УДК 681.3.07

Й.Й. БІЛИНСЬКИЙ, С.В. ЮКИШ, П.М. РАТУШНИЙ
Вінницький національний технічний університет

ДЕТЕКТОР КРАЙОВОГО ДЕТЕКТУВАННЯ НА ОСНОВІ НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

Запропоновано детектор крайового детектування на основі низькочастотної фільтрації. Субпікселні координати зображення об'єтаі отримують шляхом знаходження спільних точок фільтрованих зображень з різним ступенем розмиття.

Suggested the marginal detection detector on the base of the low-frequency filtration. The subpixel coordinates of the object image are obtained by finding the common points of the filtered images with the different degradation extent.

Вступ

Розв'язування задачі визначення та виділення краю об'єкта на зображенні складається з послідовності операцій, основними з яких є сканування сцени, виявлення ознак краю об'єкта та обчислення його координат [1, 4].

Як правило, важко виділити краї, які мають визначене семантичне значення, оскільки для цього потрібна інформація більш високого рівня. Тим не менше, досвід створення зорових систем підказує, що вивчення країв необхідно і корисно, тому варто знати де ці краї проходять [2].

Метою роботи є розробка детектора крайового детектування об'єкта дослідження з субпікселною точністю на основі низькочастотної фільтрації шляхом знаходження спільних точок на примежовій кривій фільтрованих зображень однонаправленими гауссовими фільтрами з різним ступенем розмиття.

Основні положення

Метод, на основі якого запропоновано даний детектор, включає формування контурного препарату, локалізацію краю об'єкта на зображенні та визначення параметрів шуму. Таким чином, для підвищення точності вимірювання необхідно зменшити значення шуму на зображенні й при цьому не втратити інформацію про край внаслідок виконання фільтрації локалізованої межі зображення об'єкта.

При детектуванні краю об'єкта на зображенні існують три основних типи помилок, пов'язаних з виявленням положення перепадів інтенсивності: пропуск справжніх перепадів, помилка у визначенні положення перепаду і прийняття шумових викидів за перепад. Це означає, що попередньо необхідно виконати процедуру фільтрації з мінімальними втратами інформації, після чого визначити параметри примежової кривої та встановити деякий поріг ймовірності помилкового виявлення, що є наслідком впливу шуму, з наступною максимізацією ймовірності правильного виявлення [5]. При цьому поріг встановлюється на такому рівні, при якому ймовірність помилкового виявлення, обумовленого одним лише шумом, не перевищує деякого заданого значення.

Таким чином, метод знаходження крайової точки об'єкта на основі низькочастотної гауссової фільтрації передбачає такі кроки [3]:

- визначення точок максимального градієнта, що відповідають перепаду інтенсивності, а отже, краю зображення;
- визначення орієнтації градієнта;
- визначення параметрів шуму та виконання фільтрації зображення;
- знаходження розмірності вікна маски за розподілом сигналу інтенсивності примежової кривої;
- формування однонаправленого гауссового фільтра з визначеними параметрами відповідної орієнтації залежно від напрямку вектора градієнта;
- знаходження спільних точок на примежовій кривій фільтрованих зображень.

На підставі вищенаведеного методу знаходження крайової точки зображення об'єкта розроблений детектор краю, структурна схема якого наведений на рис. 1. Детектор містить формувач контурного препарату, комбінований фільтр приглушення шуму, а також обчислювальний пристрій. Згідно з алгоритмом детектор спочатку аналізує параметри шуму та параметри примежової кривої, а потім обчислює координати крайової точки.

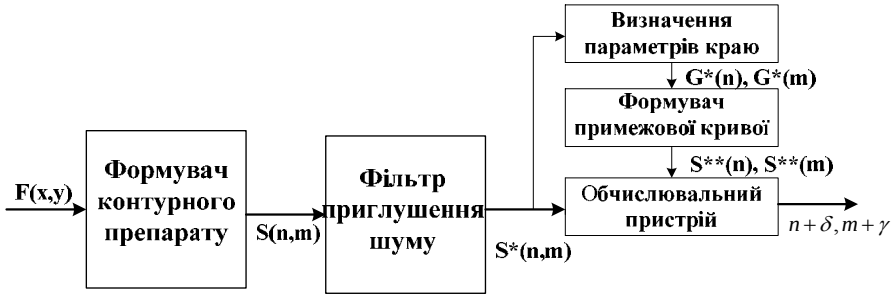


Рис. 1. Структура детектора визначення краю на основі низькочастотної фільтрації

У результаті приглушення шуму досягається можливість отримати розподіл інтенсивності примежової кривої $S^*(n)$, інформація про яку поступає на вхід обчислювального пристрою. Обчислювальний пристрій, аналізуючи параметри даної примежової кривої, формує гауссовий фільтр у вигляді однонаправленої маски $G^*(n)$ з певними ваговими коефіцієнтами та розмірністю вікна. За допомогою такої маски виконується повторна фільтрація в околі максимуму градієнта примежової кривої. Результатом повторної фільтрації є розподіл інтенсивності примежової кривої $S^{**}(n)$, а результатом знаходження спільної точки перетину примежових кривих $S^*(n)$ і $S^{**}(n)$ є координати краю $(n+\delta)$ і $(m+\gamma)$ об'єкта на зображенні, відповідно.

Слід зауважити, що однонаправлена маска гауссового фільтра може мати різний набір положень (залежно від кількості можливих напрямків), які визначаються структурою періодичної просторової ґратки матричного приймача. На сьогодні відомі трикутна, квадратна й шестикутна форми геометрії цифрового подання зображення [3].

Так, наприклад, для матричного приймача з пікселами, що мають квадратну форму, кількість можливих варіантів однонаправленої маски гауссового фільтра відповідає чотирьом (рис. 2).

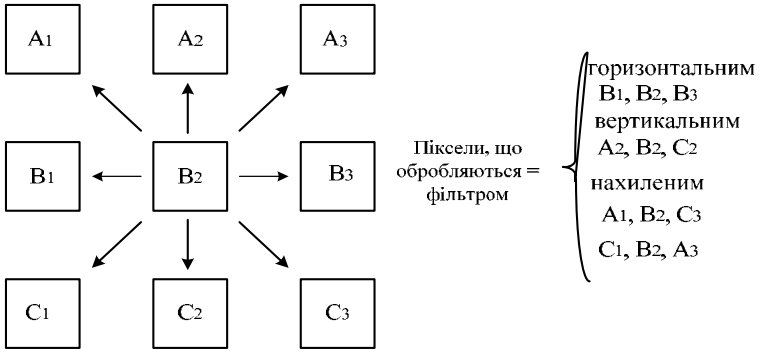
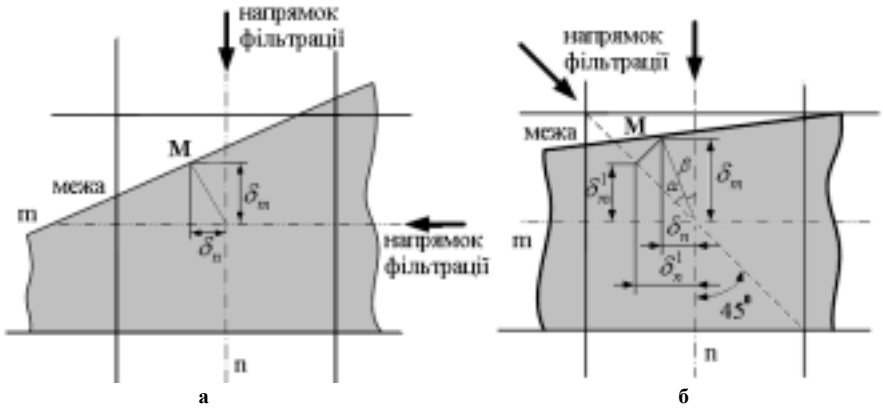


Рис. 2. Варіанти однонаправлених масок для матричного приймача з квадратною формою пікселів

В результаті обходу виділеного контуру аналізується положення контурного піксела відносно попереднього та визначається його орієнтація.

Для визначення субпікселних координат контуру необхідно знайти субпікселні зміщення δ_n і δ_m відносно центра контурних пікселів. При цьому необхідно застосувати дві однонаправлені маски заданої орієнтації. Залежно від значення кута нахилу контуру можуть бути застосовані дві пари однонаправлених масок гаусових фільтрів. Якщо кут нахилу контуру близький до 45^0 або 135^0, то використовуються горизонтальна та вертикальна маски. Якщо ж кут нахилу контуру близький до 0^0 або 90^0, то використовують вертикальну та нахилену або горизонтальну та нахилену маски.

На рис. 4а і б наведені межі зображення об'єкта, що попадають на піксел з координатами n, m при куті нахилу близькому до 45^0 і при куті нахилу близькому до 0^0, а також напрямки їх фільтрації та субпікселні координати в точці М, відповідно. При цьому вважається, що інтенсивність по всій площі піксела є рівномірною.



а **б**

Рис. 4. Знаходження субпікселних координат межі об'єкта при різних кутах нахилу контуру

Субпікселне зміщення δ_n відносно центра піксела при куті нахилу межі близькій до 0^0 визначається за

допомогою субпікселних координат, отриманих за допомогою нахиленої маски як

$$\delta_n = \pm\delta_m \sqrt{\frac{3\sqrt{(\delta_n^1)^2 + (\delta_m^1)^2} - \sqrt{2}\delta_m}{2\sqrt{2}\delta_m - \sqrt{(\delta_n^1)^2 + (\delta_m^1)^2}}},$$

де δ_n^1, δ_m^1 – субпікселні зміщення межі відносно центра пікселу при використанні нахиленої маски.

У випадку нахилу межі близькій до 90^0 субпікселна координата δ_m визначається згідно з (1).

Для оцінювання розробленого детектора проведені експериментальні дослідження, в яких на зображення об'єкта з екрана монітора розмірністю 1280×1024 записувалося на цифрову відеокамеру з роздільною здатністю 640x480 з наступним введенням у комп'ютер, де формувався профіль примежової кривої краю об'єкта. При цьому програмним шляхом виконувався зсув об'єкта на один піксел по горизонтальній осі та повторно зчитувалося зображення об'єкта. Відстань між монітором і відеокамерою вибиралася таким чином, що відношення піксела монітора до піксела відеокамери складало 4:1.

Програмне забезпечення дало змогу отримати координати крайової точки відомими методами, а також запропонованим детектором на основі низькочастотної фільтрації.

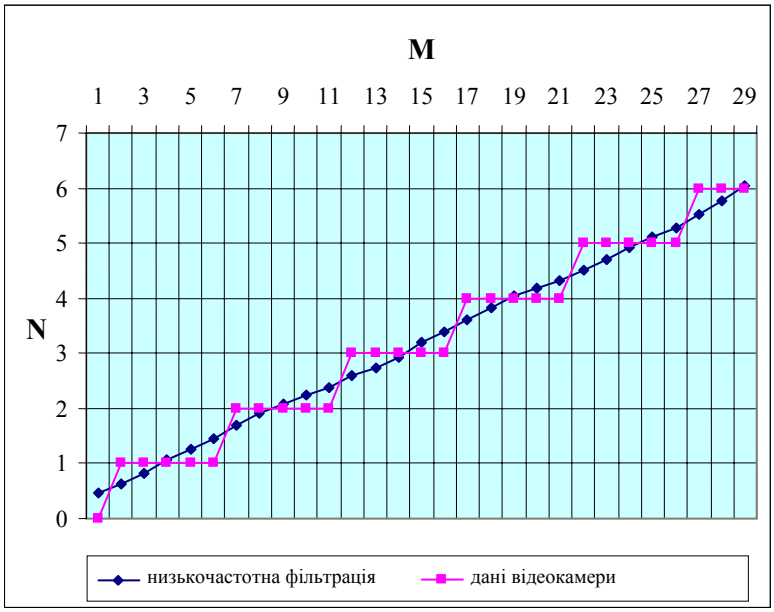


Рис. 5. Положення краю об'єкта в результаті зсуву, зафіксоване відеокамерою та розраховане

Результати багатократного зсуву з визначеним положенням краю зображення об'єкта, що формувалося відеокамерою внаслідок його бінаризації, та уточнене положення внаслідок використання запропонованого методу в системі координат M, N наведені на рис. 5, де M – номер піксела монітора та N – номер піксела відеокамери.

Графік наочно демонструє, що при зсуві зображення на моніторі положення краю об'єкта в рамках одного піксела відеокамери не змінюється, а локалізована координата запропонованим методом має субпікселне зміщення.

Для підтвердження достовірності роботи запропонованого детектора крайового детектування результати порівнювалися з найбільш відомими детекторами шляхом знаходження середньоквадратичної похибки вимірювання, яка визначалася за допомогою координат, отриманої апроксимованої прямої. З цією метою було отримано більше ніж 100 зображень об'єкта та проаналізовані крайові точки декількох рядків матриці. Оскільки усі алгоритми знаходження крайової точки були поставлені в рівні умови, то за методикою оцінки випадкових похибок опосередкованих вимірювань було оцінено СКВ результатів вимірювання. Для запропонованого методу СКВ становило 0,017, тоді як для відомих алгоритмів, таких як градієнтний, перетин нульового рівня, фотометрична інтерполяція, параболічна оцінка, лінійна інтерполяція, апроксимація Гауса та алгоритм без субпікселного уточнення СКВ становило від 0,0223 до 0,28.

Висновки

В роботі запропонований детектор краю зображення об'єкта на основі низькочастотної фільтрації. На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що похибка визначення положення крайової точки не перевищує 10 % міжпікселної ширини. Результати досліджень свідчать про високу точність роботи детектора в порівнянні з відомими.

Література

1. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.К.

Кревецкий и др. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.

2. Форсайт, Дэвид А., Понс Жан. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.

3. Цифровая обработка изображений // Под ред. Б. Яне – М.: Техносфера, 2007 – 584 с.

4. Уэзерел У. Оценка качества изображенияю. Проектирование оптических систем / Под ред. Р.Шеннона, Дж.Вайанта. – М.: Мир, 1983. – С. 178-332.

5. Ultra-high-resolution optical monitoring system using a noise cancellation technique / N.S. K.Lee, Y.Cai, A.S.F.Wong, A. Joneja // Opt. Eng. – 1997. – Vol. 36, N 12. – P. 3353-3359.

Надійшла 23.12.2008 р.