

УДК 004.932 Проф. Ю.М. Рашкевич, д-р техн. наук; асист. Н.О. Кустра;
доц. Д.Д. Пелешко, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

УДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ ЦЕНТРУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

Описано алгоритм центрування зображень, який базується на основі методів кореляційного аналізу, наводяться результати роботи алгоритму.

*Prof. U.M. Rashkevich, assistant N.O. Kustra,
doc. D.D. Peleshko – NU "L'vivs'ka Politekhnik"*

Improved algorithm image centring based on the methods of correlation analysis

Here detailed described mathematical apparatus of algorithm of horizontal and vertical image centering in one pixel based on the methods of correlation analysis. Have an examples of its operation. Besides presented research of algorithm operations dependence from various parameters and defined limits of algorithm usage.

Постановка питання

Підвищення роздільної здатності (ПРЗ) апаратно-програмних комплексів є актуальною задачею сьогодення, яка поступово проникає в найрізноманітніші прикладні області. Її вирішення розвивається у двох напрямках: апаратному та програмному. Оскільки покращення фізичних характеристик апаратури (особливо цифрової) є достатньо інерційним процесом і має певні межі, то основну увагу почали приділяти програмним засобам ПРЗ. А у випадках, коли об'єкт віддалений на великі відстані від апаратури, або є мікро-об'єктом, то альтернативи програмним засобам практично не існує. Тут основним способом ПРЗ є багатократне знімання об'єкта з максимальною оптичною роздільною здатністю і подальша програмна обробка отриманого набору цифрових зображень. Очевидно, що від характеристик математичного апарату програмного забезпечення залежить якість та збільшення роздільної здатності об'єкта фото- чи відео-зйомки. Багатократне знімання передбачає отримання зсунутих зображення об'єкта і забезпечується багатьма способами: рухом камери, рухом об'єкта, тощо. При цьому з метою розв'язання задачі підвищення роздільної здатності виникає така задача – центрування зображень в межах заданої величини Δ , яка є одним з етапів підвищення роздільної здатності зображення.

Аналіз останніх джерел літератури

На практиці зображення того самого об'єкта або ділянки місцевості, отримані в різний час або за допомогою різних датчиків, можуть значно відрізнятися один від одного. Звідси впливає низка важливих задач прив'язки, а також точної взаємної геометричної корекції для наступної оброблення зображення [1-5].

Обробляючи зображення, пошук відповідності отримав розповсюдження та відома як проблема "пошуку за зразком". Формально проблему можна розглядати як процес ототожнення еталонного зображення (фрагмента) на першому знімку з одним із безлічі фрагментів, які лежать у деякій (такій, що задається) області (зоні пошуку) другого знімку.

Алгоритми встановлення подібності тією чи іншою мірою пов'язані з отриманням характеристик стохастичного взаємозв'язку порівнюваних фрагментів зображень [2]. Традиційно для реалізації процедури знаходження та суміщення зображень використовують кореляційну прив'язку цифрових зображень. Метод кореляційної прив'язки зображень має такі недоліки:

Взаємна кореляційна функція може мати досить розмитий максимум, що ускладнює його знаходження, оскільки не враховує просторову структуру порівнюваних зображень;

Комбінаторна складність – великий перебір ситуацій [2-5].

Широке застосування кореляційно-екстремальних процедур розпізнавання сигналів різної фізичної природи призводить до необхідності шляхів їх вдосконалення [6].

Постановка завдання

Метою цього дослідження є розв'язання задачі центрування зображення в межах заданої величини Δ . А саме, використовуючи покращений алгоритм центрування на основі методів кореляційного аналізу. Як відзначено вище, метод кореляційної прив'язки володіє рядом недоліків і основним з них є комбінаторна складність.

Загалом основним завданням є побудова уточненого алгоритму, який давав би змогу центрувати зображення в межах заданої величини Δ з меншою складністю. Основним базисом для вирішення цієї задачі є методи математичної статистики.

Нехай існує t -вимірний набір зсунутих в геометричній площині об'єктів

$$\{P_n\}, n = 1, t, \quad (1)$$

де: P_n – n -е зображення з t – мірного набору; n – номер зображення з набору; t – кількість зображень у наборі.

Такий набір може бути отримано різноманітними шляхами, наприклад багатократним зніманням з часовою затримкою, відеозніманням об'єкта, тощо.

Формування цих наборів забезпечується багатьма способами: рухом камери, рухом об'єкта тощо. При цьому величина зсуву може перевищувати наперед задану величину Δ , яка в загальному випадку є функцією від декартових координат, тобто $\Delta = \Delta(x, y, z)$ і, здебільшого, є основою математичних методів подальшої оброблення зображень.

Математична модель

Фреймом приймається фрагмент зображення щодо заданої величини, тобто висоти h і ширини l . Набір фреймів утворює покриття зображення P_n , тобто

$$P_n = \bigcup_{m=1}^{d_n} F_m^{P_n}, \quad (2)$$

де d_n – кількість фреймів зображення P_n .

В загальному випадку можна розглядати залежність

$$F_m^{P_n} = F(P_n, m, h, l), \quad (3)$$

де m – номер фрейма в зображення P_n .

Кожен фрейм $F_m^{P_n}$ характеризується дискретним набором кольорів – характеристик фрейма

$$Q_{m,i,j}^{P_n} = Q_m^{P_n}(i, j), \quad n = 1..t, \quad m = 1..d_n, \quad (4)$$

де $Q_{i,j}$ – значення кольору в точці з координатами (i, j) m -го фрейма, а також геометричними координатами зміщення всередині зображення P_n

$$\begin{cases} x_{\text{поч}}^{F_m^{P_n}} = x(F_m^{P_n}); \\ y_{\text{поч}}^{F_m^{P_n}} = y(F_m^{P_n}); \end{cases} \quad n = 1..t. \quad (5)$$

Тут $x_{\text{поч}}^{F_m^{P_n}}$ і $y_{\text{поч}}^{F_m^{P_n}}$ визначають координати лівого верхнього кута фрейма $F_m^{P_n}$. Отже кожному фрейму можна зіставити у відповідність набір, який його однозначно визначає

$$F_m^{P_n} \rightarrow [x_{\text{поч}}^{F_m^{P_n}}, y_{\text{поч}}^{F_m^{P_n}}, Q_{m,i,j}^{P_n}]. \quad (6)$$

Основою запропонованого методу є знаходження різниці середньоквадратичних відхилень між вибраним фреймом фіксованого зображення та усіх фреймів кожного зображення з набору з подальшим уточненням за допомогою кореляційної залежності. Тобто наприклад, якщо 1-е зображення та 1-й фрейм в ньому є фіксованим, то стосовно другого зображення шукаємо фрейм, для якого виконується умова

$$|\sigma_1^{F_1^{P_1}} - \sigma_\zeta^{F_\zeta^{P_2}}| < \varepsilon, \quad \zeta = 1..t_{P_2}^\zeta, \quad (7)$$

де: $\sigma_1^{F_1^{P_1}} = \sqrt{\frac{1}{hl} \sum_{i=1}^{hl} (Q_{1,i}^{P_1} - \overline{Q_{1,i}^{P_1}})^2}$ – середньоквадратичне відхилення для фрейму $F_1^{P_1}$; $F_\zeta^{P_2}$ ζ -й фрейм з можливих в наборі P_2 , для якого виконується умова (7); $\overline{Q_{1,i}^{P_1}}$ – усереднене значення яскравостей пікселів фрейму $F_1^{P_1}$; $t_{P_2}^\zeta$ – кількість фреймів набору P_2 , для якого виконується умова (7); ε – точність збігання, яка визначається так:

$$\varepsilon = k \sigma_1^{F_1^{P_1}}, \quad k = 1..10\%.$$

Усі фрейми зображення P_2 є однаковими за розміром, які по своєму порівнюють геометричним розмірам $F_1^{P_1}$.

Отриманий за допомогою (7) набір з $t_{P_2}^\zeta$ фреймів набору P_2 необхідно уточнити. Це уточнення здійснюється через пошук кореляційної залежності

$$\rho_\zeta = \frac{\text{cov}(Q_1^{P_1}, Q_\zeta^{P_2})}{\sigma_{Q_1^{P_1}} \sigma_{Q_\zeta^{P_2}}}; \quad \zeta = 1..t_{P_2}^\zeta, \quad (8)$$

де: $\text{cov}(Q_1^{P_1}, Q_\zeta^{P_2})$ – коваріація між фіксованим фреймом першого зображення $F_1^{P_1}$ і всіма знайденими фреймами другого $F_\zeta^{P_2}$, котрі задовольняють залежність (7); змінна ζ – індексує усі знайдені фрейми другого зображення.

Визначивши максимальне значення кореляції $r_{1,2}$

$$r_{1,2} = \max_{\zeta} (\rho_{\zeta}),$$

між фреймами з набору P_2 і $F_1^{P_1}$, за індексом ζ визначаємо фрейм $F_{\zeta}^{P_2}$ і зміщення його координат

$$\Delta_x^{1,2} = \left| x_{\text{поч}}^{F_{\zeta}^{P_2}} - x_{\text{поч}}^{F_1^{P_1}} \right|; \quad \Delta_y^{1,2} = \left| y_{\text{поч}}^{F_{\zeta}^{P_2}} - y_{\text{поч}}^{F_1^{P_1}} \right|. \quad (9)$$

Значення $\Delta_x^{1,2}$ і $\Delta_y^{1,2}$ є горизонтальним та вертикальним зміщенням другого зображення стосовно фіксованого першого.

Аналогічним чином знаходимо всі $\Delta_x^{1,n}, \Delta_y^{1,n}$ ($n=1..t$). Змістивши всі зображення на відповідні величини $\Delta_x^{1,n}$ і $\Delta_y^{1,n}$ отримаємо відцентрований стосовно P_1 в межах одного пікселя набір зображень об'єкта дослідження.

Висновки. На основі описаної вище математичної моделі створено програмну реалізацію. Вхідний набір зображень наведено на рис. 1. На рис. 2 наведено фіксований фрагмент $F_1^{P_1}$ з рисунка P_1 .

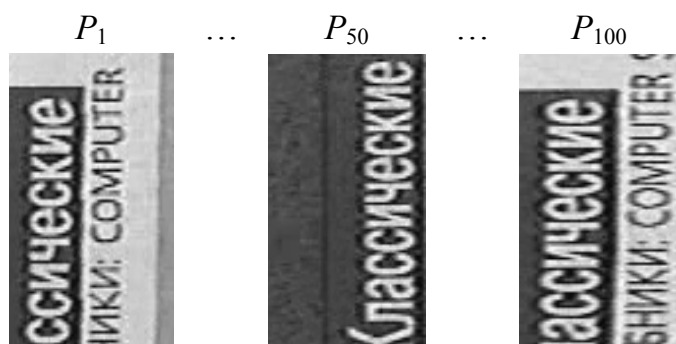


Рис. 1. Вхідний набір зображень

Рис. 2. Фіксований фрагмент

На рис. 3 наведено результати роботи – час виконання – обох алгоритмів (*correlation* – кореляційний метод центрування; *deviation* – удосконалений кореляційний метод), для випадку пошуку фіксованого фрагмента на окремих зображеннях набору $\{P_n\}$, $n=2..t$.

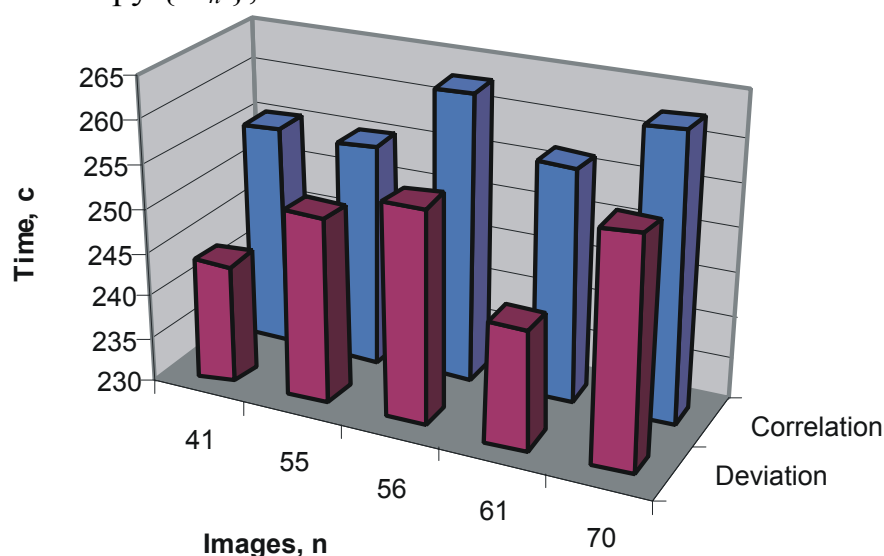


Рис. 3. Тривалість виконання для методів *Correlation* і *Deviation*

Виявилося, що за часом виконання уточнених кореляційний метод зменшує час проходження до 5-7 %, при обробці одного зображення.

У разі існування наборів зображень ця величина зростає пропорційно до розмірності набору. Це є істотною перевагою, особливо з огляду на те, що методи центрування зображення є етапом загальної задачі збільшення роздільної здатності зображення.

Література

1. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 168 с.
2. Крот А.М., Минервина Е.Б. Быстрые алгоритмы и программы цифровой спектральной обработки сигналов и изображений. – Минск: Наука і тэхніка, 1995. – 407 с.
3. Гиренко А.В., Корчагин П.А. и др. Методы корреляционного обнаружения объектов. – Харьков: АО "Бизнес-Информ", 1996. – 111 с.
4. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. – М.: Сов. радио, 1979. – 312 с.
5. Пуятин Е.П., Аверин С.М. Обработка изображений в робототехнике. – М.: Машиностроение. 1990. – 320 с.
6. Рашкевич Ю., Демида Б., Пелешко Д., Кустра Н. Центрування зображень на основі методів кореляційного аналізу// Зб. наук. праць Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К.: НАНУ. – 2005, вип. 29. – С. 121-128.

УДК 535.343.2

*Проф. З.П. Чорний, д-р фіз.-мат. наук; assist. І.Б. Пірко;
доц. В.М. Салапак, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України*

ВПЛИВ ДОМІШКОВИХ АНІОНІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕНЕРАЦІЇ ЦЕНТРІВ ЗАБАРВЛЕННЯ У КРИСТАЛАХ $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$. ОДНОВИМІРНА МОДЕЛЬ

В одновимірній моделі проведено розрахунки ймовірності утворення центрів забарвлення у кристалах $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$. Досліджено вплив домішкових іонів на ефективність забарвлення кристалів.

Prof. Z.P. Chornij; assist. I.B. Pirko; doc. V.M. Salapak – NUFWT of Ukraine

Influencing Doped Anions on Efficiency Generation Coloration Centres in Crystals $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$. One-Measure Model

The calculations of possibility of colouring centres creations in crystals $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$ were conducted in one-dimension model. The influence of doping ions on the effectiveness of crystal colouring was researched.

Вступ

Кристали SrCl_2 , леговані лужними металами, володіють надвисокою радіаційною чутливістю [1,2]. Структура центрів забарвлення у кристалах SrCl_2 та їх механізм генерації експериментально ефективно досліджувалися в останні 30 років [1-5]. Однак теоретичні розрахунки ефективності генерації центрів забарвлення та їх термоіндукованих перетворень проведені тільки в останні роки [6-8]. Ця робота присвячена теоретичному аналізу впливу співактиваторів на радіаційну чутливість та ефективність $F_A \rightarrow M_A^+$ -перетворень у кристалах $\text{SrCl}_2\text{-Me}^+$.