

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ ДЛИН СЕРИЙ

Н.А. Королева  
(представил д.т.н., проф. П.Ф. Поляков)

В статье рассматривается эффективность метода длин серий при обработке цветных изображений.

Одной из актуальных задач цифровой обработки изображений является задача сокращения избыточности их описания. Для ее решения представленное в цифровом виде изображение или видеоинформация подвергается эффективному кодированию одним из известных методов. Метод обработки изображения заключается в выборе последовательности сообщений, однозначно описывающих исходное изображение [1].

Изображение, подвергаемое обработке методом длин серий, представляется последовательностью серий, каждая из которых образована соседними в направлении разверстки элементами отображения одного цвета. Соседними в направлении разверстки считаются не только соседние элементы в строке, но и последний и первый элементы соседних строк. Каждой серии ставится в соответствие сообщение, несущее информацию о цвете и длине этой серии. Полученная последовательность сообщений является моделью исходного изображения.

Сущность обработки видеоинформации методом длин серий заключается в описании ее последовательностью сообщений, каждое из которых несет информацию о цвете и длине соответствующей серии.

Для оценки возможности такой обработки по сокращению избыточности необходимо определить информационные характеристики моделей изображения:

- энтропию модели изображения  $H_{II}$ ;
- энтропию на элемент изображения  $H$ , для данной модели;
- теоретический предел сокращения избыточности  $C_{ТП}$ .

Энтропия модели изображения определяется выражением:

$$H_{II} = H_C \cdot N_C, \quad (1)$$

где:  $H_C$  - математическое ожидание энтропии сообщения;  $N_C$  - математическое ожидание числа сообщений, описывающих изображение.

Для определения энтропии сообщения необходимо знать вероятность появления этого сообщения. Вероятности появления сообщений равны вероятностям появления соответствующих им серий. В рассматриваемой модели полагается, что цвет серии и ее длина не зависят друг от друга, поэтому вероятность  $P_{ij}$  появления сообщения, описывающего серию цвета  $i$  и длины  $j$ , представляется произведением

$$P_{ij} = P_i \cdot P_j, \quad (2)$$

где:  $P_i$  - вероятность появления серии цвета  $i$ ;  $P_j$  - вероятность появления серии длиной  $j$ .

Поскольку распределение вероятности появления цветов серий неодинаково для различных изображений, то принимается допущение о равновероятности появления цветов серий для большого числа изображений. В этом случае вероятность появления серии цветов определяется выражением

$$P_{ij} = 1/N_{ц}, \quad (3)$$

где  $N_{ц}$  - количество различных цветов, используемых в системе цифровой обработки изображений.

Распределение вероятности появления длин серий описывается геометрическим законом

$$P_j = P(1 - P)^{j-1},$$

где  $P$  - вероятность обнаружения цветового перепада на элементе отображения.

На практике максимальная длина серии ограничивается некоторой величиной  $A$ , удовлетворяющей условию

$$A \leq M,$$

где  $M$  - количество элементов отображения, которыми представлено исходное изображение.

В результате этого ограничения выражение (1) преобразуется к виду

$$H = H_{AC} \cdot N_{AC}, \quad (4)$$

где:  $H$  - математическое ожидание энтропии сообщения при ограничении максимальной длины серии величиной  $A$ ;  $N_{AC}$  - математическое ожидание числа сообщений, описывающих изображение при ограничении максимальной длины серии величиной  $A$ ;  $H_{AC}$  - энтропия модели изображения при ограничении максимальной длины серий величиной  $A$ .

Кроме того, это ограничение приводит к изменению закона распределения вероятностей длин серий за счет разбиения серий, длина кото-

рых больше  $A$ , на несколько частей, длина каждой из которых не превышает  $A$ . В этом случае распределение длин серий имеет вид:

$$P_{AJ} = \begin{cases} P(1-P)^{j-1} & \text{при } j < A; \\ (1-P)^{j-1} & \text{при } j = A; \\ 0 & \text{при } j > A, \end{cases} \quad (5)$$

где  $P_{AJ}$  – вероятность появления серии длиной  $j$  при ограничении максимальной длины серии величиной  $A$ .

На основании выражений (2), (3), (5) определяем вероятности сообщений  $P_{AIj}$ :

$$P_{AIj} = \begin{cases} (1/N_{II})P(1-P)^{j-1} & \text{при } j < A; \\ (1/N_{II})(1-P)^{j-1} & \text{при } j = A; \\ 0 & \text{при } j > A. \end{cases} \quad (6)$$

Зная вероятности сообщений  $P_{AIj}$ , определяем математическое ожидание энтропии сообщения

$$H_{AI,J} = - \sum_{i=1}^{N_{II}} \sum_{j=1}^A P_{AIj} \text{Log}_2 P_{AIj} = - \sum_{i=1}^{N_{II}} \left( \sum_{j=1}^A (1/N_{II})_i P(1-P)^{j-1} \times \right. \\ \left. \times \text{Log}_2 (1/N_{II}) P(1-P)^{j-1} + (1/N_{II})_i (1-P)^{A-1} \text{Log}_2 (1/N_{II}) (1-P)^{A-1} \right). \quad (7)$$

Преобразуя выражение (7), получим

$$H_{AC} = \text{Log}_2 N_{II} - (1/P) \cdot (1 - (1-P)^A) \cdot (P \text{Log}_2 P + (1-P) \text{Log}_2 (1-P)). \quad (8)$$

Математическое ожидание числа сообщений, описывающих изображение, равно среднему числу серий, представляющих это изображение, и определяется из выражения

$$N_{AC} = M / D_A, \quad (9)$$

где  $D_A$  – средняя длина серии при ограничении максимальной длины серии величиной  $A$ , определяемая из выражения

$$D_A = \sum_{J=1}^A J P_{AJ}. \quad (10)$$

Подставляя значение выражения (5) в (10), получим

$$D_A = \sum_{J=1}^{A-1} JP(1-P)^{J-1} + A(1-P)^{A-1}. \quad (11)$$

С помощью преобразований выражения (11) приводит к виду

$$D_A = \frac{1-(1-P)^A}{P}. \quad (12)$$

Используя выражения (9), (12), определяем среднее число сообщений, описывающих изображение

$$N_{AC} = \frac{M}{1-(1-P)^A}. \quad (13)$$

На основе выражений (4), (8), (13) находим энтропию модели изображения

$$H_{\text{ли}} = (\text{Log}_2 N_{\text{ц}} - 1/P(1 - (1 - P)^{A-1}) \times (\text{Plog}_2 P + (1 - P)\text{Log}_2(1 - P)))(MP/(1 - (1 - P)^A)). \quad (14)$$

Как следует из полученного выражения, величина энтропии модели изображения в значительной степени зависит от количества элементов отображения  $M$ , которыми представляется исходное изображение. В результате использование полученной характеристики становится не всегда удобным (например, при сравнении различных моделей изображения). Более универсальной характеристикой является энтропия на элемент отображения  $H_{\text{э}}$ , определяемая из выражения

$$H_{\text{э}} = H_{\text{ц}} / M,$$

или с учетом выражения (14)

$$H_{\text{э}} = (\text{Log}_2 N_{\text{ц}} - (1 - (1 - P)^{A-1}) \times (\text{Plog}_2 P + (1 - P)\text{Log}_2(1 - P))) \cdot (1 / (1 - (1 - P)^A)). \quad (15)$$

Другой количественной мерой сокращения избыточности видеоданных является коэффициент сокращения избыточности [2], показывающий, во сколько раз сократился объем описания по сравнению с описанием изображения методом импульсно - кодовой модуляции (ИКМ). Максимально возможное для конкретного метода обработки информации значение коэффициента сокращения избыточности показывает теоретический предел сокращения избыточности  $C_{\text{тп}}$ , определяемый выражением

$$C_{\text{тп}} = H_{\text{э икм}} / H_{\text{э}}, \quad (16)$$

где  $H_{\text{э икм}}$  – энтропия на элемент изображения при описании изображения методом ИКМ, равная

$$H_{Э\text{ икм}} = \lceil \log_2 N_{Ц} \rceil ; \quad (17)$$

$\lceil \cdot \rceil$  - показывает округление результата до большего целого числа.  
Подставляя выражения (15), (17) в (16), получим

$$C_{ТП} = \frac{(1 - (1 - P)^A) \cdot \lceil \log_2 N_{Ц} \rceil}{P \log_2 N_{Ц} - (1 - (1 - P)^{A-1}) (P \log_2 P + (1 - P) \log_2 (1 - P))}. \quad (18)$$

Значения теоретического предела сокращения избыточности  $C_{ТП}$  при  $N_{Ц} = 256$ ,  $M = 1024 \times 1024$  и различных значениях  $A$  и  $P$  представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения теоретического предела сокращения избыточности

A	Вероятность цветного перепадка P					
	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5
8	7,229	6,6823	5,5359	4,3601	3,0862	1,5962
32	21,6509	16,8634	10,2709	6,1747	3,4688	1,6
256	47,8183	26,4550	11,6550	6,3042	3,4704	1,6
M	49,7512	26,5340	11,6550	6,3042	3,4704	1,6

Данные результаты показывают, что наибольшими возможностями по сокращению избыточности обладает модель изображения с  $A = M$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прэйт У. Цифровая обработка изображения. – М.: Мир, 1982. – 312 с.
2. Прэйт У. Методы передачи изображений. – М.: Радио и связь, 1983. – 298 с.
3. Королев А.В., Петухов В.А. Метод кодирования видеoinформации цифровых цветных изображений // Радиотехника. – 1989. – Вып. 91. – С. 71 - 76.
4. Новиков В.И., Королева Н.А. Способ сжатия видеоданных // Информатика. Сб. научн. тр. Вып. 7. – К.: Наукова думка, 1999. – С. 170 - 177.