УДК 622.35

В.Г. Левицький, ст. викладач
Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРИРОДНИХ ТРІЩИН ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ

Одним із можливих шляхів одержання інформації про природні тріщини в масиві природного каменю з наступним визначенням їх геометричних параметрів та управлінням якістю блочної продукції на окремих ділянках родовища є оптичний контроль поверхні масиву на основі цифрових фотознімків. Для створення засобів діагностики стану масиву або інших об'єктів кар'єру необхідно обґрунтувати адекватність ідентифікації та вимірювання параметрів системи тріщин.

Для аналізу поверхні масиву автором розроблене програмне забезпечення «Детектор тріщин», яке дозволяє проаналізувати якісний стан поверхні масиву на тріщинуватість, що в подальшому дозволить спрогнозувати вихід блоків на основі фотознімків масиву. Програма проводить аналіз фотозображення та обчислює із заданою точністю геометричні характеристики прямолінійних фрагментів тріщин, площу тріщин та кількість тріщин.

Алгоритм пошуку та аналізу тріщин має ряд вхідних параметрів, які прямо впливають на результат роботи програми. Тому важливо оцінити їх вплив на якісні та кількісні показники тріщинуватості поверхні об'єкта з метою виключення невірних розрахунків.

Зазвичай зображення, сформовані різними інформаційними системами, в нашому випадку цифровою неметричною камерою, спотворюються дією шумів. Це ускладнює їх візуальний аналіз і автоматичну обробку. Ослаблення дії шумів або повне їх виключення досягається фільтрацією. Автором проаналізовано роботу лінійного, медіанного і адаптивного фільтрів та, спираючись на математичні залежності, вибрано найкращий варіант для обробки зображення.

Медіанний фільтр реалізує нелінійну фільтрацію шумів на зображенні і представляє собою скануючу маску, яка охоплює непарне число відліків. Глибина знищення шумів зображення залежить від матричних елементів.

Медіанний фільтр замінює центральний елемент маски медіаною впорядкованої вибірки, сформованої зі всіх амплітуд відліків, що покриваються маскою фільтра. При застосуванні медіанного фільтра відбувається послідовна обробка кожної точки кадру, у результаті чого утворюється послідовність оцінок. Для кожного відліку виконується незалежна оцінка медіани у вікні. Розмір вікна встановлюється непарним і рівним $m \times n$. Відліки зображення, що знаходяться в межах вікна, утворюють робочу вибірку поточного відліку. Якщо впорядкувати послідовність $\{f_i, i = [1, mn]\}$ по зростанню, то її медіаною буде той елемент вибірки, що займає центральне положення в цій упорядкованій послідовності. Цей елемент $0{,}5 \cdot (mn + 1)$ є найбільшим і найменшим значенням у вибірці й визначає результат медіанної фільтрації для поточної точки кадру.

Як показали дослідження цифрових знімків масиву каменю з природними розривами, видалення шуму медіанним фільтром є більш ефективним, ніж іншими фільтрами, так як приводить до меншого спотворення границь об'єктів зображення.

Адаптивну бінаризацію використовують для обробки зображень, на яких із-за нерівномірності фону звичайна бінаризація дає погані результати. На відміну від звичайної, коли всі області зображення бінаризуються з використанням єдиного встановленого порогу, при виконанні адаптивної бінаризації програма аналізує різні області зображення. Для кожного пікселя зображення $B(x,y)$, в колі пікселя радіусом r обраховується індивідуальний для даного пікселя поріг T, і якщо $B(x,y) > T + C$, то результат 1, інакше 0.

Серед методів адаптивної бінаризації виділяють наступні: Ніблека (Niblack), Саувола (Sauvola), Крістіана (Chistian), Бернсена (Bernsan).

В методі Крістіана поріг обчислюється за наступною формулою:

$$T = (1-k) \cdot m + k \cdot M + k \cdot (m - M) \cdot \frac{s}{R}$$

де m, s – середнє і стандартне відхилення вибірки для деякого кола точки; M – мінімальне сіре значення всього зображення; R – максимальне середньоквдратичне відхилення сірого значення із локального вікна, які обраховуються по гістограмі; $k = 0{,}5$ – коефіцієнт, який визначає, яку частину границі об'єкту можна взяти в якості самого об'єкта.

Цей метод досягає найкращих результатів бінаризації серед інших. Так як фізична природа тріщин одна і та ж, то можна підібрати таке значення порогу (границі фону), при якому вказане перетворення з

високим степенем достовірності дозволить виявити межі тріщин на вихідному зображенні. При виборі параметрів медіанного фільтра і адаптивної бінаризації рекомендується досягти мінімальної товщини тріщин і при цьому їх нерозривності. В цьому випадку будуть отримані найбільш точні результати.

Кінцевий результат аналізу зображення також визначається якістю сегментації, яка є наступним етапом обробки і полягає у попередньому виділенні контурів об'єкту, який ідентифікується. Алгоритми сегментації зображень базуються на одній з двох характеристик сигналу яскравості – розривності або однорідності. В першому випадку підхід базується на розбитті зображення на основі різких змін сигналу, таких як перепади яскравості на зображенні. Зазвичай пошук розривів здійснюється за допомогою спеціальних масок. В якості методів виявлення перепадів використовуються похідні і градієнти від функцій яскравості. Друга категорія методів базується на визначенні однорідності зображення згідно наперед обраних критеріїв.

Для порівняння методів сегментації цифрових зображень були змодельовані відповідні маски, принцип роботи яких базується на різниці яскравості елементів і фону зображення. Математичне обґрунтування методів полягає в обрахунку похідних, представлених для цифрових зображень у вигляді дискретних наближень градієнта. В якості градієнтів є оператори (матричні маски), серед яких виділяють наступні: оператор Робертса; оператор Превітта; оператор Собела; оператор Лапласіан-Гаусіана.

Одним із методом сегментації є метод Кенні полягає в пошуку локальних ділянок з перепадами яскравості. Перепади яскравості шукають по кожній з осей координат одномірною маскою Собела чи Лапласіан-Гаусіана:

Матриця оператора Собела має наступний вигляд:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \cdot E \;\; i \;\; G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} \cdot E,$$

де $G_{i,j(x)} = \left[E_{(i-1),(j-1)} + E_{(i-1),j} + E_{(i-1),(j+1)}\right] - \left[E_{(i+1),(j-1)} + E_{(i+1),j} + E_{(i+1),(j+1)}\right]$,

$G_{i,j(y)} = \left[E_{(i-1),(j-1)} + E_{i,(j-1)} + E_{(i+1),(j-1)}\right] - \left[E_{(i-1),(j+1)} + E_{i,(j+1)} + E_{(i+1),(j+1)}\right]$.

Матриця оператора Лапласіан-Гаусіана має вигляд:

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{1+a} \cdot \begin{bmatrix} -a & a-1 & -a \\ a-1 & a+5 & a-1 \\ -a & a-1 & -a \end{bmatrix},$$

де a – параметр в діапазоні [0,1].

З метою вибору оптимального методу сегментації цифрового зображення для алгоритму програми «Детектор тріщин» проаналізуємо ефективність роботи вищерозглянутих методів, а саме якість ідентифікації тріщин. Головним критерієм оцінки якості ідентифікації тріщин прийнято їх довжину L і площу S. Дослідження виконувалось на основі обробки 20 знімків масиву природного каменю на Букинському, Бистріївському і Лизниківському кар'єрах блочного каменю.

Результати досліджень показали, що відхилення показників довжини і площі тріщин від еталонного значення при методі Робертса складає близько 20%. Методи Собела, Превіта і Лапласіана мають велику розбіжність і характеризуються нестабільністю результатів, що показує мале значення коефіцієнту кореляції. Метод Кенні показує тісний взаємозв'язок між еталонними і розрахованими значеннями показників тріщинуватості, тому цей метод сегментації вибраний за основний для алгоритму програми «Детектор тріщин».