

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Алпатов Б.А., Катаев А.А.

Рязанская государственная радиотехническая академия

Большинство известных методов отделения движущихся объектов от окружающего фона так или иначе основаны на разности текущего  $F_m = \{f_m(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  и эталонного  $F_9 = \{f_9(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  изображений наблюдаемой сцены [1, 2 и др.].

Разностное изображение  $F_p = \{f_p(i, j) = f_m(i, j) - f_9(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  должно в идеале содержать только изображения объектов и аддитивный шум, искажающий текущий кадр. Тогда задача сводится к выделению полезного сигнала на фоне помехи. Результат обнаружения представляется в виде бинарного изображения  $F_6 = \{f_6(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$ , на котором присутствуют единичные сегменты, расположение и конфигурация которых соответствуют координатам и форме объектов на текущем изображении. Предполагается, что  $F_9$  содержит только элементы фона и не искажено аддитивным шумом.

На практике в качестве  $F_9$  обычно берут первый кадр обрабатываемой последовательности. Т. к. изображения объектов обычно присутствуют уже в первом кадре, то некоторые участки фона оказываются закрытыми. При движении этих объектов от кадра к кадру будут открываться ранее заслоненные участки фона, которые могут быть ошибочно приняты за объекты.

Для замены точек объектов на точки фона, открывающиеся в результате смещения объектов, предлагается алгоритм, основанный на анализе того, как меняется во времени  $F_6$ . Сегменты, соответствующие движущимся объектам, должны смещаться от кадра к кадру. Поэтому слишком долгое появление единичных значений в одной и той же точке  $(i, j)$  изображения  $F_6$  может указывать на наличие в этой точке статического сегмента, появление которого вызвано открытием ранее заслоненного участка фона. Присвоение  $f_9(i, j) = f_m(i, j)$  для всех "подозрительных" точек позволит постепенно заменить все точки объекта на точки фона. Суть алгоритма, основанного на этом предположении, можно изложить так:

1. Вводятся в рассмотрение 2 массива –  $N_0 = \{n_0(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  и  $N_1 = \{n_1(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  (счетчики нулевых и единичных значений для каждой точки  $F_6$ , инициализирующиеся нулями) и числа  $K_0 = 0$  (число точек, прошедших проверку) и  $t_k = 0$  (число кадров, обработанных алгоритмом).

2. Если при обработке текущего кадра  $f_6(i, j) = 1$ , то значение  $n_1(i, j)$  увеличивается на 1, а если  $f_6(i, j) = 0$ , то  $n_0(i, j)$  увеличивается на 1.

3. Сравнение  $n_0(i, j)$  и  $n_1(i, j)$  с пороговыми значениями  $N_0^{\max}$  и  $N_1^{\max}$  (выбираются экспериментально). Если  $(n_1(i, j) > N_1^{\max}) \& (n_0(i, j) < N_0^{\max})$ , то осуществляются присваивания  $f_9(i, j) = f_m(i, j)$ ,  $n_0(i, j) = 0$  и  $n_1(i, j) = 0$ . Если  $n_0(i, j) \geq N_0^{\max}$ , то  $K_0$  увеличивается на 1.

4. Повторение шагов 2 и 3 для всех возможных значений  $i$  и  $j$ .

5. Увеличение  $t_k$  на 1.

6. Повторение шагов 2 – 5 до тех пор, пока не выполнится хотя бы одно из условий  $K_0 = M \cdot N$  или  $t_k > T_{\max}$ , где  $T_{\max}$  – максимальное время работы алгоритма (задается экспериментально).

Разработанный алгоритм показал хорошую работоспособность для большинства исследованных видеопоследовательностей без перенастройки априорно задаваемых параметров.

В качестве метода преобразования  $F_p$  в  $F_{\bar{o}}$  использовались различные варианты пороговой обработки. В частности, оценивалась эффективность следующих методов:

1. Вычисление глобальных (по всему изображению) оценок математического ожидания

$$m = \frac{1}{M \cdot N} \cdot \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f_p(i, j) \quad \text{и дисперсии} \quad \sigma^2 = \frac{1}{M \cdot N - 1} \cdot \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_p(i, j) - m)^2 \quad \text{и}$$

получение бинарного изображения по правилу

$$f_{\bar{o}}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{если } m - \lambda \cdot \sigma \leq f_{\bar{o}}(i, j) \leq m + \lambda \cdot \sigma \\ 1 & \text{иначе} \end{cases},$$

где  $\lambda = 3 \div 3.5$

2. Вычисление в соответствии с [2] локальных оценок математического ожидания

$$m(i, j) = \frac{1}{(2W + 1)^2} \cdot \sum_{p=i-W}^{i+W} \sum_{q=j-W}^{j+W} k(p, q) \cdot f_p(p, q) \quad \text{и дисперсии}$$

$$\sigma^2(i, j) = \frac{1}{(2W + 1)^2} \cdot \sum_{p=i-W}^{i+W} \sum_{q=j-W}^{j+W} \{k(p, q) \cdot [f_p(p, q) - m(i, j)]\}^2$$

где  $k(p, q)$  – весовая функция (например, гауссовского вида), заданная внутри окна

$$(2W + 1) \times (2W + 1) \quad \text{и удовлетворяющая условию} \quad \frac{1}{(2W + 1)^2} \cdot \sum_{p=i-W}^{i+W} \sum_{q=j-W}^{j+W} k(p, q) = 1.$$

Преобразование  $F_p$  в  $F_{\bar{o}}$  – по аналогичному правилу

$$f_{\bar{o}}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{если } m(i, j) - \lambda \cdot \sigma(i, j) \leq f_{\bar{o}}(i, j) \leq m(i, j) + \lambda \cdot \sigma(i, j) \\ 1 & \text{иначе} \end{cases},$$

где  $\lambda = 3 \div 3.5$

Результаты экспериментальных исследований эффективности описанных алгоритмов приводятся в докладе.

Литература

1. Алпатов Б. А., Бохан К. А. Алгоритм обнаружения и выделения изображения движущегося объекта в присутствии неоднородного фона. //Вестник РГРТА №6. Рязань, 1999. – Стр. 7-11.
2. Jicheng L., Zhenkang S., Biao L. Detection of small moving objects in image sequences // Proc. of SPIE. Automatic Target Recognition VII. – Jun 1997. – Vol. 3069. p. 511 – 517.



THE RESEARCH OF EFFECTIVENESS OF MOVING OBJECTS DETECTION METHODS

Alpatov B., Kataev A.

Ryazan, Ryazan State Radio Engineering Academy

Most of known methods of separating of moving objects from an enclosing background are by and large grounded on a difference current  $F_c = \{f_c(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  and reference  $F_r = \{f_r(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  images of the observable scene [1, 2 etc.].

The difference image  $F_d = \{f_d(i, j) = f_c(i, j) - f_r(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$  should in an ideal contain only images of objects and additive noise distorting current frame. Then the task is reduced to selection of desired signal on a hum noise of a parasite. The result of detection is represented as the binary image  $F_b = \{f_b(i, j), i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}$ , on which there are unit segments, which disposition and configuration corresponds to coordinates and form of objects on the current image. It is supposed, that  $F_r$  contains only units of a background and is not distorted by an additive noise.

In practice in the capacity of  $F_r$  usually takes the first frame of a processed sequence. Since the images of objects are usually presented already at the first frame, some regions of a background are closed. By moving of these objects from frame to frame the earlier shielded regions of background will be opened and can be erroneously adopted for objects.

For replacement of object points by points of a background opening as a result of objects shifting, the algorithm based on the analysis of varies  $F_b$  in time is proposed. The segments appropriated to moving objects should displace from a frame to a frame. Therefore too long appearance of unit values in the same point  $(i, j)$  of image  $F_b$  can indicate presence of a static segment in this point, which appearance is caused by discovery background region shielded before. The appropriation  $f_r(i, j) = f_c(i, j)$  for all "suspicious" points will allow gradually replacing of all object points with points of a background. On the basis of this supposition was developed the algorithm that shows good functionality for the most of researched video sequences without retuning of a priori assigned parameters.

As a method of conversion  $F_d$  in  $F_b$  the different variants of thresholding were used. In this connection the influence of different methods of an estimation of mean and variance of an additive noise on quality of selection of objects on the image was evaluated.

The results of experimental researches of mentioned algorithms effectiveness are discussed in the report.

References

1. B.A. Alpatov, Bokhan K.A. Algorithm of detection and selection of the image of a moving object in presence of a clutter background. // The Bulletin RSREA № 6. Ryazan, 1999. - Page 7-11.
2. Jicheng L., Zhenkang S., Biao L. Detection of small moving objects in image sequences // Proc. Of SPIE. Automatic Target Recognition VII. - Jun 1997. - Vol. 3069. p. 511 - 517.