

УДК 00004021

Селекция световозвращающих объектов на фоне диффузных методом цифровой адаптивной пороговой обработки

Мухортов М.В., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Лазерные и оптико-электронные системы»*

Литвинов И.С., аспирант

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Лазерные и оптико-электронные системы»*

Научный руководитель: Вязовых М.В., к.т.н., доцент

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

maxvyaz@bmstu.ru

Введение

В последнее время в связи с существенным прогрессом в области видеотехники расширились возможности систем скрытого видеонаблюдения (СВИД). Появление объективов типа «pinhole» с диаметром входного зрачка $1\div 3$ мм и фоточувствительных ПЗС-матрицы наибольших размеров привело к созданию миниатюрных ТВ-камер. Такие камеры могут размещаться в стенах помещений, в переносных устройствах или деталях одежды. В ряде случаев цена информации, полученной с помощью скрытого видеонаблюдения, является чрезвычайно высокой. Без сомнения разработка методов и аппаратуры обнаружения систем СВИД является весьма актуальной задачей.

В настоящее время наиболее перспективным методом обнаружения систем СВИД является оптико-локационный метод, использующий явление световозвращения, возникающего при лазерном зондировании инспектируемых систем. Действительно, благодаря световозвращательной способности систем СВИД они переотражают зондирующее излучение в направлении подсвета. Эффективность световозвращения полностью определяется конструктивными и оптическими параметрами инспектируемой системы и длиной волны зондирующего излучения.

Задача выделения блика от световозвращателей на фоне сложной подстилающей поверхности и в общем случае является сложной задачей, а при локации световозвращателей на близких дистанциях (до 30м) она существенно усложняется. Это усложнение обусловлено тем, что на столь коротких дистанциях сигнал от диффузно отражающих объектов начинает конкурировать по интенсивности с сигналами от

ретроотражателей. Как правило, при обработке, основанной на методе адаптивной пороговой фильтрации, области, содержащие диффузно отраженный сигнал, имеют ряд особенностей, которые позволяют их успешно селектировать от областей, содержащих световозвращающие блики.

В большинстве случаев для успешной селекции достаточно трехступенчатой пороговой обработки. После вычисления порога T по среднему и максимальному значению яркости проводится бинаризация изображения путем сравнения яркости каждого элемента в кадре с тремя порогами T , $0,75T$ и $1,25T$. При этом получаем три бинарных изображения $b_0(m,n)$, $b_1(m,n)$, $b_2(m,n)$ каждое из которых сегментируется для нахождения локальных областей, содержащих локационный сигнал. После этого производится морфологическая обработка, основанная на ряде характерных геометрических признаков: площади области, компактности и отношения ширины к высоте.

1. Трехступенчатая пороговая обработка

Опорный порог T_0 вычисляется на основании среднего и максимального значений яркости текущего кадра изображения:

$$T(x_{\max}, x_{cp}) = A \cdot x_{\max} + B \cdot x_{cp},$$

где $x_{\max}$ – максимальное значение яркости в изображении;

x_{cp} – среднее значение яркости в изображении;

A, B – экспериментально полученные коэффициенты.

Для локационных задач, как правило, достаточно 8-битного квантования яркости в кадре. При этом входное изображение $x(m,n)$ представляет собой набор элементов со значением яркости 0..255. Каждое значение последовательно сравнивается с текущим значением порога.

Математически пороговая обработка представляет собой следующую функцию (рис. 1):

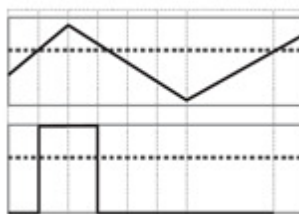


Рис. 1. Функция пороговой обработки

$$y(m, n, T) = \begin{cases} 0, & x(m, n) > T \\ 1, & x(m, n) \leq T \end{cases}, \text{ где}$$

m, n – номер элемента в строке и столбце соответственно

T – значение текущего порога

С целью определения динамики изменения размеров локационных сигналов на изображении для дальнейшего морфологического анализа оно подвергается последовательно пороговой обработке по трем значениям: T_0, T_1, T_2 . Пороговые значения T_1 и T_2 получаются следующим образом:

$$T_1 = 0,75 \cdot T_0$$

$$T_2 = 1,25 \cdot T_0$$

Таким образом, на данном этапе из исходного изображения $x(m, n)$ получаются три бинарные матрицы: $b_0(m, n), b_1(m, n), b_2(m, n)$.

На рис. 2 показано типичное изображение, содержащее локационные сигналы от световозвращателя и диффузно отражающих объектов.

Блок-схема алгоритма трехступенчатой пороговой обработки приведена на рис. 3. На рис. 4 показаны бинарные матрицы после пороговой обработки.



Рис. 2. Изображение, содержащее локационный сигнал

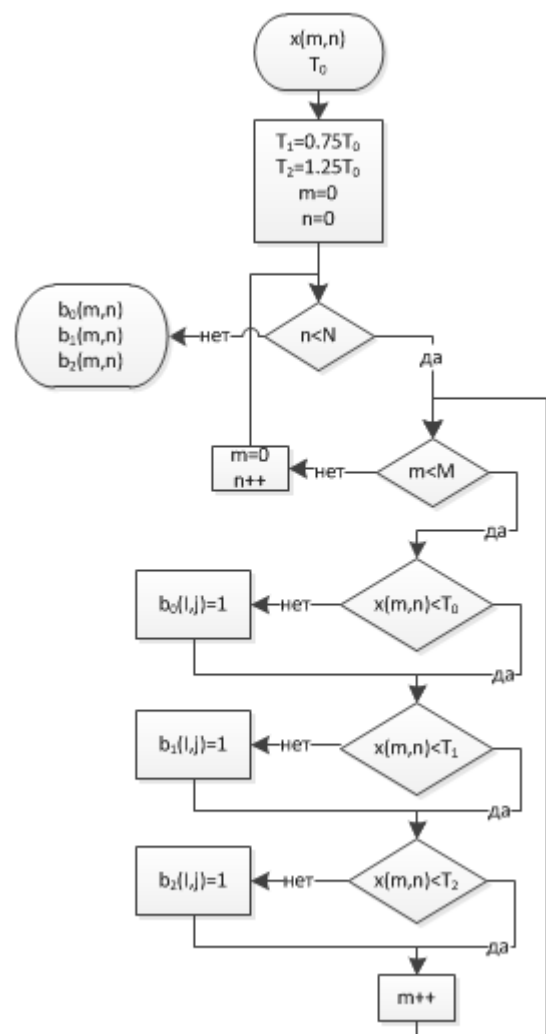


Рис. 3. Блок-схема алгоритма пороговой обработки

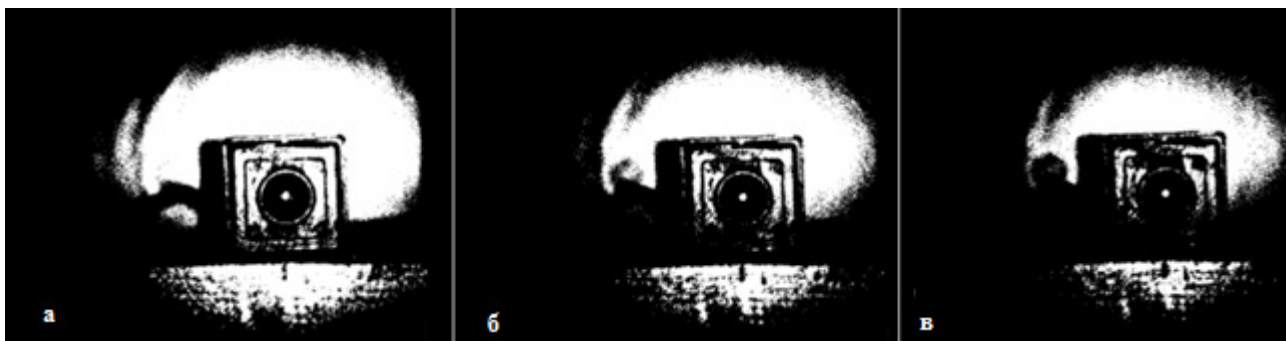


Рис. 4. Бинарные матрицы после пороговой обработки: а) по порогу T_1 ; б) по порогу T_0 ; в) по порогу T_2

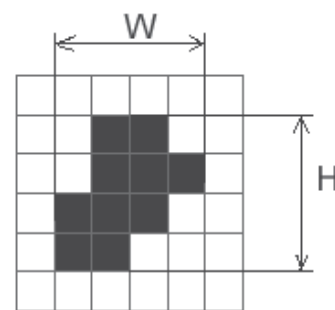
2. Сегментация бинарных изображений

Алгоритм сегментации бинарного изображения [1] позволяет разделить все изображение на связанные по яркости области, соответствующие каждой своему локационному сигналу.

Суть данного алгоритма заключается в присоединении (по горизонтали, вертикали и диагонали) к текущей области элемента, яркость которого отлична от нуля. Начальным элементом области является первый встреченный при последовательном переборе элемент, яркость которого отлична от нуля. Если элемент присоединяется к двум разноименным областям, то эти области объединяются. Таким образом, на выходе данного этапа алгоритма получается множество связанных областей, среди которых будут присутствовать области, соответствующие локационным сигналам как от диффузно отражающих объектов, так и от световозвращателей.

3. Морфологическая обработка

По полученным в виде множеств горизонтальных и вертикальных координат областям вычисляются их наиболее информативные геометрические признаки: площадь S (количество элементов в составе каждой области), максимальный горизонтальный размер W , максимальный вертикальный размер H , периметр P ($2(W+H)$). На основании рассчитанных признаков проводится первичная селекция ложных целей по следующим критериям:



$$S=10 \quad P=16 \quad C=0,039$$

Рис. 5. Пример заполнения области

1. Площадь $S \leq S_{\max}$, где $S_{\max}$ - максимально занимаемая площадь цели в элементах, выбирается в зависимости от режима обнаружения.

2. Компактность $C = \frac{P^2}{S}$, где S – площадь региона, P – периметр региона.

Значения для допусков значения компактности получены экспериментально: $C_{\min} \leq C \leq C_{\max}$, где $C_{\min} = 12,5$, $C_{\max} = 33,3$.

3. Отношение размеров: $R_{\min} \leq \frac{W}{H} \leq R_{\max}$, где $R_{\min} = 0,7$, $R_{\max} = 1,5$.

Граничные значения признаков были получены в результате экспериментальных исследований для реальных условий наблюдения.

Таким образом, по завершении данного этапа из бинарных матриц $b_0(m,n), b_1(m,n), b_2(m,n)$ исключаются те области, которые не удовлетворяют эмпирически установленным геометрическим параметрам предполагаемых целей.

4. Логическая обработка бинарных изображений

На заключительном этапе алгоритма обнаружения световозвращателей производится логическая операция «И» над тремя бинарными матрицами $b_0(m,n), b_1(m,n), b_2(m,n)$.

$$b(m,n) = b_0(m,n) \& b_1(m,n) \& b_2(m,n).$$

В результирующей матрице (рис. 6) останутся только области, удовлетворяющие геометрическим критериям во всех трех исходных матрицах. Таким образом, даже если область, соответствующая диффузному отражению, «распалась» из-за высокого порогового значения на несколько областей в бинарной матрице, каждая из которых может удовлетворять геометрическим критериям световозвращающих целей, она будет отсеяна из результирующей бинарной матрицы за счет ее «объединения» в бинарных матрицах с более низкими порогами.



Рис. 6. Логическая операция «И» над бинарными матрицами

Заключение

Данный алгоритм может быть неустойчив при наличии в видеосигнале короткоимпульсных помех, представляющих собой точечные яркостные шумовые выбросы, превышающие порог. Тогда для эффективной работы данного алгоритма перед пороговой обработкой следует провести простую нелинейную операцию медианной фильтрации, которая избавит исходное изображение от данного типа помех.

Описанный алгоритм с учетом применения предварительной медианной фильтрации позволяет эффективно (с вероятностью выше 99%) обнаруживать камеры СВВД в автоматическом режиме за счет комплексного подхода в рамках цифровой обработки изображения – использование морфологической обработки совместно с трехуровневой пороговой обработкой. Оператору при этом не требуется самому выделять малоразмерный и малоконтрастный блик от световозращателей на экране монитора на сложном фоне – положение камер скрытого видеонаблюдения находится автоматически и отмечается заметной цветной меткой.

Список литературы

1. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. Техносфера. Москва, 2006 г.
2. G. Bradski, A. Kaebler. Learning OpenCV. O'Reilly Media, 2008 г.
3. Д. Форсайт, Ж. Понс. Компьютерное зрение. Современный подход. Издательский дом “Вильямс”, 2004 г.