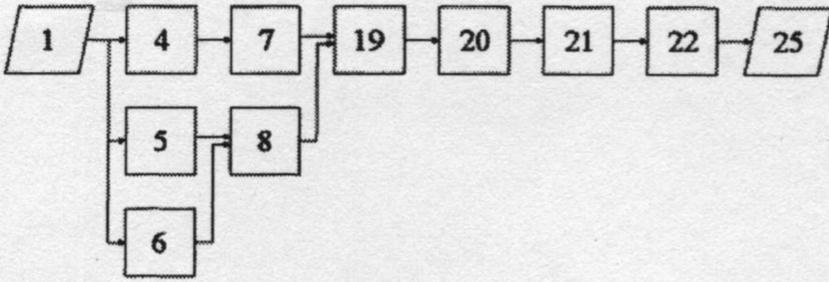
формування дискретних ОПФ по стовпчиках  $T(v)$  і по рядках  $W(v)$ , які далі використовуються для визначення відновлюючого оператора  $R(v)$  - блок 8.

Таким чином, запропонований спосіб не потребує додаткового попереднього оброблення цифрового зображення та надає безпосередню оцінку імовірності виділення пограничної кривої для кожного пікселя, що суттєво підвищує якість аналізу.

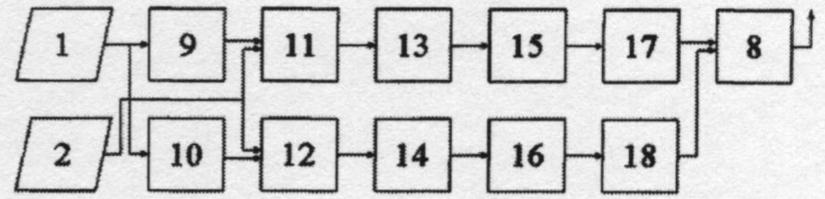
3. Але й цей спосіб має певний недолік, а саме - неможливість здійснювати оброблення цифрового аерокосмічного зображення в масштабі часу, близькому до реального, безпосередньо в процесі його формування іконічною системою дистанційного зондування. Авжеж, викладений перелік операцій способу ніяк не потребує одночасного оброблення всього цифрового зображення. Єдиним обмеженням на розмір сегменту цифрового зображення, який може оброблятися окремо від інших, є розмір вхідної вибірки пограничної кривої. Цей розмір звичайно обирається невеликим, 8...32 пікселі, тому оброблення може здійснюватися невеликими блоками послідовно або паралельно - з метою прискорення. Особливостями ж формування переважної більшості сучасних аерокосмічних цифрових зображень є послідовне одержання рядків зображення синхронно з подовжнім переміщенням носія за рахунок власного руху [Fritz L.W. High Resolution Commercial Remote Sensing Satellites and Spatial Information Systems // International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS).- Rockville: LMC, 2003]. Спосіб, що пропонується, передбачає тимчасове накопичення в буфері такої кількості рядків, що дорівнює кількості відліків пограничної кривої вздовж стовпчиків цифрового зображення, та оброблення чергового буферу з їх послідовності безпосередньо одразу після завершення його формування, не дочекавшись формування всього зображення цілком.

Необхідна послідовність виконання операцій описується Фіг.3. За нею вхідне цифрове аерокосмічне зображення  $E(x, y)$  - блок 1 обробляється по невеликих фрагментах, які містять кількість рядків не меншу за необхідне число відліків погранично! кривої. Вибірка вхідних фрагментів - блок 23, та складання виправлених фрагментів - блок 24 здійснюється поступово із зміщенням на один рядок. Виправлення буферу - блок 3 виконується за способом п. 1 і п. 2, тобто блок 3 узагальнює блоки 4-8 і 19-22 Фіг.1.

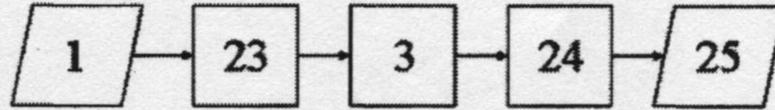
Таким чином, в способі запропоновано послідовне посегментне оброблення цифрового аерокосмічного зображення, що надає змогу виправлення цифрових аерокосмічних зображень безпосередньо в процесі їхнього формування на борту носія апаратури дистанційного зондування в масштабі часу, близькому до реального.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

(21) Номер заявки: а 2005 00948

(22) Дата подання заявки: 02.02.2005

(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.05.2007

(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня: 15.08.2006, Бюл. № 8

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 25.05.2007, Бюл. № 7

(72) Винахідники:

Попов Михайло Олексійович (UA),

Станкевич Сергій Арсенійович (UA),

Бушуєв Євген Іванович (UA)

(73) Власник:

ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ  
ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК НАН  
УКРАЇНИ,вул. Олесь Гончара, буд. 55-б, м.  
Київ, 01601, UA

(54) Назва винаходу:

**СПОСІБ ВИПРАВЛЕННЯ ЦИФРОВИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ, СПОТВОРЕНИХ ВЗДОВЖ СТОВПЧИКІВ**

(57) Формула винаходу:

1. Спосіб виправлення цифрових аерокосмічних зображень, спотворених вздовж стовпчиків, за яким обчислюють дискретний Фур'є-образ спотвореного зображення, оцінюють просторово-частотний оператор спотворення, далі обчислюють обернений до просторово-частотного оператора спотворення виправляючий просторово-частотний оператор, який застосовують до дискретного Фур'є-образа спотвореного цифрового аерокосмічного зображення, та виконують виправлення цифрового аерокосмічного зображення шляхом зворотного дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) виправленого дискретного Фур'є-образа, який відрізняється тим, що після обчислення дискретного Фур'є-образа спотвореного зображення визначають одновимірні оптичні передавальні функції (ОПФ) спотвореного цифрового аерокосмічного зображення окремо вздовж рядків та стовпчиків зображення, після чого оцінку виправляючого просторово-частотного оператора обчислюють як відношення цих ОПФ, причому в знаменнику ставлять ОПФ вздовж стовпчиків, та цей виправляючий оператор застосовують до кожного стовпчика, отримане таким чином комплексне зображення кожного стовпчика приводять до дійсної форми і далі з них складають виправлене цифрове аерокосмічне зображення.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що для визначення одновимірних ОПФ вздовж кожного стовпчика та кожного рядка цифрового зображення визначають розподіл імовірності виділення примежових кривих, кожен з них порівнюють із заданим порогом імовірності, з тих примежових кривих, що задовольняють його, формують дві множини примежових кривих, над якими далі виконують операції усереднення та дискретного диференціювання окремо для кожної множини, одновимірні ж ОПФ визначають як результат ДПФ відповідних дискретних похідних.

3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що операції з виправлення цифрового зображення виконують послідовно для кожного окремого його фрагмента, який містить кількість рядків, рівну кількості відліків примежової кривої вздовж стовпчика, далі з виправлених фрагментів складають виправлене цифрове аерокосмічне зображення.

Пронумеровано, прошито металевими  
люверсами та скріплено печаткою  
2 арк.  
25.05.2007

Уповноважена особа



(підпис)