

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ВИРОБІВ З ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ ФРАКТАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЇХ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ

Вирішення задач контролю і класифікації структур і текстур поверхні облицювальних виробів з природного каменю досягається шляхом візуального порівняння людиною контролюємого виробу з еталоном. Все це призводить до низької точності та швидкодії. Розробка нових методів автоматизованого контролю на основі обчислювальних методів обробки зображень дає змогу уникнути даних недоліків.

Контроль декоративності та геометричних розмірів промислових виробів з природного каменю здійснюється шляхом формування цифрового відеозображення поверхні виробів з природного каменю з наступним вимірюванням на відеозображенні геометричних характеристики структурних елементів поверхні об'єкта та геометричних характеристик об'єкта в цілому.

Геометричні вимірювання структурних елементів поверхні здійснюються на основі визначення для дискретних точок відеозображення розбіжностей по яскравості (для ахроматичних поверхонь гірських порід) або розбіжностей по кольору (для хроматичних поверхонь гірських порід). Ці виміри включають визначення поперечних розмірів, периметру, площі, показників форми, орієнтації в просторі і взаємного розташування для структурних елементів поверхні, а також геометричних розмірів для об'єкта в цілому.

Основними апаратними засобами формування цифрових відеозображень є сканери, цифрові фотоапарати і цифрові відеокамери. Основними технічними характеристиками апаратних засобів формування цифрових відеозображень є розмір цифрового відеозображення в дискретних точках, кількість кадрів в секунду, що реєструються цим пристроєм, та параметри оптичної системи.

Алгоритм текстурно-фрактальної обробки відео зображень складається з наступних кроків:

1. Отримання цифрового відеозображення і введення його в комп'ютер.
2. Перетворення початкового зображення в клас double.
3. Перетворення початкового зображення RGB в кольорові простори HSV та YCbCr.
4. Виділення кольорової компоненти для кожного кольорового простору.
5. Отримання для кожної кольорової компоненти кількісних текстурно-фрактальних характеристик.
6. Класифікація зразків за отриманими результатами.

Кольорове RGB-зображення – це масив з $M \times N \times 3$, що складається з кольорових пікселів, кожен з яких складається з трьох кольорових компонент: червоної, зеленої і синій.

RGB-зображення можна представити у вигляді «стеку» трьох монохромних зображень з градацією сірого кольору, які подаються на червоний, зелений і синій входи кольорового монітору, в результаті чого формується кольорове зображення на екрані. Три монохромних зображення називають червоною, зеленою і синьою компонентами зображення. Клас компонент визначає область їх значення. Для класу даних double область значень – інтервал [0, 1].

Перетворення в інші кольорові простори необхідно для отримання якомога більшої кількості інформації про зображення. Так перетворення з RGB в YCbCr дає розподіл інформації про яскравість і колір точок зображення, субдискретизацію інформації про колір. В цьому форматі компонента світлоти представлена компонентою Y, а колір зберігається у вигляді двох кольорорізницевих компонент Cb і Cr. Величина Cb – це різниця між синьою компонентою B і світлотою Y, а Cr – різниця між R(червоною компонентою) і світлотою Y.

Відомо, що зір людини більш відчутний до змін яскравості, чим до змін кольору. Цей факт робить доцільним робити обробку окремо для яскравості складової. Для цього повнокольорове зображення з кольорової системи RGB варто перетворити в систему, у якій одна зі складових є сигналом яскравості, а інші описують колір, таким вимогам відповідає система HSV (hue – колірний фон, saturation – насиченість, volume – світлота).

Кольорова система HSV відповідає тому, як становлять кольори художники. Чистим кольорам відповідають значення $V = 1$ й $S = 1$, розбілам – кольори зі збільшеним вмістом білого, тобто з меншими значеннями S. Система HSV зручна для вибору кольорів, тому її відносять до кольорових систем, наближеним до людського сприйняття. Перетворення цих систем в Matlab реалізуються функціями `rgb2ycbcr()` та `rgb2hsv()` відповідно.

Наступний крок – визначення показників для кожної кольорової системи для кожної компоненти. Після проведення аналізу в якості показників були обрані:

1. Дискретне перетворення Фур'є;
2. Дискретне косинусне перетворення;
3. Автокореляційна функція;
4. Фрактальна розмірність для двохвмірного простору;
5. Фрактальна розмірність для трьохвмірного простору.

Дискретне перетворення Фур'є реалізується за допомогою функції `fft2(image)`. Результатом виконання функції буде матриця, в якій максимум знаходиться в верхньому лівому кутку. Для кращого візуального представлення зображення використовується функцію `fftshift(image)`, яка перемістить максимум в центр зображення. Для нормування зображення використовується функція натурального логарифму `log(image)` та функція `mat2gray(image, [max, min])`, яка переводить діапазон значень від min до max значення величини дискретної точки.

Дискретне косинусне перетворення виконується функцією $\text{dct2}(\text{image})$, і нормується так, як і дискретне перетворення Фур'є, але без застосування функції $\text{fftshift}(\text{image})$, тому максимальне значення знаходиться у верхньому лівому кутку, а мінімальне – у нижньому правому.

Автокореляційна функція $\text{xcorr}(\text{image})$ знаходить матрицю коефіцієнтів подібності значень точок зображення, після чого дана матриця нормується функцією $\text{mat2gray}(\text{image}, [\text{max}, \text{min}])$.

Для отримання конкретних числових значень знаходиться спектр середньоквадратичної метрики (по елементам квадрат різниці) кожного зображення:

$d = \ DT_i - DT_E\ ^2,$	
--------------------------	--

де DT_i – дискретне перетворення(автокореляція) для i -го зразка певного типу каменю, DT_E – дискретне перетворення Фур'є для еталонного зразка певного типу каменю.

Реалізується формула за допомогою виразу:

$d = \frac{\sqrt{\sum_N \sum_M (DT_i - DT_E)^2}}{M * N},$	
-----------------------------------------------------------	--

де M, N – відповідно висота і ширина зображення в дискретних точках.

Величина d показує, на скільки близько знаходиться значення i -го зразка до еталону. Класифікація зразків відбуватиметься наступним чином: необхідно визначити діапазон значень ϵ для кожного типу каменю. Це набір значень, близьких за значенням, які сильно відрізняються від іншого набору. Величину ϵ визначають експериментально для кожного типу каменю. Якщо отримане значення d для конкретного зразка потрапляє в діапазон, тобто $d \leq \epsilon$, даний зразок автоматично відноситься до одного типу, якщо $d \gg \epsilon$ – цей зразок відносять до іншого типу.

Фрактальна розмірність для двохвимірному простору вираховується в середовищі FracLab за допомогою вбудованої функції Box Dimension. В меню Dimension пункт Box Dimension функція Grayscale image. Дана функція показує імовірність знаходження точки контуру об'єкта в найменшій клітині площини (значення пікселя зображення). Результат виконання функції – числове значення в діапазоні від 1 до 2, що відповідає фрактальній розмірності конкретного зображення. Фрактальна розмірність для трьохвимірному простору також вираховується в середовищі FracLab за допомогою функції Regularization Dimension, що показує імовірність знаходження значення висоти (амплітуди) в найменшому кубі простору (величину пікселя). Результат виконання функції – числове значення в діапазоні від 2 до 3, що відповідає фрактальній розмірності конкретного зображення.