

Є.С. Купкін, к.т.н., доц.  
Ю.О. Подчашинський, к.т.н., доц.  
Житомирський державний технологічний університет

### ЦИФРОВА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ – ШЛЯХ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕСТЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ. ВИГЛЯД ЛИЦЬОВОЇ ПОВЕРХНІ

*На основі аналізу різних методів визначення кількісних характеристик текстури доведена можливість розрахунку чисельних показників зовнішнього вигляду поверхні облицювального каменю. Ці показники можна використовувати для контролю якості й приймання промислової продукції. Накреслені напрямки подальших робіт.*

Зовнішній вигляд поверхні облицювального каменю має важливе значення при його застосуванні для оздоблення різноманітних споруд та визначає його якість як промислового виробу.

Контроль і відбракування виробів з облицювального каменю виконується на етапі його обробки. Такий контроль потребує визначення ряду показників якості. Для виробів з облицювального каменю використовуються естетичні показники якості їх поверхні [4]:

- вигляд лицьової поверхні;
- колір лицьової поверхні;
- відхилення показників зовнішнього вигляду (наявність пузирів, пліщин тощо).

Зовнішній вигляд природного каменю залежить від його кристалічної структури, хімічного складу, процесу утворення. Тому між показниками якості зовнішньої поверхні та фізичними і технічними характеристиками каменю повинні існувати сильні автокореляційні залежності [3]. Це вказує на принципову можливість оцінки механічних характеристик каменю на основі вимірювання показників якості зовнішньої поверхні.

Таким чином, задача кількісного визначення показників якості зовнішньої поверхні природного облицювального каменю є досить актуальною.

Однак виявляється, що показники зовнішнього вигляду каменю, які зараз застосовуються, не мають числового визначення. Відповідно до ДСТУ БВ 2.7-16-95 [4], головні показники якості (вигляд та колір зовнішньої поверхні) визначаються шляхом порівняння з еталонами (узгодженими зразками). Такий стан справ пояснюється труднощами, що виникають при отриманні числових значень цих показників на основі традиційних засобів. Це пов'язано, насамперед, з великим обсягом даних, які необхідно обробити при розрахунку показників якості. Але застосування сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій для обробки відеозображень каменю дозволяє подолати ці труднощі.

В даній статті розглядаються можливі варіанти застосування інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеозображень для кількісного визначення показників якості природного облицювального каменю.

Для визначення характеристик кольору доцільно використовувати теоретичні положення колориметрії – науки, яка розглядає питання кількісного визначення кольору. В результаті проведених досліджень [11] встановлено, що кількісні показники кольору можуть бути визначені шляхом цифрової обробки відеозображень поверхні каменю. При цьому інформація про колір повинна бути представлена в одній із стандартних кольорових схем.

Важливою характеристикою зовнішнього вигляду поверхні облицювального каменю є її текстура, тобто прояв на поверхні виробу внутрішньої будови каменю [2], [9]. Текстура утворюється періодичним повторенням структурних елементів цієї текстури, які є геометричними фігурами певного розміру та форми, колір яких відрізняється від кольору фону. Текстура може бути кількісно охарактеризована геометричними ознаками її структурних елементів [1], [6].

Загалом, поняття текстури поверхні використовується досить широко [5], [6]. Текстура може бути штучного і природного походження. В комп'ютерній графіці вирішується проблема синтезу штучних текстур різноманітних поверхонь для створення псевдореалістичних зображень. Але, в даному випадку нас цікавить зворотна задача – аналіз текстури поверхні каменю, тобто аналіз текстури природного походження.

Для вирішення задачі аналізу текстури необхідно сформулювати цифрове відеозображення поверхні облицювального каменю і виконати його обробку засобами сучасної обчислювальної техніки (рис. 1).

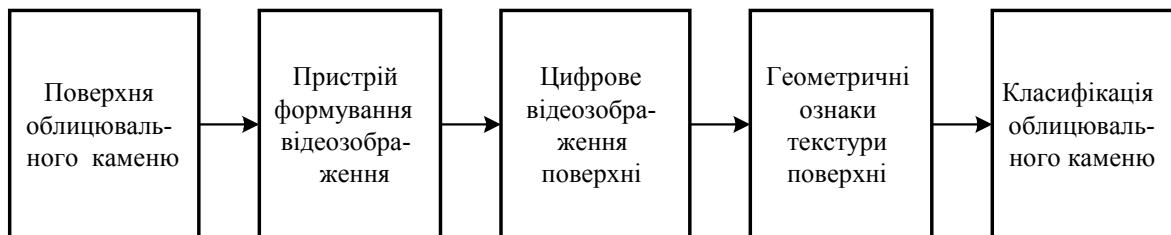


Рис. 1. Схема визначення числових показників текстури поверхні облицювального каменю

Для формування відеозображень поверхні каменю доцільно використовувати стандартні пристрої формування відеозображень (сканер, цифровий фотоапарат або цифрова відеокамера) [7], [8] звертаючи увагу на технічні характеристики цих пристроїв, суттєві для отримання необхідної вимірювальної відеоінформації [12].

В процесі цифрової обробки відеозображень поверхні облицювального каменю потрібно визначити кількісні ознаки текстури поверхні, які використовуються для контролю і приймання промислової продукції з облицювального каменю. Також потрібно виконати класифікацію цього каменю у відповідності до загальноприйнятих підходів в гірничо-геологічній та будівельній галузях.

Основною інтуїтивно зрозумілою ознакою текстури є розмір зерна цієї текстури (розмір структурних елементів текстури).

Відомі такі методи визначення кількісних ознак текстур [8], [10]:

1. Обчислення двовимірного перетворення Фур'є для відеозображення в цілому або для області відеозображення з однорідною текстурою:

$$F(\omega_x, \omega_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Y(x, y) \exp\{-i(\omega_x x + \omega_y y)\} dx dy,$$

або

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} Y(j, k) \exp\left\{\frac{-2\pi i}{N}(ux + vy)\right\},$$

де  $F(\cdot)$  – двовимірний спектр прямокутної області відеозображення, що характеризує текстуру поверхні;

$\omega_x, \omega_y$  – частоти двовимірного спектра;

$Y(\cdot)$  – функція, що описує початкове відеозображення;

$x, y$  – безперервні координати в площині відеозображення;

$N$  – розмір прямокутної області відеозображення, для якої обчислюється спектр;

$j, k$  – дискретні координати в площині відеозображення,  $j = 0, 1, \dots, N-1, k = 0, 1, \dots, N-1$ ;

$u, v$  – номери гармонік дискретного спектра,  $u = 0, 1, \dots, N-1, v = 0, 1, \dots, N-1$ ;

Оскільки розмір структурних елементів текстури пропорційний періоду коливаний функції  $Y(\cdot)$ , то значення відповідних гармонік двовимірного спектра є кількісною мірою текстури деякої поверхні.

2. Обчислення просторової автокореляційної функції відео зображення:

$$K(\varepsilon, \eta, j, k) = \frac{\sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} Y(m, n) Y(m - \varepsilon, n - \eta)}{\sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} Y^2(m, n)},$$

де автокореляційна функція  $K(\cdot)$  обчислюється у вікні розміром  $(2W+1) \times (2W+1)$  для кожної точки відеозображення  $Y(j, k)$  при значеннях зсуву  $\varepsilon, \eta = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm T$ .

Розмір зерна текстури пропорційний ширині автокореляційної функції, що і є кількісною мірою текстури деякої поверхні.

3. Визначення кількості перепадів яскравості в околиці деякої точки відеозображення і обчислення ознаки:

$$R(u, v) = \frac{1}{(2W + 1)^2} \sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} E(m, n),$$

де  $E(m, n)$  – контурний препарат, отриманий в результаті виділення контурів на початковому відеозображенні.

Зрозуміло, що кількість перепадів яскравості залежить від розміру структурних елементів текстури і може бути кількісною мірою текстури деякої поверхні.

4. Обчислення гістограми довжин серій, тобто кількості однакових дискретних точок відеозображення, що розташовані одна за одною в певному напрямку. Довжина серії залежить від розміру структурних елементів текстури і може бути кількісною мірою текстури деякої поверхні.

5. Описання текстури поверхні на основі фракталів, що є загально відомим підходом до визначення структур і текстур поверхонь природного походження.

Всі перераховані методи можуть бути використані для теоретичного описання і аналізу текстур поверхонь природного походження. Але в даному випадку потрібно сформувати кількісні показники, які відповідають метрологічній суті задачі, що вирішується, і які можна використовувати в умовах виробництва продукції з природного каменю. Ці показники повинні мати простий і однозначний зв'язок з характеристиками текстури і структури поверхні каменю, які використовуються в гірничо-геологічній і будівельній галузях [2], [4], [9]. Для визначення таких характеристик повинна використовуватися якомога менша кількість обчислювальних операцій в цифровій ЕОМ, що важливо при масовому контролі промислової продукції.

З цієї точки зору методи 1, 2 і 5 досить складні щодо реалізації обчислень. Методи 1, 2 і 3 не призводять до безпосереднього визначення кількісних значень загальноприйнятих характеристик текстури і структури поверхні облицювального каменю. Методи 3 і 4 залежать від впливу шумів, що наявні на відеозображеннях.

Тому пропонується для визначення та порівняння структури і текстури поверхні облицювального каменю використовувати геометричні характеристики структурних елементів цієї поверхні (лінійні розміри і площа цих елементів, їх взаємне розташування, кут орієнтації на площині тощо). Для отримання кількісних показників текстури потрібно обчислити гістограму для кожної з вказаних геометричних характеристик в межах всього відеозображення або деякої області відеозображення, що має однорідну текстуру.

Для ілюстрації запропонованого методу визначення геометричних характеристик текстури облицювального каменю наведемо декілька прикладів (рис. 2).

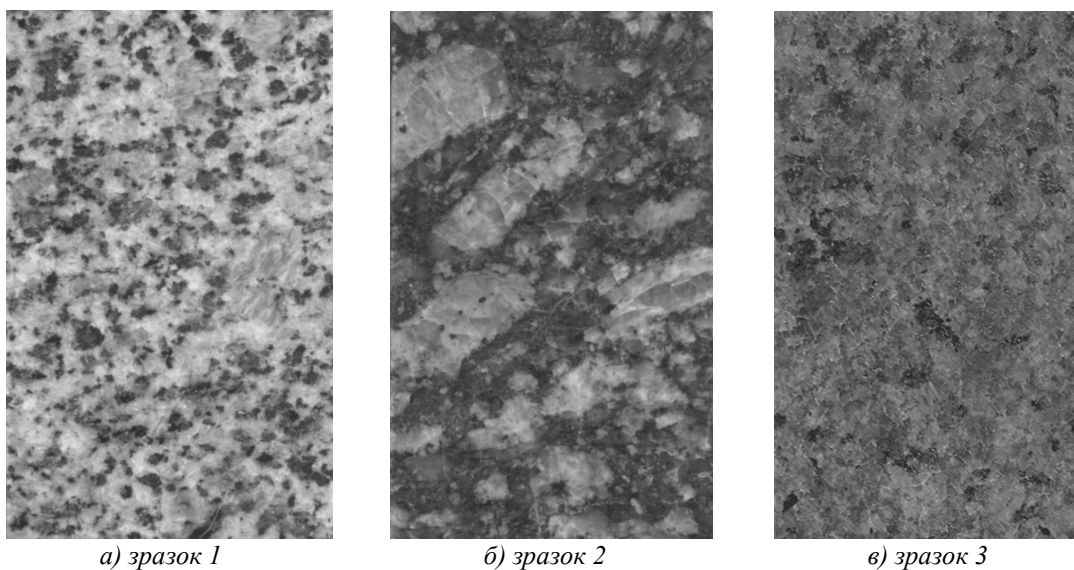
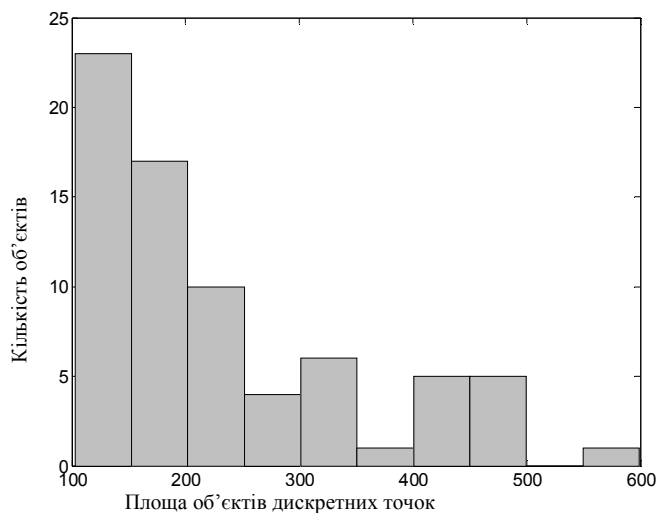
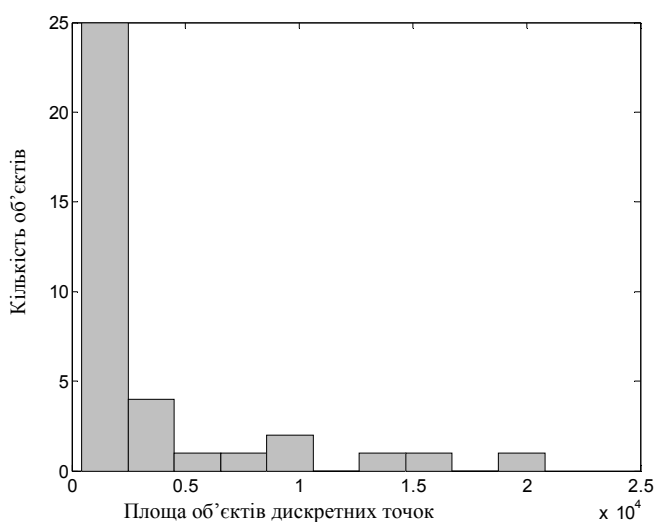


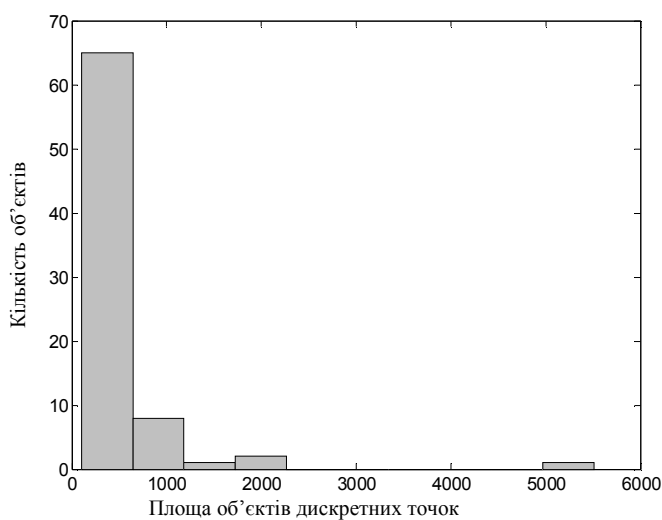
Рис. 2. Зразки природного облицювального каменю



а)



б)



в)

Рис. 3. Результат визначення геометричних характеристик структурних елементів текстури: а) гістограма для зразка 1; б) гістограма для зразка 2; в) гістограма для зразка 3

Текстура зразка 1 складається з дрібних структурних елементів, тому всі значення площ цих елементів на гістограмі розташовані в області малих значень (рис. 3, а). Зразки 2 і 3 мають більший розмір структурних елементів текстури, а зразок 2 – декілька досить крупних елементів, що знайшло відображення на гістограмах (рис. 3, б і 3, в).

#### Висновки

В результаті проведених досліджень доведена можливість розрахунку числових показників, що характеризують зовнішній вигляд (текстуру) поверхні облицювального каменю. Запропоновано визначення та порівняння зовнішнього вигляду поверхні облицювального каменю виконувати шляхом розрахунку геометричних характеристик структурних елементів текстури цієї поверхні (лінійні розміри і площа цих елементів, їх взаємне розташування, кут орієнтації на площині тощо). Отримані результати цілком відповідають рівню практичних вимог до процедури контролю поверхні виробів з облицювального каменю.

Отримані результати можуть бути використані для класифікації зразків природного каменю, створенню комп'ютерного банку даних облицювальних каменів родовищ України, а також при розробці автоматизованих систем в промисловості з видобування і обробки облицювального каменю.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Абламейко С.В., Лагуновский Д.М.* Обработка изображений: технология, методы, применение. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 300 с.
2. *Бакка Н.Т., Ильченко И.В.* Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 304 с.
3. *Грабар І.Г.* Термоактиваційний аналіз та синергетика: Наукова монографія. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 312 с.
4. ДСТУ БВ 2.7-16-95. Матеріали стінові кам'яні. Номенклатура показників якості. – К.: Державний комітет у справах містобудування і архітектури, 1996.
5. *Петров М.Н., Молочков В.П.* Компьютерная графика: Учебник. – СПб.: Питер, 2002. – 736 с.
6. *Прэтт У.* Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 792 с.
7. *Шарыгин М.Е.* Сканеры и цифровые камеры. – СПб.: ВНУ. – Санкт-Петербург, 2000. – 384 с.
8. *Шлихт Г.Ю.* Цифровая обработка цветных изображений. – М.: ЭКОМ, 1997. – 336 с.
9. Добыча и обработка природного камня: Справочник / Под ред. А.Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
10. *Федер Е.* Фракталы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 260 с.
11. *Купкін Є.С.* Цифрова обробка зображень – шлях до визначення естетичних показників якості декоративного каменю. Колір // Вісник ЖІТІ. – 2002. – № 4(23). – С. 104–110.
12. *Подчашинський Ю.О.* Дослідження процесу введення відеозображень від зовнішнього джерела у персональний комп'ютер // Вісник ЖІТІ, 1999. – № 10 – С. 151–155.

КУПКІН Євген Савелійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- апаратні та програмні засоби обробки сигналів;
- цифрова обробка відеозображень.

ПОДЧАШИНСЬКИЙ Юрій Олександрович — кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання механічних величин;
- цифрова обробка відеозображень.

Подано 25.01.2004

**Купкін Є.С., Подчашенский Ю.О.** Цифрова обробка зображень – шлях до визначення естетичних показників якості облицювального каменю. вигляд лицьової поверхні

**Купкин Е.С., Подчашинский Ю.А.** Цифровая обработка изображений – путь к определению эстетических показателей качества облицовочного камня. Текстура

**Kupkin E.S., Podchashinsky Yu.A.** Digital image processing - path to definition of aesthetic metrics of quality of a decorative stone. Texture

УДК 004.932:553.242.62

**Цифрова обробка зображень – шлях до визначення естетичних показників якості облицювального каменю. вигляд лицьової поверхні / Є.С. Купкін, Ю.О. Подчашенский,**

На основі аналізу різних методів визначення кількісних характеристик текстури доведена можливість розрахунку чисельних показників зовнішнього вигляду поверхні облицювального каменю. Ці показники можна використовувати для контролю якості й приймання промислової продукції. Накреслені напрямки подальших робіт.

УДК 004.932:553.242.62

**Цифровая обработка изображений – путь к определению эстетических показателей качества облицовочного камня. Текстура / Е.С. Купкин, Ю.А. Подчашинский // Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 1(28) / Технічні науки. – С. ??–??. – Бібліогр.: 12 назв.**

На основе анализа различных методов определения количественных характеристик текстуры доказана возможность расчета численных показателей внешнего вида поверхности облицовочного камня. Эти показатели можно использовать для контроля качества и приемки промышленной продукции. Намечены направления дальнейших работ.

УДК 004.932:553.242.62

**Digital image processing - path to definition of aesthetic metrics of quality of a decorative stone. Texture / E.S. Kupkin, Yu.A. Podchashinsky // Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 1(28) / Технічні науки. – Р. ??–??. – Refs.: 12 titles.**

The possibility of calculation of numerical metrics of appearance of a surface decorative stone is proved. This possibility is founded on the analysis of different methods of definition of the quantitative characteristics of texture. This metrics can be used for quality control and acceptance of industrial production. The directions of further research are marked.