

О.В. Іванов, магістрант  
Є.С. Купкін, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

## КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА ВИЗНАЧЕННЯ ЕСТЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ

*Розглянуто основні принципи роботи користувача в програмному середовищі, що призначене для аналізу відеозображень каменю. Наведено теоретичне і розрахункове обґрунтування знаходження запропонованих естетичних показників якості.*

Згідно з ДСТУ БВ 27-16-95 [1] до естетичних показників, що визначають якість декоративного та облицювального каменю, належать:

- 1.5.3. Відхилення показників зовнішнього вигляду (тріщини, сколи ребер та граней, відбитість та притупленість кутів і ребер та ін.).
- 1.5.4. Вигляд лицьових поверхонь.
- 1.5.5. Колір лицьових поверхонь;
- 1.5.6. Відхилення показників зовнішнього вигляду оздоблювального покриття (наколи, пузири, пліщини, напливи, хвилястість та ін.)<sup>1</sup>.

Усі вищезазначені показники повинні застосовуватись для виробів з природного каменю всіх видів при їх виробництві та розробці нормативних документів. Показники 1.5.4, 1.5.5 та 1.5.6 повинні також застосовуватись при сертифікації облицювальної продукції з каменю. Їх відповідність вимогам визначають шляхом візуального порівняння з еталонами (узгодженими зразками). Це призводить до помилок та суб'єктивізму в оцінках. Якщо деякі з показників мали б кількісне визначення, то, проводячи однакові виміри на зразках продукції та еталонах, можна було б суттєво зменшити розбіжності при порівнянні.

В роботах співробітників ЖДТУ [2], [3], [4], [5] показана можливість визначення кількісних оцінок деяких показників якості декоративного та облицювального каменю на основі комп'ютерної обробки їх зображень. Така можливість обумовлена успіхами обчислювальної (комп'ютерної) техніки та апаратури введення/виведення даних, які дозволяють отримати кольорові зображення поверхні каменю і ввести їх в обчислювальне середовище у вигляді цифрових файлів відеозображень.

Однак використання стандартних програм, призначених для роботи з відеозображеннями, незручне, а в більшості випадків і неможливе, бо більшість з них призначена не для визначення і вимірювання параметрів, а для перетворення та корегування зображення, тобто для протилежних цілей.

В даній роботі наведені результати розробки спеціалізованої програми із знаходження і визначення кількісних значень показників, які можуть визначити якість декоративного та облицювального каменю. Як сама програма, так і її призначення мають експериментальний характер. Перш за все це обумовлено тим, що, хоча наявність кількісних оцінок параметрів зразків та еталонів не порушує принцип порівняння, закріпленій стандартом [1], необхідно визначити як самі показники, так і межі їх застосування. В подальшому, враховуючи накопичений досвід, частина програмних функцій буде розширена чи змінена, а частина, мабуть, і вилучена.

Узагальнена структура програми наведена на рис. 1.

Інтерфейсні блоки введення/виведення, а також різні службові програми, які не показані на рисунку, не потребують коментарів, крім уточнення типу відеофайлів. Зображення поверхні каменю, що вводять та виводять (запам'ятовують після здійснення необхідних перетворень), представляються в форматі **.bmp**. Це – піксельний формат, в якому для кожної точки (пікселю) цифрового кольорового відеозображення вказані значення її червоної (**R**), зеленої (**G**) та синьої (**B**) компоненти.

Основу програми формують два блоки спеціальних функцій, завданням котрих є знаходження естетичних показників. При їх наповненні ми виходили із того, що згідно зі

<sup>1</sup> Нумерація та визначення критерію оцінки дано в повній відповідності до стандарту України.

стандартом [1], основою естетичних показників каменю є колір та вигляд лицьових поверхонь, причому колір виступає і як самодостатній показник, і є однією з характеристик вигляду.

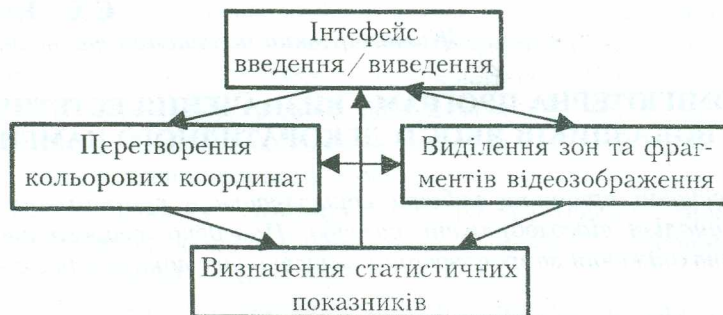


Рис. 1

В [4] запропоновано визначати колір на основі використання однієї з колориметричних систем, що затверджені міжнародним комітетом з освітлення (**МКО**, **CIE** – *Communication Internationale de l'Éclairage*). На наш погляд, така пропозиція найбільш обґрунтована, бо ці системи якраз і призначаються для кольорових вимірів.

Основне ускладнення застосування колориметричних систем пов'язане з великою кількістю зареєстрованих систем та деякими їх особливостями. В усіх них колір відповідає точці (найчастіше) в трьох координатному середовищі, але властивості координат різні. Є різними і сфери основного застосування різних колориметричних систем. І тому можна очікувати їх різну спроможність вирішувати конкретні практичні задачі каменеобробної галузі.

Найбільше розповсюдження має система **RGB**, яка була затверджена **МКО** ще в 1931 р. Обумовлено це тим, що вона враховує фізіологічні властивості зору людини, та тим, що кольорове зображення, зафіксоване в ній, дуже просто відтворити на приладах з трьома відповідними джерелами випромінювання. Наприклад на екрані кінескопа монітора комп'ютера. Більшість засобів введення формують файли, де зафіксовані **RGB** координати.

Інші колориметричні системи **МКО** можуть бути отримані з системи **RGB** шляхом перерахунків за достатньо простими формулами. В програмі можна провести дослідження параметрів зображення в одинадцяти колориметричних системах. Згідно з процедурою перерахунку перетворення починаються з переліку **RGB** координат в систему **XYZ**. Формули (1) демонструють приклад такого перетворення.

$$\begin{cases} X = 0,607 R + 0,1936 G + 0,2004 B; \\ Y = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B; \\ Z = 0 R + 0,0661 G + 0,9339 B; \end{cases} \quad (1)$$

Однак при перерахунках кольорових координат виникають деякі складнощі. При зміні координат базових кольорів змінюються коефіцієнти у виразах, подібних (1). Так було в 1976 р., коли **МКО** декілька їх змінив відносно затверджених раніше. Також вони будуть різними при застосуванні різних джерел зовнішнього опромінення, які мають різний спектральний склад. Для об'єктів, які його віддзеркалюють, це призведе до різного відтінку в кольорі. Щоб запобігти неоднозначності **МКО** затвердив координати стандартних джерел білого світла. Найбільш часто застосовують біле джерело **C** ( $x = 0,31006$ ;  $y = 0,31616$ ;  $z = 0,37378$ ) та **D** ( $x = 0,313$ ;  $y = 0,329$ ;  $z = 0,358$ )<sup>2</sup>. Вирази (1) відповідають джерелу білого **C**. При застосуванні інших типів джерел коефіцієнти в рівняннях змінюються. Програма дозволяє оперативно задавати тип стандартного джерела та самостійно встановлювати значення коефіцієнтів. Вікно редагування коефіцієнтів наведено на рис. 2.

У вікні також надана можливість встановлювати і змінювати  $\gamma$ -фактор (гамма). Останній характеризує нелінійність перетворення яскравості об'єкту в значення цифрових відліків при формуванні відеофайла, а також перетворення відліків у яскравість зображення на екрані монітора. Якщо відомий  $\gamma$ -фактор приладу, з якого отримано цифрове зображення, то можна його скорегувати й добитись лінійного перетворення (загальне значення  $\gamma$  повинне, в цьому

<sup>2</sup>  $x, y, z$  – триколіорові (трихроматичні) координати кольору в системі **XYZ**.

разі, дорівнювати одиниці). Зміною  $\gamma$ -фактору можна також підвищити якість сприйняття зображення, що відображають на дисплеї.

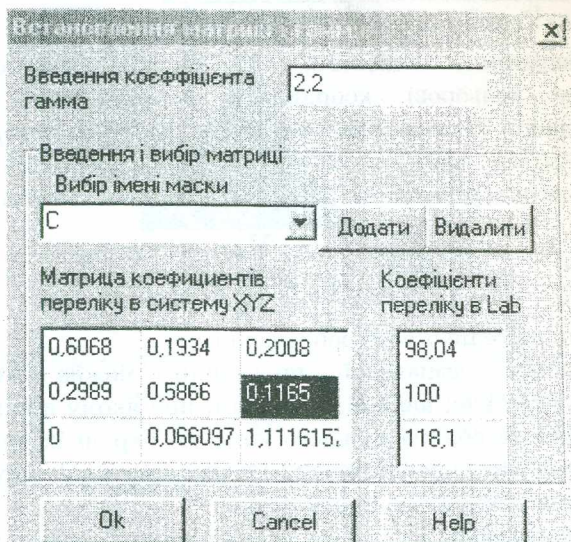


Рис. 2

Застосування координатних систем дозволяє не тільки визначити кількісні показники кольору, а також встановлювати різницю між кольорами. Наприклад, якщо  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  – різниця між кольоровими координатами кольорів  $C_1$  та  $C_2$ , то відстань між ними на хроматичній діаграмі буде:

$$\Delta C = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} \tag{2}$$

Із зростанням відстані  $\Delta C$  кольоровий контраст збільшується. В [4] показана можливість визначити різницю в кольорі зразків при використанні будь-якої кольорової системи. Однак не в усіх з них однакові значення  $\Delta C$  відповідають однаковою відчуттю різниці в кольорі, який сприймає спостерігач. Останнім часом МКО затвердив декілька систем, в яких однакова відстань сприймається (стандартним) спостерігачем однаково незалежно від кольору та яскравості об'єктів, що порівнюються. В цих кольорових системах просліджується чітка кореляція між кількісними значеннями різниці та сприйняттям спостерігача. Якщо обчислену в них різницю віднести до визначеного порогу, то відстань між точками буде характеризувати кольорову різницю між двома зразками. Тобто такі системи можна буде впевнено застосовувати при проведенні порівняння зразків продукції з еталонами.

Серед них найбільш відомі системи, що отримали найменування  $L^*a^*b^*$  (*Lab* чи *LAB*) та  $L^*u^*v^*$ . Вони набули широкого розповсюдження не тільки як науковий інструмент при кольорових вимірах, а також використовуються в промисловості та на виробництві. Наприклад  $L^*a^*b^*$  застосовують для визначення показників, що характеризують колір фарб, пігментів, чорнил та іншої продукції для поліграфії [7]. На її основі також ведеться відбір та бракування виробів із застосуванням еталонів та узгоджених зразків перерахованих видів продукції. Перші дослідження [2], [4] показали придатність системи  $L^*a^*b^*$  не тільки при порівнянні зразків каменю одного родовища, але і при порівнянні каменів з різних родовищ.

В системі  $L^*a^*b^*$  складові визначають:  $L$  – світлоту;  $a$  – розмір червоно-зеленої компоненти в кольорі, що аналізується;  $b$  – розмір жовто-синьої компоненти. Значення координат визначають шляхом обчислень за виразами:

$$L^* = 25 \left( 100 \frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16; \quad a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right]; \quad b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right], \tag{3}$$

де  $X, Y, Z$  – кольорові координати об'єкту в системі  $XYZ$ ;

$X_0, Y_0, Z_0$  – кольорові координати джерела білого світла в системі  $XYZ$ . При джерелі типу  $C$   $X_0 = 98,04$ ;  $Y_0 = 100$ ;  $Z_0 = 118,1$ .

$L^*a^*b^*$  створює прямокутну систему координат. В ній можна обчислити не тільки повну кольорову різницю ( $\Delta$ ), а і розбіжності за насиченістю ( $\Delta_k$ ), яка відображує розходження, обумовлене тільки кольором:

$$\Delta_k = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}, \quad \Delta = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}. \quad (4)$$

Перерахунки за виразами, подібними (1) чи (3), проводять для кожної точки відеозображення. Тому кольорові координати в будь-якій колориметричній системі відображають колір одного пікселя. Як показник кольору поверхні зразка каменю, що досліджується, пропонується вважати колір, якій визначається як середнеарифметичне значення кожної координати всіх пікселів. Наприклад при застосуванні системи  $L^*a^*b^*$ :

$$L_{cp}^* = \frac{\sum_i^N L_i^*}{N}; \quad a_{cp}^* = \frac{\sum_i^N a_i^*}{N}; \quad b_{cp}^* = \frac{\sum_i^N b_i^*}{N}, \quad (5)$$

де  $N$  – загальна кількість пікселів у відеозображенні.

Деяким обґрунтуванням зазначеної пропозиції можна вважати як природність запропонованого підходу, так і те, що з віддаленням, при якому в більшості випадків дивляться на вироби з декоративного та облицювального каменю, окремі їх зразки будуть мати невеликі розміри, що наближаються до окремої точки. Розрахунки за формулами (5) якраз і зводять показники всієї поверхні до показників однієї точки.

Якщо застосування загальноновизнаних колориметричних систем для описання кольору, на наш погляд, не повинно викликати сумнівів, то при знаходженні показників, що описують вигляд лицьових поверхонь”, виникають значні труднощі. Перш за все вони пов’язані з тим, що немає чіткого визначення цього терміну.

В [7] вказується, що ступінь естетичності природного каменю (його декоративність) достатньо повно може бути оцінена кольором, текстурою і фактурою. Вказано на ознаки, якими вони визначаються та наведено їх бальний розподіл на категорії. До атрибутів кольору належать: кольоровість, насиченість, світлота, кольорова перевага, однорідність та сполучення кольорів. Ознаки текстури – рисунок, структура та прозорість. В [8] в основному зберігаються та доповнюються ознаки декоративності без розподілу за категоріями. В [9] вказується, що вигляд каменю обумовлюється його структурою і текстурою. Структура визначається ознаками: 1) ступенем кристалічності; 2) абсолютними розмірами складових частин; 3) відносними розмірами складових частин; 4) формою складових частин і взаєминами між ними. Текстура – розташуванням складових частин у просторі й способом заповнення об’єму масою породи.

Як ми бачимо, існують значні розбіжності не тільки у визначенні прикмет, на основі яких встановлюють вигляд поверхні каменю, але і в тлумаченні термінів. Можливо це визначається різницею задач, які вирішуються в кожному випадку. Ознаки, запропоновані [7], [8], в основному використовують при оцінці якості родовищ каменів, в [9] – при розгляді процесів формування породи. Спрямуванням стандарту [1] є контроль та відбір продукції при прийманні зразків виробів з каменю, тобто основні задачі виробництва. І саме для їх рішення відсутні аби які кількісні показники.

При розробці програми використане тлумачення, що “вигляд лицьових поверхонь” визначається кольором (з врахуванням його розбіжності по поверхні) і текстурою. Причому поняття “текстура” трактувалося ближче до поняття “рисунок”, що визначається розкидом, розподілом, розташуванням та сполученням кольорів, відносними розмірами та формою складових частин.

На рис. 3 наведений приклад трьох гістограм, що ілюструють розкид та розподіл яскравості  $R$ ,  $G$  і  $B$  координат в зображенні одного з каменів. Додатково у вікні наводяться статистичні показники розподілу.

Подібний розподіл можна зняти для координат будь-якої колориметричної системи, яка реалізована в програмі. Маніпулюючи мишкою та курсором, можна визначити відсоток розподілу, що потрапляє в інтервал яскравості (горизонтальна вісь гістограми), який буде цікавити дослідника.

У режимі виділення можна сформувати зображення будь-якої прямокутної області початкового та і наступних зображень. Відокремлені зони формують в новий проміжний файл, з яким можна проводити усі програмні дослідження. Після закінчення обробки файл або знищують, або присвоюють ім’я і запам’ятовують.

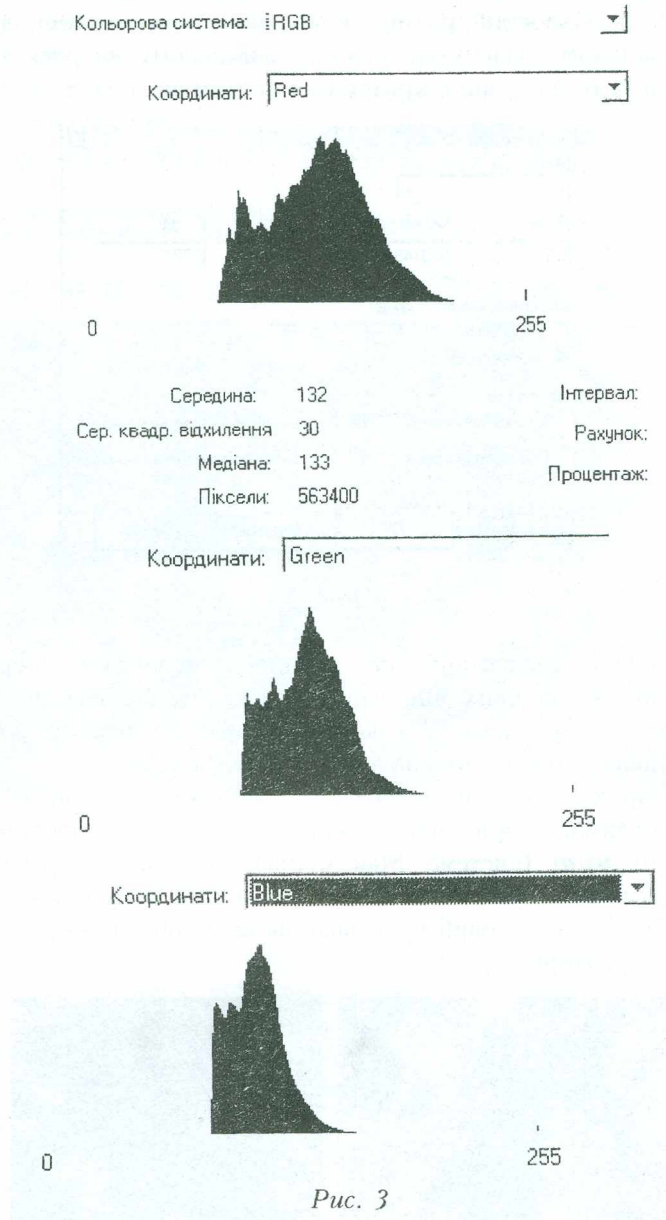


Рис. 3

Для прискорення одержання середніх даних по зонам будь-якого зображення його розподіляють на однакові квадрати, число яких вказують у вікні рис. 4. В ньому ж вказують і параметр, що цікавить (середнє значення чи дисперсія).

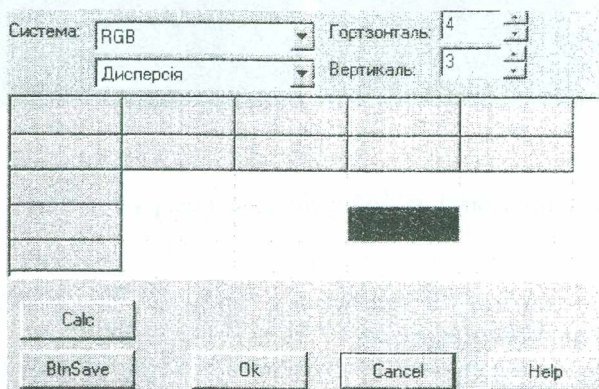


Рис. 4

Ще одним інструментом, що дозволяє оцінити такі показники текстури, як розподіл, розташування кольорів, їх відносний розмір, є кольорова сегментація, тобто виділення зон, колір яких відповідає заданим значенням. У вікні, наведеному на рис. 5, вказують значення кольорових координат та їх розкид, які є критеріями виділення.

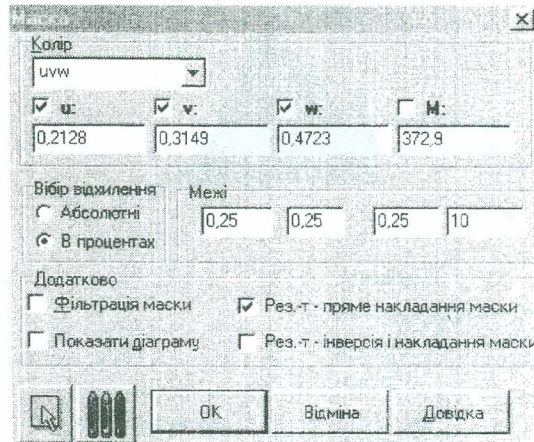


Рис. 5

Після запуску процесу сегментації на дисплеї з'являється зображення, на якому залишаються тільки зони, колір яких відповідає критеріям, що вказані у вікнах рис. 5. На зображення ніби накладається маска. До кожного фрагментованого зображення додається інформація стосовно відносної площі, яка потрапила у виділені зони.

На рис. 6 наведено приклад частини початкового зображення та ще трьох (на дисплеї всі в кольорі), які були отримані при накладенні масок з кольоровими координатами в колориметричній системі *uvw* (система Мак-Адама). Значення координат вказані у вікні рис. 4. Розбіжності (відхилення) були послідовно 1, 0,5 і 0,25 %. Відносна площа виділених зон відповідно 52, 35 і 26 %. Як початковий було використано зображення граніту Капустянського родовища.

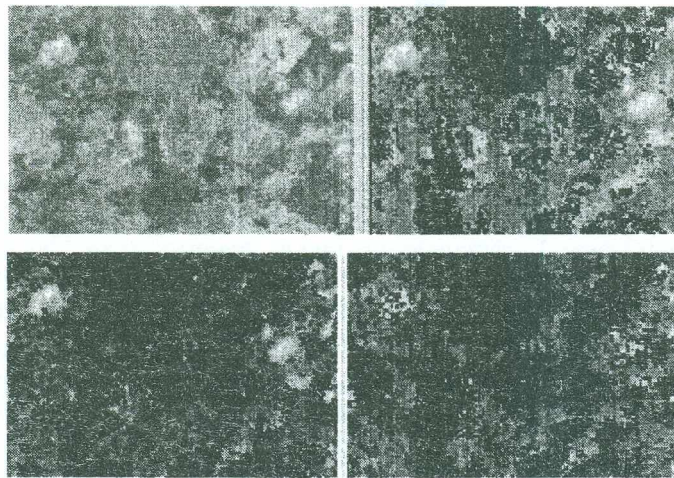


Рис. 6

Вигляд основного вікна програми із зображенням поверхні одного з декоративних каменів наведений на рис. 7.

### Підсумки

Розроблена програма визначення кількісних значень параметрів, що характеризують естетичні властивості декоративного каменю.

Як показники кольору запропоновано обчислювати середнеарифметичне значення по кожній координаті у вибраній колориметричній системі, що затверджена міжнародним комітетом з

освітлення (*Communication Internationale de l'Eclairage*). Програма надає можливість проводити перерахунки координат при застосуванні відеофайлів, наданих у форматі **.bmp**.

Як показники вигляду поверхні каменю запропоновано застосовувати:

- ◆ розподіл яскравості колориметричних координат у вигляді гістограм;
- ◆ значення статистичних показників кольору виділених фрагментів поверхні;
- ◆ відносну площу, яка має колір, з визначеними показниками.

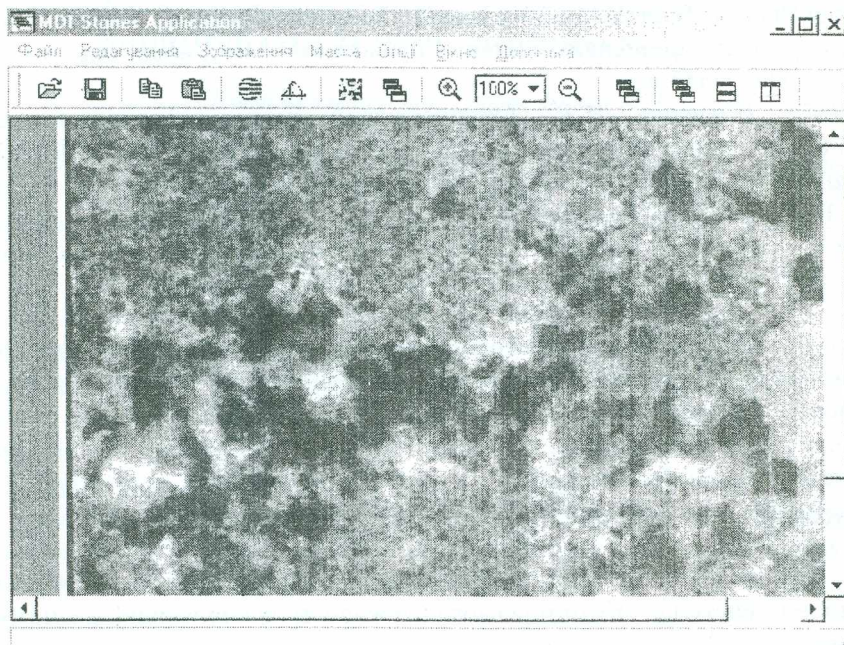


Рис. 7

Як це вказано в назві статі, програма призначена для проведення дослідних робіт. Це обумовлено як тим, що зараз немає загально визнаних кількісних естетичних показників якості, які можуть бути апаратно виміряні, так і значним розкидом зовнішнього вигляду природного каменю та багатоплановістю практичних задач. Тому необхідно визначити як самі показники, так і межі їх застосування. В подальшому, враховуючи накопичений досвід, частина програмних функцій буде розширена чи змінена, а частина, мабуть, і вилучена. Крім того, потрібно мати на увазі, що 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, на існування яких було вказано в [10]. Це вказує на принципову можливість оцінки механічних характеристик каменю на основі вимірювання показників якості зовнішньої поверхні.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. ДСТУ Б В 2.7-16-95. Матеріали стінові кам'яні. Номенклатура показників якості. Державний комітет у справах містобудування і архітектури. – Київ, 1996.
2. Бакка М.Т., Ремезова О.О., Криворучко А.О., Купкін Є.С., Подчашиньський Ю.О. Визначення показників кольору та геометричних характеристик текстури облицювального каменю // Сборник научных трудов Национального горного университета. – 2004. – № 19. – Том 1. – С. 23–30.
3. Михайленко В.В., Гніліцький В.В., Купкін Є.С., Подчашиньський Ю.О. Дослідження можливості визначення інформаційних показників якості декоративного та облицювального каменю на підставі комп'ютерної обробки їхнього зображення: Звіт про НДР (заключний) // УкрІНТЕІ: – Інв. № 0204U000748. – К., 2004. – 120 с.

4. *Купкін Є.С.* Цифрова обробка зображень – шлях до визначення естетичних показників якості декоративного каменю. Колір // Вісник ЖІТІ. – 2002. – № 4(23). – С. 104–110.
5. *Купкін Є.С., Подчашинський Ю.О.* Цифрова обробка зображень – шлях до визначення естетичних показників якості облицювального каменю. Вигляд лицьової поверхні // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2004. – № 1 (28). – С. 133–137.
6. ГОСТ 16873-92 (ИСО 787/1-82). Пигменты и наполнители неорганические. Методы определения цвета и белизны. – Госстандарт России. – Москва. 1993.
7. Добыча и обработка природного камня: Справочник. /Под общ. ред. А.Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
8. *Бакка Н.Т., Ильченко И.В.* Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 304 с.
9. *Саранчина Г.М., Шинкарев Н.Ф.* Петрография магматических и метаморфических пород. – Л.: Недра, 1967. – 324 с.
10. *Грабар І.Г.* Термоактиваційний аналіз та синергетика: Наукова монографія. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 312 с.

ІВАНОВ Олег Володимирович – магістрант кафедри автоматики та управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- програмування систем управління;
- цифрова обробка відеозображень.

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

Наукові інтереси:

- апаратні та програмні прилади обробки сигналів;
- цифрові методи дослідження показників відеозображень;
- медична електроніка.

Подано 23.09.2004