

**МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Радченко Ю.С.

Воронежский госуниверситет, кафедра радиофизики  
пл. Университетская 1, Воронеж, Россия, 394006  
Тел. (0732) 20-89-16

Пусть в подобласти  $\mathbf{r} = (x, y) \in \Omega$  (блоке некоторого кадра) наблюдается поле  $s^{(i)}(\mathbf{r}, t_i)$ , представляющее собой фрагмент  $u(\mathbf{r})I_{\Omega}(\mathbf{r})\delta(t - t_i)$  пространственно-временного сигнала в дискретный момент времени  $t_i$ ,  $i = 0, 1, \dots$ . Здесь  $I_{\Omega}(\mathbf{r})$  индикаторная функция подобласти. Кроме того, полагаем, что совместно с сигналом присутствует белый гауссовский шум. При сравнении  $(i-1)$  и  $i$  кадров имеет место следующая группа гипотез

$$\begin{aligned} H_1 : \quad & \xi(\mathbf{r}) = s_1(\mathbf{r}) + \eta(\mathbf{r}), \quad s_1(\mathbf{r}) = s^{(i-1)}(\mathbf{r}) \quad \text{нет изменений} \\ H_2 : \quad & \xi(\mathbf{r}) = s_2(\mathbf{r}, \tau) + \eta(\mathbf{r}), \quad s_2(\mathbf{r}) = s^{(i-1)}(\mathbf{r}, \tau) + s_f(\mathbf{r}, \tau) \quad \text{сдвиг фрагмента} \quad (1) \\ H_3 : \quad & \xi(\mathbf{r}) = s_3(\mathbf{r}) + \eta(\mathbf{r}), \quad s_3(\mathbf{r}) = s^{(i)}(\mathbf{r}) \quad \text{смена сюжета} \\ H_0 : \quad & \xi(\mathbf{r}) = \eta(\mathbf{r}), \quad s_0(\mathbf{r}) = 0 \quad \text{пропадание сигнала} \end{aligned}$$

Полезный сигнал может быть разложен в ряд Фурье по системе ортогональных функций на основе ортогональных полиномов [1]. Тогда в спектральном виде можно представить анализируемые сигналы в виде

$$s_1(\mathbf{r}) = \sum_{m,k} C_{mk}^{(1)} \varphi_{mk}(\mathbf{r}) \quad s_3(\mathbf{r}) = \sum_{m,k} C_{mk}^{(3)} \varphi_{mk}(\mathbf{r}) \quad s_2(\mathbf{r}, \tau) = \sum_{m,k} C_{mk}^{(2)}(\tau) \varphi_{mk}(\mathbf{r}),$$

$$\xi(\mathbf{r}) = \sum_{m,k} X_{mk} \varphi_{mk}(\mathbf{r}) - \text{разложение наблюдаемого поля. При увеличении отношения сигнал/шум}$$

правила многоальтернативной проверки гипотез сводятся к следующему асимптотическому виду [2]

$$\begin{cases} \max_{\lambda_i} L_i(\xi | \lambda_i) - \max_{\lambda_j} L_j(\xi | \lambda_j) \geq h_{ij}, \quad j \neq i, \quad i, j = 1..v \\ \max_{\lambda_i} L_i(\xi | \lambda_i) \geq h_0 \end{cases} \quad (2)$$

Здесь  $L_i(\xi | \lambda_i)$  - логарифм функционала отношения правдоподобия (ЛФОП) для гипотез  $H_i$ . Если параметры полностью известны, то берется истинное значение информационного параметра. Правило, по которому обнаруживается пропадание блока в спектральной форме, имеет вид

$$\sum_{k,m=0}^M (2X_{km} - C_{km}^{(i)}) C_{km}^{(i)} \begin{matrix} H_1 \\ > \\ < \\ H_0 \end{matrix} h_0 \quad (3)$$

Алгоритм обнаружения изменений из-за сдвига фрагмента или смены сюжета может быть записан в виде

$$h_{13} \begin{matrix} H_1 \\ > \\ < \\ H_3 \end{matrix} \sum_{k,m} (X_{km} - C_{km}^{(1)})^2 \quad (4)$$

Вероятность ошибки различения для алгоритма (3) определяется соотношением

$$P_e = 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{E_{1v} + E_{2v} - 2\sqrt{E_{1v}E_{2v}}R_v}{2N_0}} \right) = 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{q_1^2 \varepsilon_{1v} + q_2^2 \varepsilon_{2v} - 2q_1q_2 \sqrt{\varepsilon_{1v}\varepsilon_{2v}}R_v}{2}} \right).$$

Здесь  $h_0$ -, выбирается в соответствии с одним из критериев оптимальности,  $E_{jv}$ - энергия сигнала  $S_{jv}(\mathbf{r})$ ,  $j=1,2$ , содержащего  $v$  мод,  $R_v = \int S_{1v}(\mathbf{r})S_{2v}(\mathbf{r})d\mathbf{r} / \sqrt{E_{1v}E_{2v}}$  - нормированный коэффициент корреляции двух сигналов,  $\varepsilon_{iv}=E_{iv}/E_i$ ,  $\Phi(u)$ -интеграл вероятности. Порог  $h_{13}$  ищется как квантиль

$h = F_{\chi^2}^{-1}(1 - \alpha, M)$  хи – квадрат распределения с  $M$  (число анализируемых мод) степенями свободы для заданной вероятности ошибочного решения принять неизменный кадр за смену сюжета  $P(3 | 1) = \alpha$ .

На практике пороги целесообразно устанавливать экспериментально. Покажем это на примере последовательности видеок кадров «певица». На рис. 1 приведен кадр видеопоследовательности. Квадраты внутри белых рамок – блоки, вырезанные из типичных фрагментов изображения типа «портрет». В таблице приведены численные значения нормированной метрики

$$D_2(M) = \frac{1}{M^2} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{m=0}^{M-1} \left( C_{km}^{(2)} - C_{km}^{(1)} \right)^2 \quad (5)$$

для шести указанных блоков изображения в двух последовательных кадрах, размером  $N1 \times N1 = 13 \times 13$  элементов и числом обрабатываемых пикселей  $N \times N = 8 \times 8$  для вычисления спектров GDCT [3].

Таблица 1

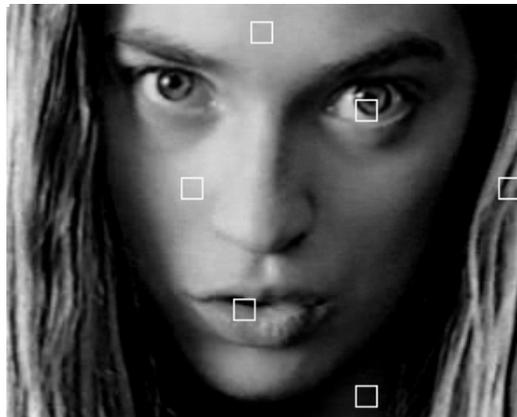
M	рот	глаз	волосы	щека	лоб	шея
1	$3.6 \cdot 10^3$	$3.56 \cdot 10^4$	$5.2 \cdot 10^3$	244.1	484	49
2	$7.87 \cdot 10^3$	$4.94 \cdot 10^4$	$1.26 \cdot 10^4$	387.5	137	211.6
3	$1.3 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$	$1.7 \cdot 10^4$	187.3	74	107
4	$8.9 \cdot 10^3$	$1.7 \cdot 10^4$	$1.48 \cdot 10^4$	108.4	50	63.2
5	$6.5 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^4$	$1.13 \cdot 10^4$	72.4	36.2	42
6	$4.78 \cdot 10^3$	$9.1 \cdot 10^3$	$8.13 \cdot 10^3$	51	27	32.7
7	$3.76 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	38.5	22	26.5
8	$2.93 \cdot 10^3$	$5.4 \cdot 10^3$	$4.65 \cdot 10^3$	30.5	18.2	21.5

Как видно из таблицы 1 значение метрики (5) для блоков, которые отличаются в последовательных кадрах, от мало изменяющихся блоков больше примерно на 2 порядка. Число мод, которые необходимо учитывать при вычислении метрики (5)  $M=2-3$ . Возьмем ненормированную метрику

$$D = \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{m=0}^{M-1} \left( C_{km}^{(2)} - C_{km}^{(1)} \right)^2$$

,однозначно связанную с ЛФОП (4), и сравним ее с пороговым значением

$h=55$ . На рис 2 для кадров, взятых из видеопоследовательности, приведены квантованные значения ненормированных метрик (5). Им присваивалось значение «0» (черный цвет), если  $D < 55$ , и значение «255» (белый цвет), если  $D \geq 55$ . Разнос по времени определяется номерами кадров от 21 до 27. На этих рисунках приведены также значения величины  $\eta$ - процента изменившихся блоков. Как видно из квантованного набора метрик, изменения в блоках из-за движения имеют место для динамичных фрагментов портрета - глаза, рта, волос. Напротив, фрагменты портрета – щека, лоб, шея можно считать мало меняющимися. Причем порог квантования  $h$  не критичен для вынесения решения. Из серии рисунков видно, что с увеличением временного разнеса процент неизменных блоков (по квантованной метрике) быстро уменьшается. Рис. 2 позволяют во – первых, определить допустимый временной разнос, при котором целесообразно оценивать векторы сдвига фрагментов изображения. Во – вторых, показывают, что смену сюжета имеет смысл определять на основе анализа квантованных метрик всех блоков, а не каждого. В случае смены сюжета  $\eta \approx 1$ .



PN

Рис. 1



LG

LG

LG

Рис 2: а) кадры 21-22  $\eta=0.33$  б) кадры 21-24  $\eta=0.5$  в) кадры 21-27  $\eta=0.8$

#### Литература

1. Радченко Ю.С., Радченко М.Ю. Оптимальные быстрые алгоритмы представления изображений в базисе ортогональных полиномов. Труды 1 международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применения» -DSPA'98, 1998, Москва, т. III, с. 163-166
2. Радченко Ю.С., Кожин А.Ю., Радченко М.Ю. Быстрое обнаружение и оценка параметра сдвига сигналов, сжатых с помощью ортогональных полиномов. «Радиотехника», 1999, № 6, (вып. 37), с. 17-19
3. Радченко Ю.С. Алгоритм сжатия изображений на основе полиномиальных преобразований. Цифровая обработка сигналов, 2002, №1, с.2-6

