

АЛГОРИТМ МЕЖКАДРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ БИНАРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Катаев А.А.

Рязанский государственный радиотехнический университет

Алгоритмы автоматического обнаружения и выделения объектов, используемые в системах технического зрения (СТЗ) военного и гражданского назначений, разрабатываются с учетом жестких требований к точности и быстродействию, отражающих специфику задач, решаемых такими системами. В частности, вычислительная сложность алгоритма ограничена необходимостью обработки наблюдаемой последовательности кадров в режиме реального времени, а тип алгоритма выбирается исходя из ожидаемых характеристик наблюдаемой последовательности кадров, зависящих от конкретной задачи, решаемой с помощью СТЗ (минимальное отношение сигнал/шум, диапазон размеров и скорости движения объектов и др.). Известные на сегодняшний день алгоритмы автоматического обнаружения и выделения объектов можно разделить по принципу обработки наблюдаемой последовательности кадров на 3 типа: пространственные, временные и пространственно-временные. Для обработки сюжетов, характеризующихся относительно равномерной фоновой составляющей (например, при наблюдении за летательными аппаратами в воздухе), достаточно эффективно применяются пространственные алгоритмы [1], а для сюжетов с неоднородным фоном (характерным для случая слежения за наземными транспортными средствами) наиболее подходящими являются временные и пространственно-временные алгоритмы [2].

Результат автоматического обнаружения и выделения объектов в текущем кадре имеет вид бинарного изображения, яркость пикселей которого принимает только 2 значения: 0 и 1. Точки единичной яркости соответствуют точкам текущего кадра, составляющим изображение объекта, а точки с нулевой яркостью – точкам фона. Получаемые на практике бинарные изображения всегда содержат как точки фона, ошибочно отнесенные к объектам, так и точки объектов, ошибочно отнесенные к фону. На рис. 1.б приведен пример одного из таких бинарных изображений, полученного в результате обработки изображения текущего кадра (объект – самолет, отношение сигнал/шум – около 4), представленного на рис. 1.а, с помощью пространственного алгоритма, описанного в [1].

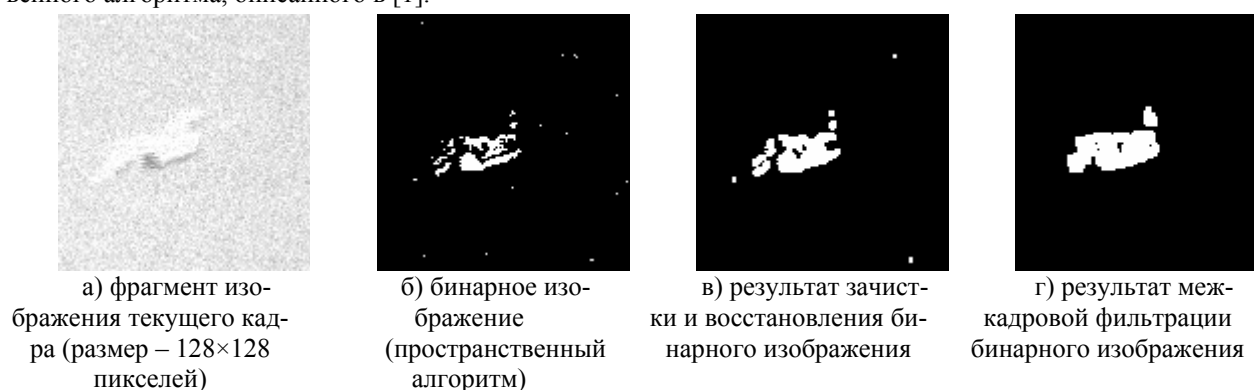


Рис. 1 – Результат обработки изображения текущего кадра.

Для дальнейшей обработки бинарного изображения в СТЗ или отображения его на экране для визуального анализа человеком-оператором необходимо предварительно повысить его качество, т.е. снизить количество ошибочно классифицированных пикселей. Используемые для этого методы либо ограничиваются анализом только одного бинарного изображения, полученного при обработке текущего кадра, либо основаны на сопоставлении текущего бинарного изображения с бинарными изображениями, полученными в результате обработки предыдущих кадров наблюдаемой последовательности. К первой группе относится успешно применяемый в настоящее время алгоритм зачистки и восстановления бинарного изображения (см. рис. 1.в). Предлагаемый алгоритм межкадровой фильтрации бинарного изображения (см. рис. 1.г) относится ко второй группе и отличается от алгоритма зачистки и восстановления большей эффективностью и меньшими вычислительными затратами, что очень важно для систем реального времени.

Алгоритм разработан на основе метода, изложенного в [3], и состоит из следующих этапов:

$$1) \text{ для каждой точки бинарного изображения вычисляется сумма } s_n(i, j) = \sum_{\Delta i = -\frac{W-1}{2}}^{\frac{W-1}{2}} \sum_{\Delta j = -\frac{W-1}{2}}^{\frac{W-1}{2}} B_n(i, j),$$

где $B_n(i, j)$ – бинарное изображение, полученное в n -м кадре; $W = 3, 5, 7, \dots$ – размер анализируемой зоны в пикселях;

$$2) \text{ вычисленная сумма } s_n(i, j) \text{ подвергается пороговой обработке } y_n(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{при } s_n(i, j) \geq 1 \\ 0 & \text{при } s_n(i, j) < 1 \end{cases};$$

3) результаты пороговой обработки по K последним кадрам суммируются $h_n(i, j) = \sum_{m=0}^{K-1} y_{n-m}(i, j)$;

4) накопленная сумма $h_n(i, j)$ подвергается пороговой обработке в соответствии с критерием обнаружения « D из K кадров»: $b_n(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{при } h_n(i, j) \geq D \\ 0 & \text{при } h_n(i, j) < D \end{cases}$.

В соответствии с предлагаемым алгоритмом вокруг каждого пикселя выделяется зона размером $W \times W$ пикселей, внутри которой анализируется стабильность появления пикселей единичной яркости в течение K предыдущих кадров. При выполнении условия появления единичных пикселей внутри анализируемой зоны хотя бы в D кадрах из K яркость центрального пикселя анализируемой зоны принимает единичное значение. Переменные D , K и W являются настраиваемыми параметрами алгоритма, значения которых влияют на эффективность устранения ошибочно классифицированных пикселей. В частности, размер анализируемой зоны W может быть выбран исходя из возможного смещения объекта за кадр.

Экспериментальное исследование эффективности предлагаемого алгоритма межкадровой фильтрации проводилось с использованием реальных последовательностей изображений, которые искажались аддитивным гауссовым шумом для получения требуемого отношения сигнал/шум и подвергались прореживанию по кадрам для получения требуемых значений скорости движения объектов. Известно, что использование различных алгоритмов автоматического обнаружения и выделения объектов приводит к различным статистическим характеристикам получаемого бинарного изображения. Поэтому для получения бинарных изображений применялись 2 различных алгоритма автоматического обнаружения и выделения объектов в зависимости от характеристик сюжета: для сюжетов с равномерной фоновой составляющей использовался пространственный алгоритм [1], для сюжетов с неоднородным фоном – пространственно-временной алгоритм [2]. Эффективность устранения ошибочно классифицированных пикселей оценивалась на основе рабочих характеристик выделения, представляющих собой зависимость частоты правильного выделения $N_{1/1}$ от частоты ложного выделения $N_{1/0}$ точек объекта при определенных значениях параметров алгоритма. На рис. 2 приведены рабочие характеристики выделения, полученные при обработке сюжета, содержащего объект в виде самолета размером около 75×40 пикселей на фоне облачного неба (см. рис. 1.а), с отношением сигнал/шум, изменяющимся от 2 до 5. Сплошная кривая соответствует результату автоматического обнаружения и выделения объектов без последующей обработки бинарного изображения, пунктирная кривая – результату зачистки и восстановления бинарного изображения, штрихпунктирная – результату межкадровой фильтрации бинарного изображения, точечная – последовательному применению алгоритмов зачистки и восстановления и межкадровой фильтрации бинарного изображения. Как видно из рисунка, эффективность предлагаемого алгоритма межкадровой фильтрации бинарного изображения выше, чем у алгоритма зачистки и восстановления во всех рассмотренных ситуациях, а наибольшую эффективность демонстрирует их последовательное применение.

Кроме того, анализ полученных экспериментальных данных позволил выявить оптимальные значения параметров алгоритма $W = 5$, $K = 2$ и $D = 2$, позволяющие добиваться стабильно высокой эффективности алгоритма при изменении отношения сигнал/шум от 2 до 15 и скорости движения объекта от 3-4 до 10-12 пикселей за кадр. Приведенные выше рабочие характеристики выделения получены при указанных значениях W , K и D .

Литература

1. Муравьев В.С. Пространственный алгоритм обнаружения объектов на основе адаптивного порога. // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций. Тез. докл. 14-я Международная научно-техническая конференция. Рязань, 2005 – с. 122-123.
2. Алпатов Б.А., Бабаян П.В. Выделение движущихся объектов в условиях геометрических искажений изображения // Цифровая обработка сигналов. – 2004. - №4. – с.9-14.
3. Jicheng Li, Zhenkang Cheng, Li Biao Detection of small moving objects in image sequences // Proc. of SPIE Vol. 3069, Automatic target recognition VII, ed. F. A. Sadjadi (Jun 1997) Copyright SPIE.

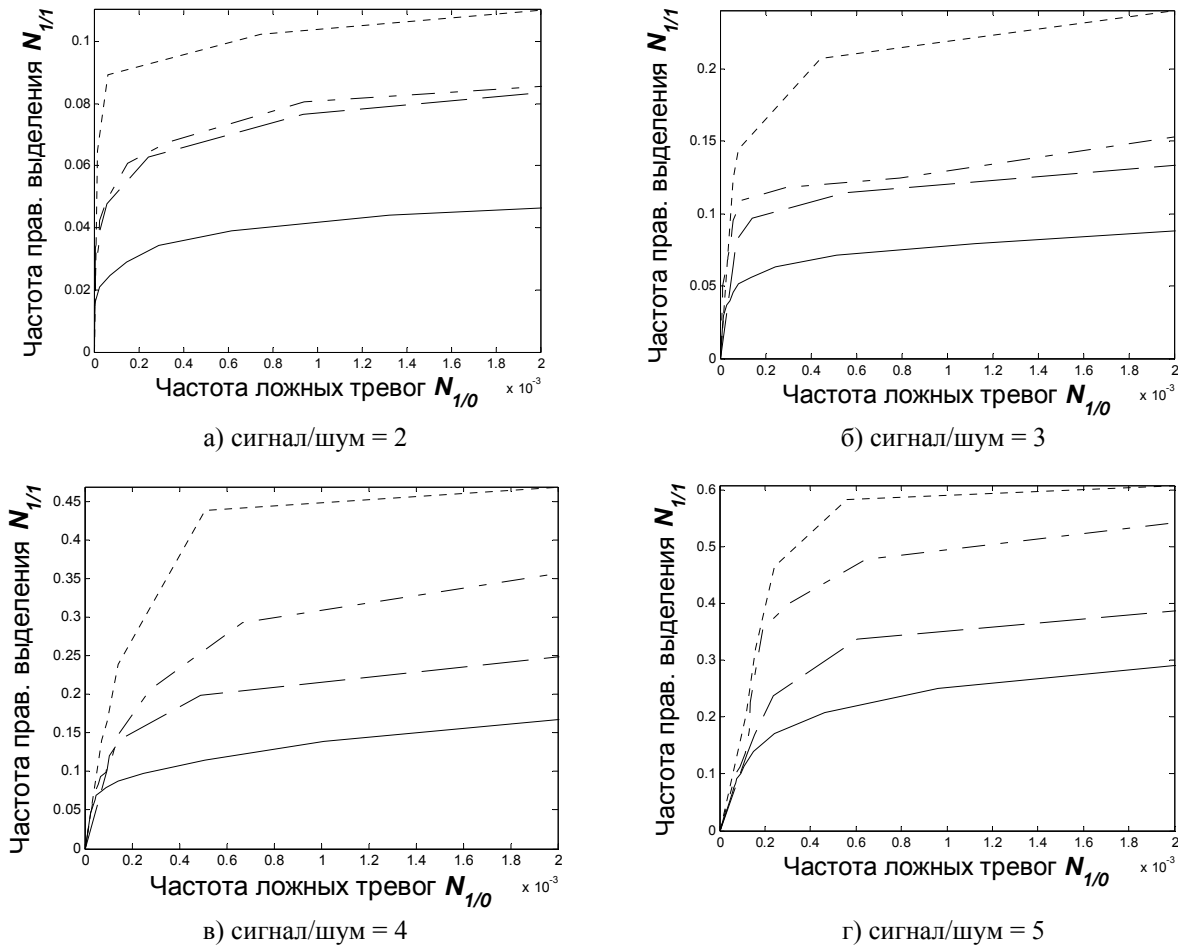


Рис. 2 – Сравнительный анализ эффективности различных алгоритмов фильтрации бинарного изображения.

BINARY IMAGES INTERFRAME FILTERING ALGORITHM

Kataev A.

Ryazan state radioengineering university

Binary images interframe filtering algorithm proposed in this paper is designed to increase the reliability of the results of aerial or ground-based objects detection in image sequences. The result of current frame processing according certain automatic detection algorithm looks like binary image with zero-intensity pixels corresponding to the background pixels of current frame and unit-intensity pixels corresponding to the object pixels of current frame. Actually such binary images always contain falsely detected background pixels as well as falsely detected object pixels. The precision of the automatic detection results can be estimated by true detection rate $\hat{P}_{1/1}$ and false detection rate $\hat{P}_{1/0}$ depended of handled scene parameters (signal-to-noise ratio, object size and velocity etc.).

It is proposed to increase the automatic detection results reliability via interframe logical filtering of binary image pixels intensity inside sliding window consequently centered in every pixel of binary image. Sliding window size W can be defined based on maximal object shifting per frame. Binary images interframe filtering algorithm developed using method, presented in [1], and consists of following steps:

- 1) calculation of neighbors intensity sum for each binary image pixel $s_n(i, j) = \sum_{\Delta i=-\frac{W-1}{2}}^{\frac{W-1}{2}} \sum_{\Delta j=-\frac{W-1}{2}}^{\frac{W-1}{2}} B_n(i, j)$, where

$B_n(i, j)$ – binary image corresponding to the n -th frame; $W = 3, 5, 7, \dots$;

- 2) thresholding of calculated sum $s_n(i, j) \rightarrow y_n(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } s_n(i, j) \geq 1 \\ 0 & \text{if } s_n(i, j) = 0 \end{cases}$;

3) summation of thresholding results for K last frames $h_n(i, j) = \sum_{m=0}^{K-1} y_{n-m}(i, j)$;

4) thresholding of summation result $h_n(i, j)$ according to the “ D of K frames” detection criteria

$$b_n(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } h_n(i, j) \geq D \\ 0 & \text{if } h_n(i, j) < D \end{cases}$$

The experimental research shows that using described above algorithm enables to increase true detection rate $P_{1/1}$ by 20-50% under the condition of false detection rate $P_{1/0}$ invariance during the changing signal-to-noise ratio from 2 to 5. The results of experimental research also lets find optimal values for parameters R , K and W that provides stationary high efficiency of algorithm under the wide-ranging changing of signal-to-noise ratio, object size and velocity.

References

1. Jicheng Li, Zhenkang Cheng, Li Biao Detection of small moving objects in image sequences // Proc. of SPIE Vol. 3069, Automatic target recognition VII, ed. F. A. Sadjadi (Jun 1997) Copyright SPIE.

