

XXIII Международной научно-практической конференции им. Э. К.  
Алгазинова  
«Информатика: проблемы, методы, технологии» (IPMT-2023)

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

М. Т. Тухтасинов, email: [mumtozali@yahoo.com](mailto:mumtozali@yahoo.com)

М. М. Тулкиналиева, email: [madina20042708@gmail.com](mailto:madina20042708@gmail.com)

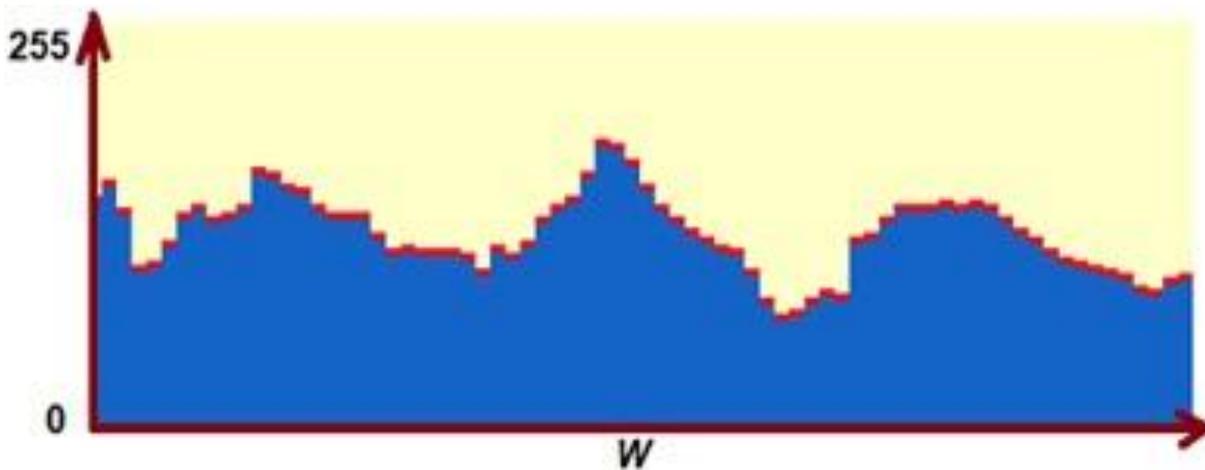
Наманганский инженерно-строительный институт,  
Узбекистан

# Введение

В настоящее время существует множество научных и практических задач, связанных с обработкой и распознаванием цифровых изображений. В частности, биометрическая идентификация человека [1-3], распознавание автомобильных номеров [4], автоматическое чтение текстов на изображениях [5], анализ астрономических изображений [6] и др. На сегодняшний день в этой научной области разработаны ряд методы и алгоритмы, в частности, позволяющие распознавать цифровые изображения [1, 7, 8]. В свою очередь, они улучшаются.

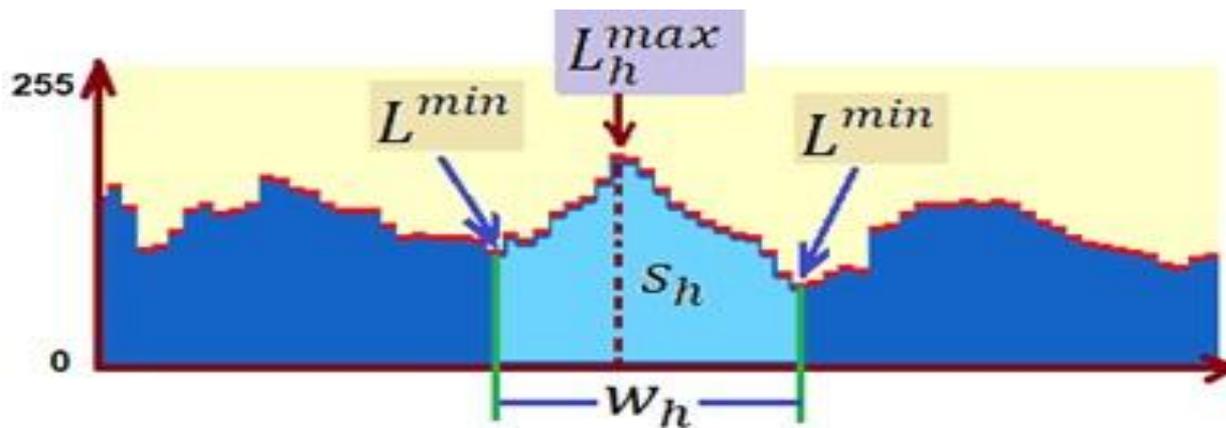
Мы также проводили исследования в этом направлении и добились определенных результатов. В нашем исследовании были разработаны алгоритмы сравнения значений одномерных векторов  $A$  и  $B$ , то есть массивов. Одномерные векторы столбцов или строк цифровых изображений берётся в виде массива. Векторы хранят 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 [9]. В разработанном алгоритме мы также использовали специальную версию обнаружения экстремумов.

# Формирование векторов из цифрового изображения



Графическое представление значений вектора

# Идея для извлечения идентификационных признаков вектора



Признаки для одного выбранного холма

# Алгоритм извлечения векторных признаков

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 ( $L_l^{\min}$ ) 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  $l \in \min(C_l^{\max}, C_{l+1}^{\max})$ ,  $l$  - 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:

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

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

# Алгоритм сопоставления идентификационных признаков

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

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

Где  $d_{l,l-1}^A$  - отношение расстояния между двумя соседними холмами (по координате центра вершины) в векторе  $A$ . 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  $A$  и  $B$  получается по следующей формуле:

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

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 большом 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  $D^{A_h, B_h}$  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:

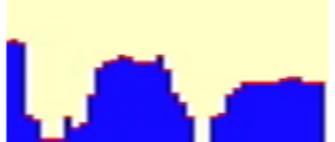
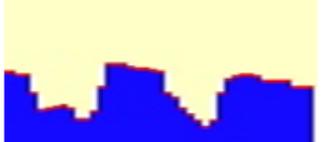
$$D^{F(A,B)} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{h=1}^L D^{A_h, B_h} \quad (11)$$

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

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

# Экспериментальный анализ полученных результатов

Результаты сопоставления векторов

№	Значения множества А и его граф.	Значения множества В и его граф.	Результат подобиya 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;15 0;139;133;133;130;122;12 2;122;122;122;119;114;11 4;119;125;128</p>	 <p>114;119;119;119;121;123; 125;128;132;132;123;85;8 5;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;3 0;64;47;55;100;144;155;15 8;164;161;155;155;155;16 4;141;103;89;64;19;19;64; 69;100;111;122;122;122;1 22;122;125;128;128;122;1 22;122</p>	 <p>136;136;132;132;101;72;7 6;78;81;74;58;58;69;112;1 48;150;148;145;141;141;1 39;136;101;94;76;65;54;45 ;54;101;123;130;132;132;1 28;121;121;121;121;110;1 10;110</p>	70.01
3	 <p>175;183;164;139;94;89;83; 72;44;39;58;116;119;133;1 44;150;150;150;155;164;1 55;128;116;103;75;33;47;5 8;91;105;116;125;122;119; 122;128;128;128;128;128;</p>	 <p>154;161;161;150;105;60;5 4;51;51;51;47;51;83;94;10 7;130;134;134;143;148;14 8;143;94;76;76;58;38;63;7 8;105;112;121;114;107;10 7;110;116;121;116;123;12</p>	91.07

# Заключение

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.



Спасибо за внимание !