

УДК 621.391

А.И. Стрелков<sup>1</sup>, Т.А. Стрелкова<sup>2</sup>, Е.Н. Кац<sup>2</sup><sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков<sup>2</sup>Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

## МИИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ БЫСТРОДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ ИЗВЕСТНОЙ ФОРМЫ В ТВ КАДРАХ В УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Рассмотрен алгоритм обнаружения изображений быстро движущихся объектов в ТВ кадрах. Описывается имитационная модель данного алгоритма, и представлены результаты моделирования. Также приведен краткий анализ полученных данных, и сделаны выводы по результатам моделирования. Демонстрируется возможность компенсации искажения типа «смаз» в условиях слабой освещенности.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, алгоритм обнаружения изображения, быстро движущиеся объекты, ТВ кадры, слабая освещенность.

### Введение

**Постановка проблемы.** В охранных комплексах находят широкое применение различные оптико-электронные системы, в частности телевизионные. При этом часто возникает задача обнаружения и сопровождения движущихся объектов. Решение данной задача значительно усложняется в условиях слабой освещенности, следствием чего является низкое отношение сигнал/шум. Также задача усложняется при наблюдении быстро движущихся объектов, то есть смещение изображения объекта за время экспозиции в одном ТВ кадре значительно превышает размеры одного элемента изображения (пикселя). В результате чего на изображении ТВ кадра возникают искажения типа «смаз» [1, 2]. Таким образом, возникает актуальная задача, разработки метода обнаружения изображений быстро движущихся объектов, позволяющего уменьшить данный тип искажений.

**Анализ литературы.** Методы обнаружения движущихся объектов в системах технического зрения описаны в работах [1 – 4], например: дифференциальные методы первого и второго порядка, тензорные, корреляционные и фазовые методы. Только некоторые из описанных методов можно применить в условиях слабой освещенности, тем более при значительных скоростях движения объектов. Однако сложностью при реализации данных методов является наличие сложных вычислений, что ограничивает их применение в условиях реального времени.

**Цель.** Разработать алгоритма обнаружения изображений быстро движущихся объектов, в условиях слабой освещенности. Изучить его работоспособность с помощью имитационного моделирования.

### Описание алгоритма и имитационной модели

Сигнал на входе ОЭС описывается его статистическими параметрами [1, 2, 5], которые опреде-

ляются исходя из пространственно временной структуры данного сигнала (квантовая природа света). В условиях слабой освещенности, изображения быстро движущихся объектов, из-за относительно длительного времени накопления так и при накоплении коротко экспозиционных кадров [6], подвержено эффекту смазывания. Для демонстрации данного эффекта, построена имитационная модель, формирующая изображение объекта в ТВ-кадре в условиях слабой освещенности и быстром движении объекта. Результат моделирования показан на рис. 1. Анализируя данный рисунок можно сделать вывод о невозможности определения основных признаков изображения объекта: формы, размера и положения (соответственно скорости и траектории движения).

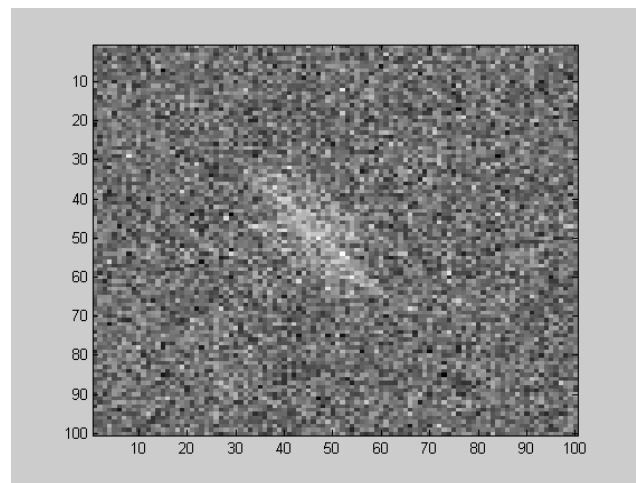


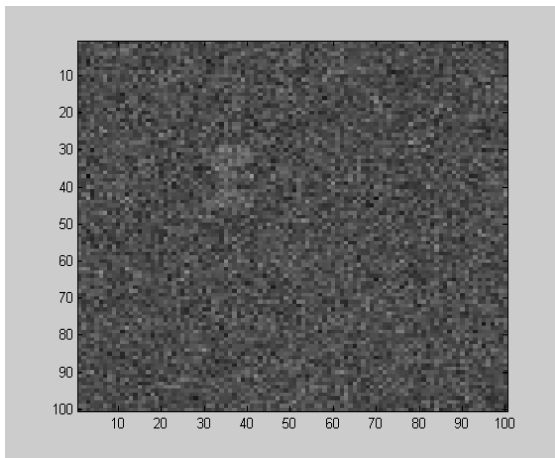
Рис. 1. Эффект смазывания при длительном времени накопления сигнала.

Для уменьшения эффект смазывания необходимо уменьшать время накопления, однако это влечет за собой уменьшение яркость сигнала и соответственно уменьшение отношения сигнал/шум [1, 5]. В качестве примера возьмем за основу модель сиг-

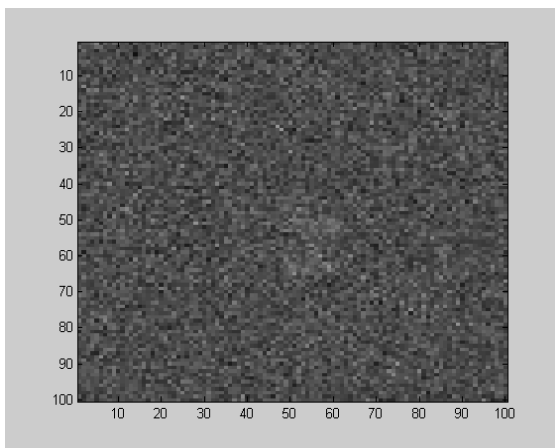
нала представленного на рис. 1, и уменьшив время накопления в 20 раз. В результате чего полученное изображение ТВ кадра имеет вид, показанный на рис. 2. Видно что эффект смазывания практически отсутствует, однако изображение объекта визуально трудно различимо на фоне помех, что свидетельствует о низком соотношении сигнал/шум. Соотношение сигнал/шум в одном пикселе, можно определить из выражения [6]:

$$\varphi = \frac{m_s}{\sigma_f},$$

где  $\sigma_f$  – среднеквадратическое отклонение смеси сигнал+шум;  $m_s$  – математическое ожидание сигнала.



а



б

Рис. 2. Положение изображения объекта: а – начальное; б – конечное

Для изображения показанного на рис. 2, были выбраны такие параметры: дисперсия смеси сигнал+шум равна  $\sigma_f^2 = 20$ , и математическое ожидание сигнала равно  $m_s = 5$ , – соответственно отношение сигнал/шум в одном кадре будет равно  $\varphi = 1,12$ . Однако изображение объекта имеет значительные размеры (площадь изображения объекта в пикселях), гораздо больше одного пикселя, соответ-

ственно, учитывая общую энергию сигнала, можно достаточно точно определить положение изображения объекта в ТВ-кадре. Так как нам известна форма и размеры изображения объекта, то для его обнаружения и определения координат его центра, возможно, применить корреляционный метод обнаружения. Для этого необходимо найти корреляционный интеграл между исходным изображением  $U$  и стробом  $St$  (форма и размер которого соответствуют изображению объекта). Так как в нашем случае изображение ТВ-кадра имеет дискретный характер, выражения для взаимной корреляции имеет вид [7]:

$$Kr(k, l) = \sum_i \sum_j St(i, j)U(i + k, j + l), \quad (1)$$

где  $Kr$  – полученное изображение функции корреляционного интеграла;  $U$  – исходное изображение ТВ кадра;  $St$  – строб;  $k, l$  - координаты пикселей полученного изображения;  $i, j$  – координаты суммируемых пикселей.

Корреляционный интеграл (1), представим в виде изображение и приведем к удобной для наблюдения форме. Вначале произведем масштабирование, для этого необходимо все полученные значения разделить на коэффициент масштабирования (рис. 3, а):

$$k_m = \max(Kr) / 255; \\ Kr_m = Kr / k_m, \quad (2)$$

где  $\max(Kr)$  – максимальное значение сигнала в изображении (1);  $k_m$  – коэффициент масштабирования;  $Kr_m$  – изображение, полученное после масштабирования.

Затем, для повышения контрастности данного изображения, от всех значений, полученных после масштабирования, отнимем минимальное значение, а также умножить на коэффициент увеличивающий уровень яркости (0-255) до полного динамического диапазона монитора (рис. 3, б):

$$k_p = 255 / (255 - \min(Kr_m)); \\ Kr_{mp} = (Kr_m - \min(Kr_m)) * k_p, \quad (3)$$

где  $k_p$  – коэффициент повышения контрастности;  $Kr_{mp}$  – изображение, полученное повышения контрастности.

Найдем координаты положения объекта в изображении ТВ кадра. Для этого определи координаты максимального значения корреляционного интеграла  $K_r$  в ТВ кадре:

$$U_{\max} = \max(Kr); \\ (i_k, j_k) \Rightarrow U_{\max} = Kr(i_k, j_k), \quad (4)$$

где  $U_{\max}$  – максимальное значение сигнала в изображении  $K_r$ ;  $i_k, j_k$  – координаты положения центра изображения объекта в ТВ кадре.

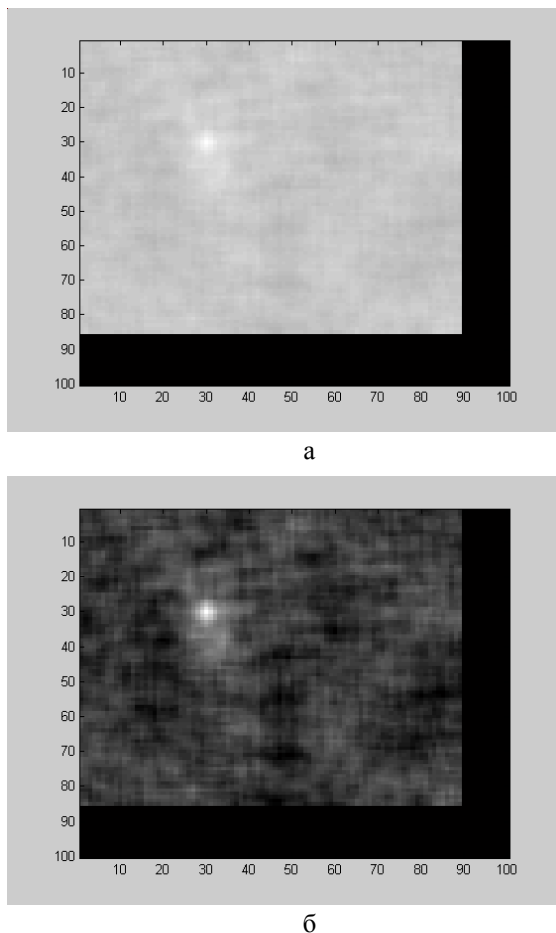


Рис. 3. Изображение функции (1):  
а – после масштабирования;  
б – после повышения контрастности

После определения координат  $(i_k, j_k)$ , выделяем область изображения, соответствующую положению объекта на изображении ТВ кадра, так чтобы она включала полностью объект. С учетом погрешностей определения координат объекта. Изображение данной области (строба) находим из выражения:

$$Q = U(x_1 : x_2, y_1 : y_2), \quad (5)$$

где

$$x_1 = i_k - V/2 - k_s; \quad x_2 = i_k + V/2 + k_s;$$

$$y_1 = j_k - S/2 - k_s; \quad y_2 = j_k + S/2 + k_s;$$

$Q$  – строб – область ТВ кадра включающая изображение объекта;  $k_s$  – поправка, учитывающая погрешность определения координат  $k_s = 1, 2, \dots$ ;  $V, S$  – соответственно высота и ширина объекта.

В результате уменьшения времени накопления в 20 раз, уменьшилось отношение сигнал/шум (в корень из 20 раз), то для получения приемлемого изображения (высокого отношения сигнал/шум), необходимо накопить серию ТВ кадров [8]. Выражение для расчета отношения сигнал/шум при накоплении по времени, при условии неизменности положения изображения объекта в каждом из ТВ кад-

ров имеет вид [5]:

$$\varphi = \sqrt{N} \frac{m_s}{\sigma_f},$$

где  $N$  – количество суммируемых ТВ кадров.

Чтобы, устранить искажения вызванные смещением изображения объекта, необходимо просуммировать ТВ кадры, производя совмещения изображений объекта. Для этого в каждом из ТВ кадров определяем строб (5), и суммируем их:

$$U_s = \sum_{n=1}^N U_n; \quad (6)$$

$$Q_s = \sum_{n=1}^N Q_n, \quad (7)$$

где  $N$  – количество суммируемых ТВ кадров;  $U_s$  – сумма последовательности изображений ТВ кадров;  $Q_s$  – сумма стробов.

Затем в изображении суммы ТВ кадров  $U_s$ , область соответствующей положению объекта в последнем ТВ кадре, заменяем суммой стробов  $Q_s$ :

$$U_s(x_1 : x_2, y_1 : y_2) = Q_s. \quad (8)$$

где

$$x_1 = i_N - V/2 - k_s; \quad x_2 = i_N + V/2 + k_s;$$

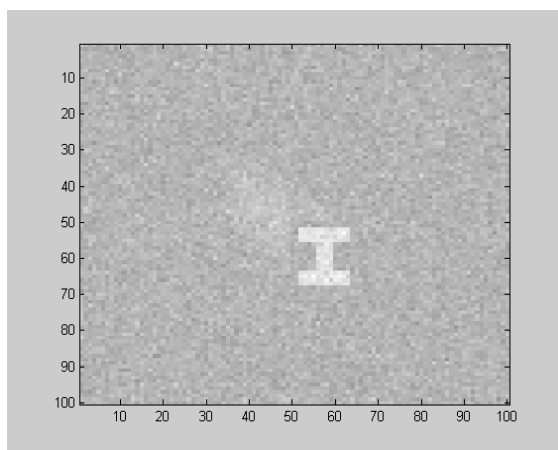
$$y_1 = j_N - S/2 - k_s; \quad y_2 = j_N + S/2 + k_s.$$

Полученные изображения, преобразованные в соответствии с выражениями (2) и (3), приведены на рис. 4. На данных изображениях четко различим объект на фоне шума, что свидетельствует о высоком отношении сигнал/шум.

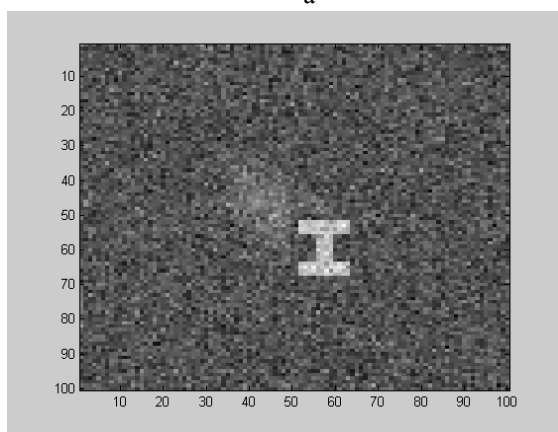
Положение изображения объекта соответствует конечной точки траектории его движения.

## Вывод

Разработан алгоритм обнаружения быстро движущихся объектов в условиях слабой освещенности, который позволяет не допустить проявления эффекта смазывания. Имитационная модель данного алгоритма показала его работоспособность даже при незначительном отношении сигнал/шум. Однако данный метод предусматривает априорное знание размеров и формы объекта, что на практике встречается довольно редко. Решение задачи устранения эффекта смазывания и обнаружение быстро движущихся объектов в условия слабой освещенности, при неизвестных параметрах сигнала, требует более сложный алгоритм с применением ряда эталонных стробов, который будет предметом рассмотрения в следующих публикациях автора. Также значительный интерес представляют такие качественные характеристики работы алгоритма, как отношение сигнал/шум, вероятность ложной тревоги и правильного обнаружения, которые будут рассмотрены в отдельной публикации.



а



б

Рис. 4. Изображение суммы ТВ кадров: а – после масштабирования; б – после повышения контрастности

### Список литературы

Поступила в редколлегию 21.08.2008

1. Яне Б. Цифровая обработка изображений. – М: Техносфера, 2007. – 584 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. В.И. Карпенко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМУ ВИЯВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ШВИДКОРУХАЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ ВІДОМОЇ ФОРМИ В ТВ КАДРАХ В УМОВАХ СЛАБКОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ

О.І. Стрелков, Т.О. Стрелкова, Є.М. Кац

Розглянутий алгоритм виявлення зображень швидко рухомих об'єктів в ТВ кадрах. Описується імітаційна модель даного алгоритму, і представлені результати моделювання. Також приведений короткий аналіз отриманих даних, і зроблені висновки за результатами моделювання. Демонструється можливість компенсації спотворення типу «смаз» в умовах слабкої освітленості.

**Ключові слова:** Імітаційне моделювання, алгоритм виявлення зображення, швидко рухоми об'єкти, ТВ кадри, слабка освітленість.

### IMITATION DESIGN OF ALGORITHM OF FINDING OUT AN IMAGE, HIGH-SPEED OBJECTS OF THE KNOWN FORM IN TV SHOTS IN THE CONDITIONS OF WEAK LUMINOSITY

A.I. Strelkov, T.A. Strelkova, E.N. Kats

The algorithm of finding out the images of high-speed objects is considered in TV shots. The simulation model of this algorithm is described, and design results are presented. The short-story analysis of the got data is also resulted, and conclusions are done on results a design. Possibility of indemnification of distortion of type of «smaz» is demonstrated in the conditions of weak luminosity.

**Keywords:** Imitation design, algorithm of finding out an image, high-speed objects, TV is shots, weak luminosity.