



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **66370** (13) **U**  
(51) МПК  
G06K 9/36 (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**ОПИС**  
**ДО ПАТЕНТУ**  
**НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) ПРИСТРІЙ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ**

1

2

(21) u2011111003

(22) 14.09.2011

(24) 26.12.2011

(46) 26.12.2011, Бюл.№ 24, 2011 р.

(72) ОЛЕКСІВ МАКСИМ ВАСИЛЬОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА"

(57) Пристрій цифрової фільтрації зображення, який містить блок низькочастотної цифрової фільтрації БНЦФ, який **відрізняється** тим, що містить додатково буфер кадру, перший вхід якого під'єднаний до вхідної шини даних та першого виходу блока четвертинної комутації БЧК, другий вхід буфера кадру під'єднаний до першого виходу блока керування БК, вихід буфера кадру з'єднано з першим входом блока первинної комутації БПК, другий вхід БПК під'єднано до виходу БНЦФ і виходу блока високочастотної цифрової фільтрації БВЦФ, третій вхід БПК під'єднано до другого виходу БК,

вихід БПК під'єднано до першого входу буферної пам'яті БП, другий вхід БП під'єднано до третього виходу БК, вихід БП під'єднано до першого входу блока вторинної комутації БВК та першого входу блока третинної комутації БТК, другий вхід БВК під'єднано до четвертого виходу БК, вихід БВК під'єднано до першого входу БНЦФ і до першого входу БВЦФ, другий вхід БВЦФ під'єднано до п'ятого виходу БК, другий вхід БНЦФ під'єднано до шостого виходу БК, другий вхід БТК під'єднано до сьомого виходу БК, вихід БТК під'єднано до першого входу блока еквалізації гістограми зображення БЕГЗ, другий вхід БЕГЗ під'єднано до восьмого виходу БК, вихід БЕГЗ під'єднано до першого входу БЧК, другий вхід БЧК під'єднано до дев'ятого виходу БК, другий вихід БЧК під'єднано до вихідної шини даних, десятий вихід БК під'єднано до вихідної шини керування, вхід БК під'єднано до вхідної шини керування.

Корисна модель належить до галузей інформаційних систем, систем технічного зору, цифрового опрацювання зображень та може бути використана для первинного опрацювання зображень з метою підвищення точності сегментації цифрових зображень.

Відомий пристрій цифрової фільтрації зображення, який містить блок низькочастотної цифрової фільтрації [Forman A.V., Krivanek A., Nguyen D.T., LaPointe S.P., Mayercik M.J. United States Patent №7305145 B2, G06K9/36, H04N5/225, G01B11/14, Method and apparatus for filtering an image, 2007].

Але відомий пристрій виконаний таким чином, що фільтрація здійснюється лише праворуч і ліворуч по рядках зображення. Таке виконання фільтрації не дозволяє додатково враховувати впливи пікселів, що знаходяться вище, вище праворуч, вище ліворуч, нижче, нижче праворуч, нижче ліворуч від пікселя, який опрацьовується (окіл пікселя). Фільтрація зображення з прив'язкою до апріорної інформації про відстані до об'єктів обмежує застосування пристрою лише зображеннями для яких така інформація доступна. У наслідок цього всього

зменшується точність виділення локальними максимумами силуетів об'єктів з складною структурою на зображенні сцени, та унеможливується опрацювання зображень для яких відсутня інформація про відстані до об'єктів, що зображені на них.

В основу корисної моделі поставлене завдання створення пристрою цифрової фільтрації зображення, у якому введення нових елементів і зв'язків дозволило б комбінувати високочастотну і низькочастотну фільтрації зображення та еквалізацію гістограми зображення, враховувати при фільтрації окіл пікселя, використовувати фільтри розміри яких не залежать від відстаней до об'єктів, і за рахунок цього підвищити точність виділення локальними максимумами силуетів об'єктів на зображенні сцени та зробити можливим опрацювання зображень для яких відсутня інформація про відстані до об'єктів, що зображені на них.

Поставлене завдання вирішується тим, що в пристрої цифрової фільтрації зображення, який містить блок низькочастотної цифрової фільтрації (БНЦФ), згідно з корисною моделлю, він містить додатково буфер кадру перший вхід якого під'єднаний до вхідної шини даних та першого виходу

(13) **U**  
(11) **66370**  
(19) **UA**

блока четвертинної комутації (БЧК), другий вхід буфера кадру під'єднаний до першого виходу блока керування (БК), вихід буфера кадру з'єднано з першим входом блока первинної комутації (БПК), другий вхід БПК під'єднано до виходу БНЦФ і виходу блока високочастотної цифрової фільтрації (БВЦФ), третій вхід БПК під'єднано до другого виходу БК, вихід БПК під'єднано до першого входу буферної пам'яті (БП), другий вхід БП під'єднано до третього виходу БК, вихід БП під'єднано до першого входу блока вторинної комутації (БВК) та першого входу блока третинної комутації (БТК), другий вхід БВК під'єднано до четвертого виходу БК, вихід БВК під'єднано до першого входу БНЦФ і до першого входу БВЦФ, другий вхід БВЦФ під'єднано до п'ятого виходу БК, другий вхід БНЦФ під'єднано до шостого виходу БК, другий вхід БТК під'єднано до сьомого виходу БК, вихід БТК під'єднано до першого входу блока еквалізації гістограми зображення (БЕГЗ), другий вхід БЕГЗ під'єднано до восьмого виходу БК, вихід БЕГЗ під'єднано до першого входу БЧК, другий вхід БЧК під'єднано до дев'ятого виходу БК, другий вихід БЧК під'єднано до вихідної шини даних, десятій вихід БК під'єднано до вихідної шини керування, вхід БК під'єднано до вхідної шини керування.

Сумісне використання буфера кадру, БК, БПК, БП, БВК, БНЦФ і БВЦФ дозволяє здійснювати фільтрацію зображення набором високочастотних або низькочастотних фільтрів з врахуванням околу пікселів. Використання БЕГЗ дозволяє розширити динамічний діапазон зображення тим самим підвищити чіткість зображення. Відсутність залежностей між розмірами фільтрів та відстанями до об'єктів дозволяє здійснювати опрацювання зображень для яких відсутня інформація про відстані до об'єктів, що зображені на них.

Виконання високочастотної фільтрації і еквалізації гістограми зображення дозволяють підвищити чіткість зображення сцени. Подальші низькочастотна фільтрація і еквалізація гістограми зображення дозволяють зменшити дисперсію між пікселями зображень об'єктів, рівномірніше розподіляючи пікселі зі значеннями локальних максимумів на об'єктах з складною структурою в порівнянні з відомим пристроєм. Повторна високочастотна фільтрація і еквалізація гістограми зображення дозволяють отримати ще чіткіше зображення сцени. Отримане зображення характеризується низькою дисперсією між значеннями пікселів в межах зображення кожного з об'єктів, наприклад, літаків, і високим контрастом між об'єктами і фоном, що забезпечує високу точність виділення на зображенні силуетів об'єктів з складною структурою без використання апріорної інформації про відстані до об'єктів.

На Фіг.1 представлена блок-схема пристрою цифрової фільтрації зображення,

на Фіг.2 наведені схеми розташування пікселів зображення у чергах на прикладі зображення  $4 \times 4$  пікселі, де: 1 - буфер кадру; 2 - блок первинної комутації; 3 - буферна пам'ять; 4 - блок вторинної комутації; 5 - блок низькочастотної цифрової фільтрації; 6 - блок високочастотної цифрової фільтрації; 7 - блок третинної комутації; 8 - блок екваліза-

ції гістограми зображення; 9 - блок четвертинної комутації; 10 - блок керування, а) порядок розташування пікселів зображення по рядках під кутами до нормалі  $90^\circ$  і  $270^\circ$  у чергах; б) порядок розташування пікселів зображення по діагоналі під кутами до нормалі  $135^\circ$  і  $315^\circ$  у чергах; в) порядок розташування пікселів зображення по діагоналі під кутами до нормалі  $45^\circ$  і  $225^\circ$  у чергах; г) порядок розташування пікселів зображення по стовпцях під кутами до нормалі  $0^\circ$  і  $180^\circ$  у чергах.

Пристрій цифрової фільтрації зображення складається з буфера кадру 1, який призначений для зберігання вхідного зображення. Перший вхід буфера кадру 1 під'єднаний до вхідної шини даних, по якій надходить вхідне зображення та першого виходу БЧК 9, з якого надходить опрацьоване фільтром зображення. Другий вхід буфера кадру 1 під'єднаний до першого виходу БК 10. Вихід буфера кадру 1 з'єднано з першим входом БПК 2, другий вхід БПК 2 під'єднано до виходу БНЦФ 5 і виходу БВЦФ 6, третій вхід БПК 2 під'єднано до другого виходу БК 10. Вихід БПК 2 під'єднано до першого входу БП 3. БПК 2 призначений для комутації вхідного та проміжного зображень з буфера кадру, БНЦФ 5 і БВЦФ 6 на відповідні запам'ятовуючі елементи БП 3 з метою маніпуляції послідовністю пікселів для забезпечення фільтрації зображення з врахуванням околу пікселів. Другий вхід БП 3 під'єднано до третього виходу БК 10. Вихід БП 3 під'єднано до першого входу БВК 4 і до першого входу БТК 7, другий вхід БВК 4 під'єднано до четвертого виходу БК 10. БВК 4 призначений для маніпуляції послідовністю пікселів для забезпечення фільтрації зображення з врахуванням околу пікселів. Вихід БВК 4 під'єднано до першого входу БНЦФ 5 і до першого входу БВЦФ 6. Другий вхід БВЦФ 6 під'єднано до п'ятого виходу БК 10. Другий вхід БНЦФ 5 під'єднано до шостого виходу БК 10. БНЦФ 5 містить набір низькочастотних фільтрів з нескінченною імпульсною характеристикою. БВЦФ 6 містить набір високочастотних фільтрів з нескінченною імпульсною характеристикою. Другий вхід БТК 7 під'єднано до сьомого виходу БК 10. Вихід БТК 7 під'єднано до першого входу БЕГЗ 8. БТК 7 призначений для комутації відфільтрованого зображення засобами БНЦФ 5 або БВЦФ 6 з врахуванням околу пікселів на перший вхід БЕГЗ 8, або утримання високого імпедансу у випадку тривання процесу фільтрації. Другий вхід БЕГЗ 8 під'єднано до восьмого виходу БК 10. Вихід БЕГЗ 8 під'єднано до першого входу БЧК 9. БЕГЗ 8 призначений для здійснення еквалізації гістограми відфільтрованого зображення. Другий вхід БЧК 9 під'єднано до дев'ятого виходу БК 10. Другий вихід БЧК 9 під'єднано до вихідної шини даних. БЧК 9 призначений для комутації відфільтрованого і еквалізованого зображення на вхід буфера кадру або на вихід пристрою у випадку завершення фільтрації. Десятій вихід БК 10 під'єднано до вихідної шини керування, вхід БК 10 під'єднано до вхідної шини керування.

Пристрій цифрової фільтрації зображення працює таким чином. Спочатку пристрій переводять в початковий стан подаючи по вхідній шині керування активний сигнал скиду.

Після зняття активного сигналу скиду з шини керування в буфер кадру 1 з вхідної шини даних записують зображення і переводять вхідну шину даних у високий імпеданс. Розпочинають першу стадію обробки зображення. За допомогою БПК 2 зображення переписують у БП 3, який виконаний як набір елементів пам'яті типу черга (черга) таким чином, щоб кожен рядок зображення знаходився в окремій черзі (Фіг.2.а). На Фіг.2.а) кожен піксель зображення відображено у вигляді квадрата з числом. Кожне число складається з двох цифр, які позначають позиційну адресу пікселя у вхідному зображенні. Причому старший розряд числа вказує на адресу рядка пікселя, а молодший - на адресу стовпця пікселя у вхідному зображенні. Наприклад, пікселі з адресами 11, 12, 13 і 14 - це перший, другий, третій і четвертий пікселі першого рядка вхідного зображення, які, відповідно, надійшли до черги першим, другим, третім і четвертим. На Фіг.2 черги відображено суцільними лініями, а границі їх комірок - штриховими.

На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили пікселі окремого рядка зображення в напрямку зліва на право (під кутом  $90^\circ$  до нормалі). Тобто, спочатку перший піксель кожного з рядків, потім другий, третій і т.д. Опрацьовані БВЦФ 6 рядки зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб кожен рядок зображення знаходився в окремій черзі (Фіг.2-а).

На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили елементи окремого рядка зображення в напрямку справа на ліво (під кутом  $270^\circ$  до нормалі). Тобто, для зображення  $4 \times 4$  пікселі це - спочатку четвертий піксель кожного з рядків, потім третій, другий і перший. Фільтрація елементів зображення у прямому і зворотному напрямках забезпечує лінійність ФЧХ сигналу зображення мінімізуючи спотворення зображення в результаті процесу фільтрації. Опрацьовані БВЦФ 6 рядки зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб кожен рядок зображення знаходився в окремій черзі (Фіг.2.а).

На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили пікселі зображення взяті по діагоналі під кутом  $135^\circ$  до нормалі. У випадку, якщо опрацювання діагоналі завершено, а на головній діагоналі ще є неопрацьовані пікселі, то на фільтр подають сигнал скиду і продовжують за його допомогою фільтрацію діагоналі, яка містять стільки пікселів, скільки неопрацьованих пікселів залишилося на головній діагоналі. Тобто, на прикладі третьої і сьомої діагоналей зображення з Фіг.2.а), спочатку опрацьовують піксель 11, потім подають сигнал скиду і опрацьовують пікселі 42, 33 і 24. Опрацьовані БВЦФ 6 пікселі зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб результати

опрацювання кожного з фільтрів були записані в окрему чергу (Фіг.2.б). На Фіг.2.б), в) жирною штриховою лінією показано границю між діагоналями зображення з Фіг.2.а).

На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили пікселі зображення взяті по діагоналі під кутом  $315^\circ$  до нормалі. У випадку, якщо опрацювання діагоналі завершено, а на головній діагоналі ще є неопрацьовані пікселі, то на фільтр подають сигнал скиду і продовжують за його допомогою фільтрацію діагоналі, яка містять стільки пікселів, скільки неопрацьованих пікселів залишилося на головній діагоналі. Тобто, на прикладі третьої і сьомої діагоналей зображення з Фіг.2.а), спочатку опрацьовують пікселі 24, 33, 42, потім подають сигнал скиду і опрацьовують піксель 11. Опрацьовані БВЦФ 6 пікселі зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб у чергах були записані пікселі зображення взяті по діагоналі під кутом  $45^\circ$  до нормалі, а вільні комірки черг були заповнені пікселями з діагоналей, які містять стільки пікселів, скільки вільних комірок є у відповідній черзі (Фіг.2.в).

На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили пікселі зображення взяті по діагоналі під кутом  $225^\circ$  до нормалі. У випадку, якщо опрацювання діагоналі завершено, а на діагоналі, що проходить через верхній правий та нижній лівий кути зображення, ще є неопрацьовані пікселі, то на фільтр подають сигнал скиду і продовжують за його допомогою фільтрацію діагоналі, яка містять стільки пікселів, скільки неопрацьованих пікселів залишилося на діагоналі, що проходить через верхній правий та нижній лівий кути зображення. Тобто, на прикладі третьої і сьомої діагоналей зображення з Фіг.2.а), спочатку опрацьовують пікселі 34, 23, 12, потім подають сигнал скиду і опрацьовують піксель 41. Опрацьовані БВЦФ 6 пікселі зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб результат опрацювання кожним з фільтрів був записаним в окрему чергу (Фіг.2.в).

На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили пікселі зображення взяті по діагоналі під кутом  $45^\circ$  до нормалі. У випадку, якщо опрацювання діагоналі завершено, а на діагоналі, що проходить через верхній правий та нижній лівий кути зображення, ще є неопрацьовані пікселі, то на фільтр подають сигнал скиду і продовжують за його допомогою фільтрацію діагоналі, яка містять стільки пікселів, скільки неопрацьованих пікселів залишилося на діагоналі, що проходить через верхній правий та нижній лівий кути зображення. Опрацьовані БВЦФ 6 пікселі зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб кожен рядок зображення знаходився в окремій черзі (Фіг.2.а).

На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили пікселі зображення взяті по вертикалі під кутом  $180^\circ$  до нормалі. У випадку, якщо опрацювання стовпця завершено, але ще є неопрацьовані пікселі зображення, або ще нема доступних пікселів для опрацювання, то на відповідний фільтр в БВЦФ 6 подають сигнал скиду, а відповідну чергу в БП 3 деактивують. Опрацьовані БВЦФ 6 пікселі зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб кожен стовпець зображення знаходився в окремій черзі (Фіг.2.г).

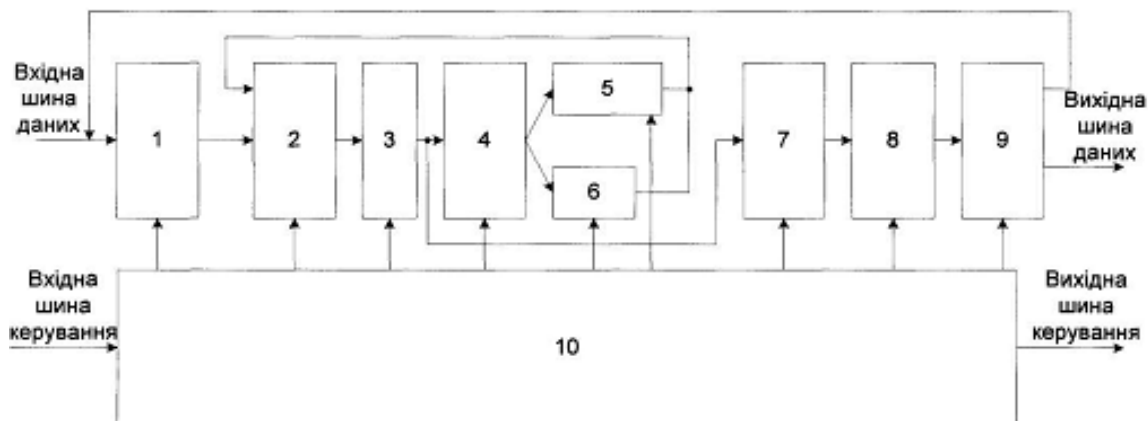
На БВЦФ 6 з БК 10 подають сигнал скиду. За допомогою БВК 4 зображення з БП 3 передають на вхід БВЦФ 6 таким чином, щоб на вхід кожного з набору високочастотних фільтрів надходили пікселі зображення взяті під кутом  $0^\circ$  до нормалі. Опрацьовані БВЦФ 6 пікселі зображення за допомогою БПК 2 записують у БП 3 таким чином, щоб кожен стовпець зображення знаходився в окремій черзі (Фіг.2.г).

Після завершення фільтрації отримане зображення з БП 3 за допомогою БТК 7 вперше попільсьельно подають на вхід активованого, і переведеного в режим "визначення еквалізованої гістограми" БЕГЗ 8. Після подачі всіх пікселів БЕГЗ 8 утворює і зберігає "карту відповідностей значень вхідних пікселів зображення вихідним еквалізованим пікселям". Для отримання еквалізованого зображення БЕГЗ 8 переводять в режим "еквалізації зобра-

ження" і вдруге попільсьельно подають на його вхід зображення з БП 3. Після подачі на вхід БЕГЗ 8 пікселя зображення на його виході отримують еквалізоване значення цього пікселя, яке за допомогою БЧК 9 комутують на вхід буфера кадру 1, який попільсьельно зберігає опрацьоване на першій стадії зображення. Після зберігання всього зображення БЕГЗ 8 деактивують, а на виходах БЧК 9 і БТК 7 встановлюють високий імпеданс.

Розпочинають другу стадію опрацювання зображення, яка відрізняється від першої стадії тим, що фільтрацію проводять за допомогою БНЦФ 5, а не БВЦФ 6. Після завершення другої стадії розпочинають третю стадію опрацювання зображення, яка повторює операції першої стадії за винятком того, що опрацьоване зображення попільсьельно в растровому порядку комутують за допомогою БЧК 9 на вихідну шину даних, а на вихідній шині керування встановлюють сигнали готовності даних.

Комбінування фільтрації та еквалізації гістограми, врахування при фільтрації околу пікселя, відсутність залежностей між розмірами фільтрів та відстанями до об'єктів підвищують точність виділення локальними максимумами силуетів об'єктів на зображенні сцени, та роблять роботу пристрою незалежною від апріорної інформації про відстані до об'єктів. Таким чином забезпечується можливість розширення сфер застосування пристрою та підвищується надійність і точність систем технічного зору, в яких може бути використаний розроблений пристрій цифрової фільтрації зображення.



Фіг. 1

14	13	12	11
24	23	22	21
34	33	32	31
44	43	42	41

а)

14	23	32	41
24	33	42	11
34	43	12	21
44	13	22	31

б)

44	33	22	11
14	43	32	21
24	13	42	31
34	23	12	41

в)

11	21	31	41
12	22	32	42
13	23	33	43
14	24	34	44

г)

Фіг. 2