

О.Є. Горшенін, к.т.н.
 О.Ф. Дубина, ад'юнкт
 Р.М. Осадчук, курсант

Житомирський військовий інститут радіоелектроніки

МЕТОД КРАЙОВОЇ КОРЕЛЯЦІЇ ДВОВИМІРНИХ МАСИВІВ ДЛЯ СУМІЩЕННЯ ЦИФРОВИХ СТЕРЕОЗОБРАЖЕНЬ

Розглядається розроблений авторами метод оцінки ступені просторового суміщення масивів відліків правого та лівого знімків стереопари, що дозволяє досягнути необхідної точності зі значно меншими обчислювальними витратами.

Більшість методів суміщення цифрових зображень засновано на обчисленні положення максимуму взаємно кореляційної функції (ВКФ) масивів, що представляють ці зображення.

Однак для сильно корельованих масивів, одержаних у результаті цифрування слабоконтрастних зображень, що містять великі області постійної яскравості, необхідне збільшення розмірів області обчислення ВКФ. Таке збільшення дозволяє, в принципі, досягти необхідних точностей виміру положення піка ВКФ.

Застосування методу безпосереднього обчислення ВКФ утруднено через велику кількість обчислень. Для зменшення обчислювальної складності будемо використовувати не всі елементи масивів, що ототожнюються (вікна аналізу), а тільки крайні. Таке допущення засновано на тому, що межі об'єктів є найбільш інформативними при суміщенні й в однозначному порядку повинні будуть перетинати межі вікна аналізу. Таким чином, межі вікна аналізу як би розрізають структуру об'єкта, отже несуть у собі інформацію про нього. Природно, кількість інформації, яка присутня у всіх елементах вікна, більше кількості інформації, укладеної в його крайніх елементах. Але для великорозмірних об'єктів (сильно корельованих) основну інформацію несуть лише їх крайові лінії, а не внутрішнє заповнення. Тому можна стверджувати, що перетинання меж об'єкта з межами вікна містить значну частину інформації про форму та положення об'єкта, тоді як внутрішня ланка вікна може містити майже постійні дані.

Метод суміщення зображень, що використовує ВКФ тільки крайніх елементів, що ототожнюються масивом, назвемо методом крайової кореляції. Масив, що ототожнюється, буде мати форму, яка показана на рис. 1.

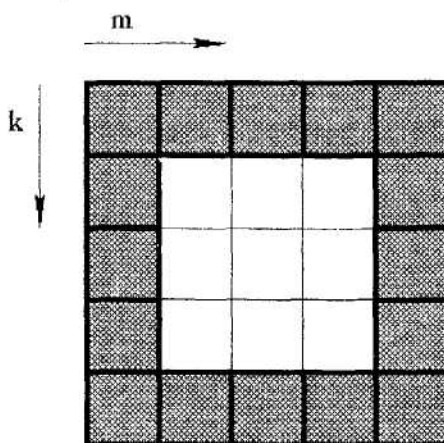


Рис. 1. Елементи масиву, що ототожнюються в методі крайової кореляції

Для обчислення згортки масиву $F_1(m, k)$ розміром $K \times K$ із масивом $F_2(m, k)$ розміром $N \times K$ елементів, повинно утворитися $(N - K + 1)$ значення ВКФ (1):

$$R(n) = \frac{\sum_{m=1}^K (F_1(m, 1)F_2(m+n, 1) + F_1(m, K)F_2(m+n, K))}{W} + \frac{\sum_{k=2}^{K-1} (F_1(1, k)F_2(1+n, k) + F_1(K, k)F_2(K+n, k))}{W}, \quad (1)$$

де W – значення нормування (2):

$$W = \left[\sum_{m=1}^K (F_1^2(m, 1) + F_1^2(m, K)) + \sum_{k=2}^{K-1} (F_1^2(1, k) + F_1^2(K, k)) \right]^{1/2} \times \left[\sum_{m=1}^K (F_2^2(m+n, 1) + F_2^2(m+n, k)) + \sum_{k=2}^{K-1} (F_2^2(1+n, k) + F_2^2(K+n, k)) \right]^{1/2}. \quad (2)$$

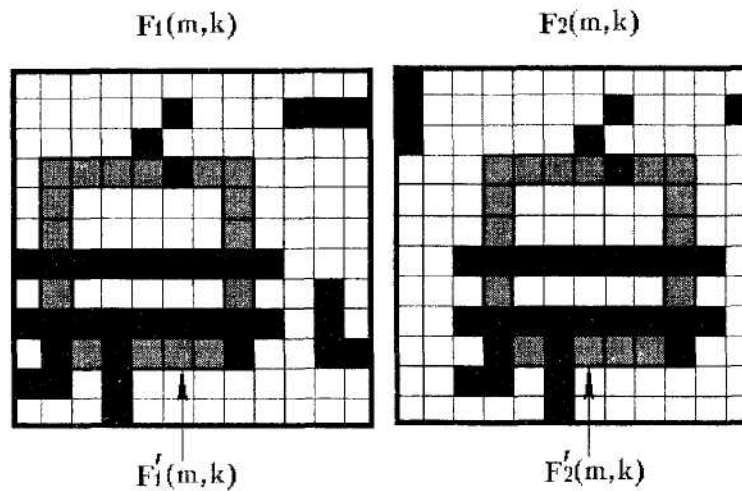


Рис. 2. Ототоження бінарної стереопари

Перевага методу крайової кореляції перед методом безпосереднього обчислювання ВКФ масивів полягає в тому, що при однаковому числі елементів у вікнах аналізу розміри області, що перетинається вікном при оцінці крайової кореляції, значно більше. Це дозволяє з високою точністю суміщати масиви з високою просторовою кореляцією.

Для обчислювання ВКФ будемо використовувати тільки крайні елементи сформованого масиву цифрового зображення $F_1(m, k)$. Це дозволяє однозначно визначити положення максимуму міри взаємної кореляції. Ще одна перевага даного методу полягає в тому, що в обчисленні ВКФ використовуються не двомірні, а одномірні масиви, проте обчислення здійснюється як уздовж рядків, так і уздовж стовпців.

Визначимо мінімальні розміри вікна, необхідні для ототожнення двох елементів зображень, а саме: визначимо такі розміри масиву $F_1'(m, k)$ (рис. 2), що забезпечили б ототожнення елементів із заздалегідь заданою точністю. Розміри вікна аналізу будуть визначатися ступенем статистичної залежності між елементами, що попали у нього. Внутрішню статистичну залежність між елементами вікна можна впізнати, вирахувавши автокореляційну функцію (АКФ). Ознакою, за якою буде визначатися статистична залежність між елементами вікна аналізу, буде служити крутість піка АКФ, яку можна оцінити за допомогою другої похідної від АКФ. Для стереопари розбіжності між статистичними характеристиками лівого та правого зображення незначні. Тому, як приблизну оцінку крутості ВКФ вибіркового масивів правого та лівого зображень, будемо використовувати оцінку крутості АКФ одного з них. Така оцінка крутості піка ВКФ цих масивів дає, в цілому, уявлення про точність суміщення, що можна досягнути. Але, для вірогідної оцінки точності виміру відстаней на цифрових знімках, потрібно врахувати ще деякі чинники.

Крутість піка АКФ одного зображення не є достатньою оцінкою точності виміру відстаней на стереопарних зображеннях, тому що дана величина не враховує шумів, які визначають

різницю між стереопарними зображеннями. Ця різниця може призвести до розмивання максимуму ВКФ та його зміщення.

Для визначення положення максимуму ВКФ із заздалегідь заданою точністю, необхідно збільшувати розмір вікна i , відповідно, крутістю піка АКФ.

Точність визначення положення максимуму ВКФ буде описуватися інтервалом Δl :

$$\Delta l = \frac{6\sigma}{R''(n)}, \quad (3)$$

де σ – величина, що враховує різницю значень яскравостей стереопарних зображень через наявність шумів;

$R''(n)$ – друга похідна від ВКФ.

Збільшення Δl або підвищення точності визначення положення максимуму ВКФ можливе через збільшення вікна та крутості піка АКФ. При цьому масив елементів, що бере участь в ототожнюванні, повинен збільшуватися до тих пір, доки величина Δl не буде менше деякого порога $\Delta l_{\text{дон}}$, який визначає припустиму похибку визначення положення максимуму ВКФ.

Отже, застосування методу крайової кореляції дозволяє суміщати стереопарні зображення зі значно меншою кількістю вирахувань, ніж при методі безпосереднього обчислення ВКФ. При цьому точність суміщення не зменшується.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982.
2. Ярославский Л.П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии. – М.: Радио и связь, 1987.

ГОРШЕНІН Олександр Євгенович – кандидат технічних наук, заступник начальника кафедри Житомирського військового інституту радіоелектроніки.

Наукові інтереси:

- електронно-обчислювальні прилади;
- автоматизована обробка зображень;
- картографування.

ДУБИНА Олександр Федорович – ад'юнкт кафедри Житомирського військового інституту радіоелектроніки.

Наукові інтереси:

- автоматизована обробка зображень;
- картографування.

ОСАДЧУК Руслан Миколайович – курсант Житомирського військового інституту радіоелектроніки.

Наукові інтереси:

- автоматизована обробка зображень.

Подано 16.11.1999.