

АЛГОРИТМ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КАМНЯ ПОСЛЕ ШЛИФОВКИ

Адигамов К.А., Воронин В.В., Деркачев И.С., Сизякин Р.А., Гапон Н.В.

ФГБОУ ВПО «Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ», Шахты, Россия (346500, Шахты, ул. Шевченко, 147), derk-igor@yandex.ru

При шлифовании камня на современных камнеобрабатывающих предприятиях, в коммунальном хозяйстве и сфере услуг, а также при выполнении строительно-отделочных работ, к обработанной поверхности предъявляются высокие требования качества. Оценка поверхности происходит визуально, тактильно или способом профилометрирования, что не отвечает современным требованиям. В связи с этим было разработано программное обеспечение для ПК и мобильных платформ Android и IOS «Программа для определения шероховатости поверхности камня». Сущность ее заключается в том, что поскольку двумерные изображения не несут в себе информации о глубинной составляющей поверхности камня, предлагается подход, основанный на выделении на исходном изображении локальных участков и соотнесении их к классам с различным уровнем шлифовки. После чего в зависимости от того, каких участков больше на изображении, происходит вывод об уровне шлифовки всей поверхности.

Ключевые слова: оценка качества поверхности, шлифовка, исходные изображения, LBP оператор, локальные участки.

ALGORITHM AND OPERATION PROGRAM FOR DETERMINING ROUGHNESS STONE SURFACE AFTER POLISHING

Adigamov K.A., Voronin V.V., Derkachev I.S., Sizyakin R.A., Gapon N.V.

Institute of service and entrepreneurship (branch) Don state technical university, Shakhty, Russian Federation (346500, Shakhty, st. Shevchenko, 147), derk-igor@yandex.ru

When grinding stone in modern stone processing factories, utilities and services, as well as for construction and finishing works, to the treated surface high demands of quality. Evaluation of visual surface is-but, tactile or profilometrirovaniya way that does not meet modern requirements. In this regard, we developed software for PC and mobile platforms Android and IOS «Program to determine the surface roughness of stone." Its essence lies in the fact that, since the two-dimensional images do not carry information about the depth of the surface of the stone, an approach based on the allocation of the original image Lo-local sites and correlate them to the classes with different levels of grinding. After that, the ble on any more portions of the image is output on the level of the entire grinding surface.

Keywords: quality assessment of surface grinding, original images, LBP operator, local areas

На современных камнеобрабатывающих предприятиях, в промышленном и гражданском строительстве, а также в коммунальном хозяйстве и сфере услуг оценка качества обработанной поверхности изделия в настоящее время производится визуально, тактильно или способом профилометрирования [1, 5], что не отвечает современным требованиям.

В связи с этим, была поставлена задача по созданию программного обеспечения, позволяющего произвести оценку любого участка обработанной поверхности путем ее сканирования либо фотографирования в режиме макросъемки.

На основании ранее проведенных исследований и полученных экспериментальных данных было разработано автономное программное обеспечение для персональных компьютеров и мобильных платформ Android и IOS: «Программа для определения шероховатости поверхности камня» [4].

Так как двумерные изображения не несут в себе информации о глубинной составляющей поверхности камня, предлагается подход, основанный на выделении на исходном изображении локальных участков и соотнесении их к классам с различным уровнем шлифовки. После чего в зависимости от того, каких участков больше на изображении, происходит вывод об уровне шлифовки всей поверхности.

На начальном этапе входное изображения $I_{i,j}$ разбивается на r областей $L_{m,n}^r$, где $m = \overline{1,t}, n = \overline{1,t}$. Значение t задается априорно и зависит от разрешения обучающей выборки и входного изображения $I_{i,j}$. В данной работе значение $t = 100$. После чего для каждого $L_{m,n}^r$ фрагмента формируется вектор признаков (дескриптор). Для формирования данного вектора признаков был использован модифицированный текстурный оператор LBP.

Оригинальный LBP [6] оператор рассчитывается путем сравнения каждого пикселя вокруг центрального пикселя, принятого за пороговое значение, в локальной области размером 3 на 3 пикселя. Если центральный пиксель меньше или равен соседнему, то на его место записывается 1, иначе 0. В результате проделанной операции центральному пикселю соответствует 8-битный двоичный код, что показано на рисунке 1.

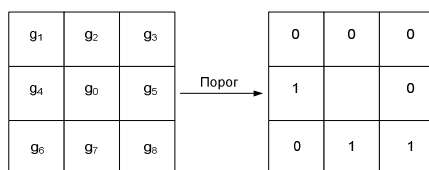


Рис. 1. LBP оператор

В работе [7], была предложена модификация оригинального оператора LBP [6]. Суть модификации заключается в увеличении радиуса пикселей, которые сравниваются с центральным пикселем. Также выделены 9 uniform patterns, которые несут наибольшую информативность о текстурных особенностях изображения (рисунок 2), а также позволяют сократить количество мало информативных бинов. Каждый из 9 uniform patterns соответствует своей текстурной особенности изображения, таких как ребра, углы и пятна.

Модифицированный LBP оператор может быть записан следующим образом:

$$LBP_{P,K} = \begin{cases} \sum_{p=1}^P f(g_p - g_0) & \text{if } U \leq U_T \\ P+1 & \text{otherwise} \end{cases}, \quad f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

где P – число соседей;

K – радиус;

U – число переходов между 1 и 0;

U_T – пороговое значение на количество переходов.

Таким образом, формируется гистограмма для локальной области, представляющая собой дескриптор для анализа локальных областей на изображении.

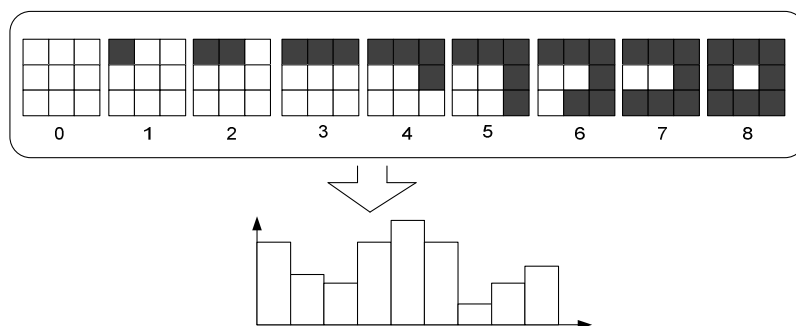
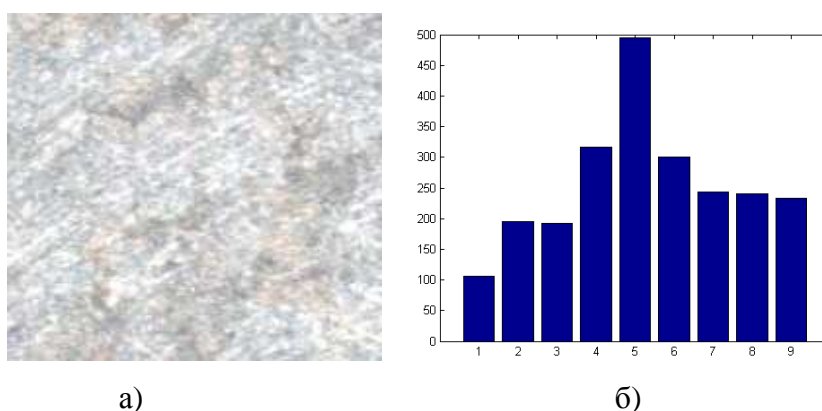


Рис. 2. Uniform patterns оператора LBP

Результат работы описанного оператора LBP приведен на рисунке 3.



а) – фрагмент поверхности $L_{m,n}$ гранита, б) – гистограмма оператора LBP

Рис. 3. Результат работы оператора LBP

Для классификации и соотнесения каждого участка к определенному уровню шлифовки используется метод опорных векторов (SVM) [2].

Для пояснения работы метода опорных векторов рассмотрим задачу классификации для объектов двух классов [7].

Пусть заданы:

- множество X обучающих объектов, заданных векторами признаков $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, $X \subset R^d$ (X является подмножеством евклидова пространства размерности d);

- множество Y ответов для обучающих объектов: $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, $y_k \in \{-1, +1\}$ ($k = 1..n$).

Тогда задача классификации состоит в построении такой функции f (классификатора), в которой каждому вектору X_k ($k = 1..n$) соответствует правильный ответ y_k .

В методе SVM в качестве функции f выбрана плоскость, расстояния до которой ближайших векторов обоих классов равны (рисунок 4). Ближайшие точки-векторы называются опорными. При этом для всех объектов одного класса должно выполняться неравенство $f(X_k) > 0$, а для всех объектов другого класса – неравенство $f(X_k) < 0$ [8, 9].

Уравнение разделяющей плоскости имеет следующий вид:

$$w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_dx_d + w_0 = 0,$$

где d – размерность пространства признаков;

$W = (w_1, w_2, \dots, w_d)$ – направляющий вектор;

w_0 – скалярный порог.

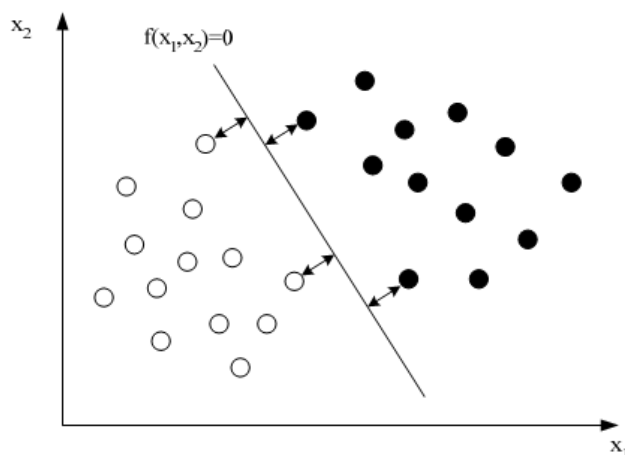


Рис. 4. Иллюстрация метода для двумерного пространства признаков

В методе опорных векторов выделяют два этапа: этап обучения и этап распознавания. На первом этапе из множества обучающих примеров отбираются опорные векторы, на основе которых строится разделяющая плоскость. Этап распознавания заключается в том, что на вход полученного классификатора подается пример X , о классовой принадлежности которого ничего не известно. Классификатор должен дать ответ, к какому классу относится вектор X . Следует отметить, что метод SVM может применяться как для линейно разделимых образов, так и для линейно неразделимых. Во втором случае используется либо линейная разделяющая функция с мягкой границей (т.е. допускается минимальное количество ошибок классификации), либо осуществляется переход в пространство большей размерности, в котором образы становятся линейно разделимыми.

В данной работе для построения разделяющей гиперплоскости используется радиальная базисная функция

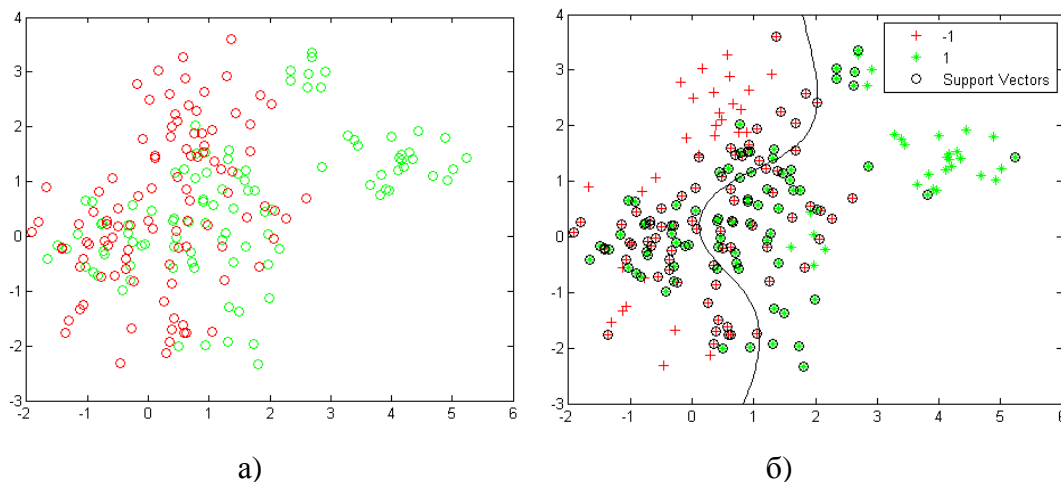
$$k(x, x') = \exp(-\gamma \|x - x'\|^2) \text{ при } \gamma > 0,$$

где x – текущий вектор;

x' – центральный вектор;

γ – нормализующий параметр;

Пример использования данного ядра приведен на рисунке 5.



а) – входные значения, б) – пример разделяющей плоскости

Рис. 5. Иллюстрация построения разделяющей гиперплоскости

Для формирования обучающей выборки и построения разделяющей гиперплоскости было использовано 300 изображений с различным уровнем шлифовки. Размер изображений составляет 100×100 пикселей.

Следует отметить, что для корректной работы алгоритма исходное изображение $I_{i,j}$ должно иметь разрешающую способность, не менее 600 точек на дюйм (600dpi).

На заключительном этапе происходит оценка количества участков. В зависимости от того, с каким уровнем шлифовки участки больше, к такому классу и относится все изображение (делается вывод о принадлежности всего изображения к определенному уровню шлифовки).

Список литературы

1. Берлин Ю.И. Обработка строительного и декоративного камня: Учебное пособие для профтехучилищ / Ю.Я. Берлин, Ю.И. Сычев, И.Я. Шалаев. – Л.: Стройиздат. Ленинград. отделение 1979. – 232 с., ил.
2. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным / В.Н. Вапник. — М.: Наука, 1979. – 448 с.
3. Котельников, Е.В. Параллельная реализация машины опорных векторов с использованием методов кластеризации / Е.В. Котельников, А.В. Козвонина // ПаВТ 2008 Труды международной научной конференции, Санкт - Петербург 2008. – С. 417 – 421.
4. Свидетельство РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ №2014660208 «Про-

грамма для определения шероховатости поверхности камня» / Адигамов К.А., Деркачев И.С., Воронин В.В., Сизякин Р.А., Гапон Н.В. опубл. 2.10.2014.

5. Сычев Ю.И. Шлифовально-полировальные и фрезерные работы по камню: Учебник для средних проф.-техн. училищ / Ю.И. Сычев, Ю.Я. Берлин. – М.: Стройиздат, 1985. – 312 с, ил.

6. Pietikäinen M. Texture analysis in industrial applications, Image Technology - Advances in Image Processing, Multimedia and Machine Vision, (Ed. J.L.C. Sanz) / M. Pietikäinen, T. Ojala // Springer-Verlag, 1996. – P. 337-359.

7. Ojala T. Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence / T. Ojala, M. Pietikaeinen, T. Maenpaa // vol. 24, no. 7, 2002

8. Vapnik V.N. The Nature of Statistical Learning Theory / V.N. Vapnik. Springer-Verlag, 1995.

9. Vapnik V.N. Statistical Learning Theory / V.N. Vapnik. New York: Wiley, 1998.

Рецензенты:

Евстратов В.А., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Машины и оборудование предприятий стройиндустрии», ШИ ЮРГПУ (НПИ) филиал ЮРГПУ им М.И. Платова, г. Шахты;

Кожемяченко А.В., д.т.н., проф., кафедры «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Шахты.