

Алгоритмы выбора и сопоставления признаков векторов цифровых изображений на основе анализа локальных экстремумов

М. Т. Тухтасинов, email: mumtozali@yahoo.com
М. М. Тулкиналиева, email: madina20042708@gmail.com

Наманганский инженерно-строительный институт

***Аннотация.** В статье предлагаются новые алгоритмы выделения распознаваемых признаков одномерных векторов, полученных из цифровых изображений, и их сравнения. Векторы хранят один байт, то есть значения в диапазоне $0 \div 255$, взятые из изображения в градациях серого. В качестве идентификационных признаков были взяты признаки холмов, расположенных в интервалах локальных минимумов вектора. В частности, берется площадь выбранного холма, его ширина, координата локального максимума, расположенного на этом холме и т.д.*

***Ключевые слова:** цифровое изображение, одномерный вектор, локальные экстремумы, холмы вектора, идентификационные признаки, сравнение.*

Введение

В настоящее время существует множество научных и практических задач, связанных с обработкой и распознаванием цифровых изображений. В частности, биометрическая идентификация человека [1,2,9], распознавание автомобильных номеров [3], автоматическое чтение текстов на изображениях [4], анализ астрономических изображений [5] и др. На сегодняшний день в этой научной области разработаны ряд методы и алгоритмы, в частности, позволяющие распознавать цифровые изображения [1,6,7]. В свою очередь, они улучшаются.

Мы также проводили исследования в этом направлении и добились определенных результатов. В нашем исследовании были разработаны алгоритмы сравнения значений одномерных векторов A и B , то есть массивов. Одномерные векторы столбцов или строк цифровых изображений берётся в виде массива. Векторы хранят один байт, то есть значения в диапазоне $0 \div 255$, взятые из изображения в градациях серого. В качестве признаков приняты характеристики холмов, расположенных в области границ локальных экстремумов вектора. Существуют

различные методы и способы определения экстремумов [8]. В разработанном алгоритме мы также использовали специальную версию обнаружения экстремумов.

1. Формирование векторов из цифрового изображения

Обычно, цифровые изображения формируются в цветовой шкале RGB (красный, зеленый, синий). Однако для решения научных и практических задач, связанных с изображениями, в большинстве случаев цветные изображения преобразуются в полутонового [1,7]. При этом цветовой диапазон сокращается с 16,7 млн. до 256, что немного упрощает расчеты. Мы следовали той же процедуре в нашем исследовании. В качестве примера мы взяли полутоновое изображение лица (рис. 1).



Рис. 1. Полутоновое изображение лица

На протяжении всего нашего исследования мы будем работать с одномерными векторами. Поэтому мы извлекаем одномерные векторы из столбцов и строк цифровых изображений. Предположим, что ширина изображения равна W , а высота H пикселей, тогда будем формировать W векторов длины H по столбцам, т.е. по вертикали. То есть 1-й вертикальный вектор длины H генерируется из пикселей в столбце 1, 2-й вертикальный вектор длины H генерируется из пикселей в столбце 2 и т.д., и, наконец, W -й вертикальный вектор длины H генерируется из пикселей в W -й столбце. В том же порядке формируем по строкам H горизонтальных векторов длины W . Таким образом, из изображения размером $W \times H$, W по вертикали, H по горизонтали можно сформировать $W+H$ одномерные векторы. Например, графическое представление значений вектора, полученного из строки 12 (горизонтальной) изображения на рисунке 1, показано на рисунке 2.

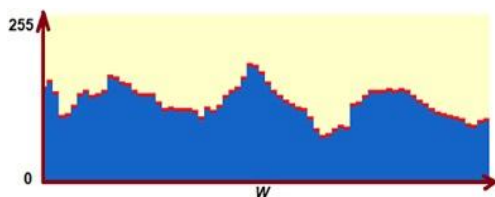


Рис. 2. Графическое представление значений вектора

2. Идея для извлечения идентификационных признаков вектора

Как известно, сходство формы векторов можно определить разными способами. Существует несколько методов сравнения, таких как расчет коэффициента корреляции [1], хи-квадрат [9] и др.

Предлагаемый нами метод рассматривает возможность сравнения вектора (или графа) на сходство по форме. В качестве идентификационных признаков берутся характерные признаки холмов, находящиеся в пределах локального минимума (L_V^{min}) значений вектора V . В частности, берется площадь выбранного холма - s_h , его ширина - w_h и координата локального максимума - L_h^{max} , расположенного на этом холме. На рисунке 3 мы можем визуальнo увидеть эти параметры для одного холма, взятого из вектора, показанного на рисунке 2.

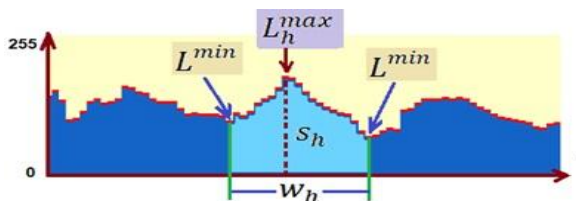


Рис. 3. Признаки для одного выбранного холма

Для всех холмов вектора V определены те же признаки, что и в этом примере. В дальнейшем решается задача сравнения векторов по этим признакам.

3. Алгоритм извлечения векторных признаков

Для определения признаков холмов вектора V был разработан следующий алгоритм.

«Алгоритм извлечения векторных признаков» состоит из следующих шагов:

- 1) В N -мерном векторе V определяется среднее значение, то есть:

$$T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i . \quad (1)$$

2) Определяем места «возрастание» и «понижение» вектора. То есть определяем левый и правый края холма на средней оси T . Мы присваиваем эти местоположения другому массиву C . То есть:

$$C_k = \begin{cases} 1, & \text{if } V_k \leq T \text{ and } V_{k+1} > T, \\ 2, & \text{if } V_k > T \text{ and } V_{k+1} \leq T. \end{cases} \quad (2)$$

где 1 – «возрастание», 2 – «понижение», $k \in [0, N]$.

3) Для каждого холма находим локальные максимумы между 1 и 2. Мы можем указать расположение локальных максимумов цифрой 1 в массиве M^{\max} . То есть:

$$M_l^{\max} = 1, \quad (3)$$

где $1 \in \max \{C_l^1, C_l^2\}$, l - порядковый номер холма.

4) Определяем самые низкие края холмов. Это позволяет дать более полное описание холма. Для нахождения нижних краев холма находим локальные минимумы (L_v^{\min}) между ранее найденными локальными максимумами. Мы можем указать расположение локальных минимумов с номером 1 в массиве M^{\min} . То есть:

$$M_l^{\min} = 1, \quad (4)$$

где $1 \in \min (C_l^{\max}, C_{l+1}^{\max})$, l - порядковый номер холма.

5) Определяем признаки холмов, расположенных между двумя локальными минимумами. То есть, площадь рассматриваемого холма - s_h , его ширина - w_h , координата локального максимума - L_h^{\max} , расположенного на этом холме. Наглядное представление этих параметров можно увидеть на рис. 3. Для указанных признаков холмов создадим отдельный массив и поместим в него признаки, то есть:

$$F_H = \{H_1^p, H_2^p, \dots, H_l^p\}, \quad (5)$$

$$p \forall (s_h, w_h, L_h^{\max}).$$

4. Алгоритм сопоставления идентификационных признаков

Предположим, нам даны два вектора А и В, а также их множества признаков F_H^A и F_H^B . Формула сопоставления отдельных холмов из этих множеств выглядит следующим образом:

$$D^{A_s, B_s} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\min(s_h^A, s_h^B) \cdot 100}{\max(s_h^A, s_h^B)} + \frac{\min(w_h^A, w_h^B) \cdot 100}{\max(w_h^A, w_h^B)} \right) - \left(\frac{|L_h^{A_{\max}} - L_h^{B_{\max}}| \cdot 100}{w} + |d_{l, l-1}^A - d_{l, l-1}^B| \right) \quad (6)$$

где $d_{l, l-1}^A$ - отношение расстояния между двумя соседними холмами (по координате центра вершины) в векторе А. То есть:

$$d_{l, l-1}^A = \frac{(c_l - c_{l-1}) \cdot 100}{W} \quad (7)$$

где c_l - координата центра холма в l -м месте, W - длина вектора.

В результате сумма разностей всех признаков холма в множестве признаков по векторам А и В получается по следующей формуле:

$$D^{F(A, B)} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{h=1}^L D^{A_s, B_s} \quad (8)$$

При сравнении по приведенной выше формуле абсолютное сходство векторов дает результат 100.

На основании вышеприведенной формулы, если количество холмов с признаками в векторах А и В равно друг другу, их можно сравнить по соответствующему порядковому номеру. Однако следует отметить, что в реальных задачах количество холмов с признаками (L) в векторах А и В может быть разным. Поэтому из них рекомендуется брать меньшего, то есть $L = \min(L^A, L^B)$. В этом случае, если $L^A \neq L^B$, сравнение нуждается в некоторой оптимизации. То есть для каждого холма, расположенного в меньшем множестве, необходимо решить задачу нахождения соответствующего холма в большем множестве. Для этого мы разработали следующий алгоритм.

«Алгоритм сравнения идентификационных признаков» со случаем $L^A \neq L^B$ состоит из следующих шагов:

- 1) Если $L^A \neq L^B$, перейти к следующему шагу.

2) Определяем границы поиска признаков из большого набора для k -х холмов малого множества. То есть мы определяем Левую (Left) и Правую (Right) границы. В первом состоянии:

$$\begin{aligned} k &= 1; \\ Left &= 0; \\ Right &= L_{\max} - (L_{\min} - Left). \end{aligned} \quad (9)$$

где L_{\max} - длина множества (массива) с большим количеством холмов, L_{\min} - длина массива с малым количеством холмов.

3) Сравнивая признаки k -го холма малого массива с холмами, расположенными между левой и правой границами большого массива, получаем максимальный из них результат D^{A_s, B_s} и обозначаем это место как P_{\max} . В свою очередь обновляем новую границу поиска для следующий $k+1$ -й холм, то есть:

$$\begin{aligned} Left &= P_{\max} + 1; \\ Right &= L_{\max} - (L_{\min} - k) + 1. \end{aligned} \quad (10)$$

4) $k = k + 1$ Если $x \leq L_{\min}$, перейти к шагу 3.

5) Получаем окончательный результат в виде:

$$D^{F(A, B)} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{h=1}^L D^{A_s, B_s} \quad (11)$$

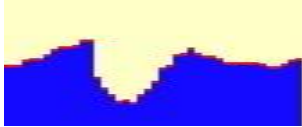





6) Имеем $L^A \neq L^B$, а значит, вычисляем коэффициент разности холмов и вычитаем его из результата, т.е.:

$$D^{F(A, B)} = D^{F(A, B)} - \left\{ \frac{|L^A - L^B|}{L^B} \cdot 100 \right\}. \quad (12)$$

5. Экспериментальный анализ полученных результатов

На основе алгоритмов, разработанных на основе наших исследований, была разработана программа для ЭВМ на языке программирования C++, на основе которой получен ряд результатов и экспериментально исследованы. Значения входных векторов А и В (в диапазоне 0÷255) извлекались из полутонового изображения (по строкам и столбцам). Ниже, в таблице показаны числовые значения некоторых векторов, извлеченных из изображений А и В, их соответствующие графики и результаты их сходства.

Результаты сопоставления векторов

№	Значения множества А и его граф.	Значения множества В и его граф.	Результат подобия множеств А и В.
1	 <p>116;116;116;125;128;130;136;147;152;152;155;164;164;94;72;61;47;50;44;61;69;86;111;116;136;139;150;139;133;133;130;122;122;122;122;122;119;114;114;119;125;128</p>	 <p>114;119;119;119;121;123;125;128;132;132;123;85;85;92;92;92;83;81;81;81;85;110;112;119;123;125;128;128;128;121;110;103;103;110;110;105;105;105;112;112;112;116</p>	50.58
2	 <p>188;191;186;67;61;30;30;30;64;47;55;100;144;155;158;164;161;155;155;155;164;141;103;89;64;19;19;64;69;100;111;122;122;122;122;122;125;128;128;122;122;122</p>	 <p>136;136;132;132;101;72;76;78;81;74;58;58;69;112;148;150;148;145;141;141;139;136;101;94;76;65;54;45;54;101;123;130;132;132;128;121;121;121;121;110;110;110</p>	70.01
3	 <p>175;183;164;139;94;89;83;72;44;39;58;116;119;133;144;150;150;150;155;164;155;128;116;103;75;33;47;58;91;105;116;125;122;119;122;128;128;128;128;128;125;128</p>	 <p>154;161;161;150;105;60;54;51;51;51;47;51;83;94;107;130;134;134;143;148;148;143;94;76;76;58;38;63;78;105;112;121;114;107;107;110;116;121;116;123;123;123</p>	91.07

Заклучение

Следует отметить, что для повышения достоверности результатов рекомендуется применять к входным изображениям методы

предварительной обработки. Например, масштабирование, улучшение качества изображения, нормализация яркости посредством фильтрации и многое другое.

Разработанные алгоритмы можно использовать для сравнения не только изображений, но и других поступающих цифровых сигналов.

В настоящее время мы проводим дальнейшие исследования для улучшения методов и алгоритмов, предложенных выше.

Список литературы

1. Кухарев, Г. А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека / Г. А. Кухарев. – СПб.: Политехника, 2001. – 239 с.
2. Fazilov, Sh.Kh. Biometric Identification of Computer System Users / Fazilov Sh.Kh., Abdugafarov I.A., Tukhtasinov M.T. // WCIS –2004, Third World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, – Tashkent, 2004, Pp. 57-61.
3. Обухов, А.В. Методы автоматического распознавания автомобильных номеров / А.В. Обухов, С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович // Вестник Чувашияского университета. – 2016. – №3. –С. 201-208.
4. Полухин, Д.А. Методы и этапы распознавания рукописного текста / Полухин Д.А. Сальников И.И. // Научное обозрение. Педагогические науки. – Москва, – 2019. – № 3-2. – С. 71-74.
5. Hai, Jing Zhu. Survey of Astronomical Image Processing Methods / Hai Jing Zhu, Bo Chong Han, Bo Qiu // Springer International Publishing Switzerland. 2015, Pp. 420-429.
6. Rafael, C.Gonzalez. Digital Image Processing / Rafael, C.Gonzalez, Richard E.Woods. Prentice Hall. – 2002. -793 p.
7. Pratt, William K. Digital image processing: PIKS Scientific inside / William K. Pratt. 4th ed. – 2007. – 782 p.
8. Silverman, Richard A. Essential calculus with applications / Silverman, Richard A. New York: Dover Publications. -2013. -305 p.
9. Tukhtasinov, M.T. Face recognition on the base of local directional patterns / M.T.Tukhtasinov, N.Mirzaev, O.M.Narzulloev // IEEE Conference 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, –Omsk, 2016, Pp. 650-655.