

УДК 621.391

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

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДА РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЛИЗКО РАСПОЛОЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, НЕ РАВНОЦЕННЫХ ПО ЯРКОСТИ

*Рассматривается алгоритм обработки телевизионных кадров, позволяющие улучшить разрешение изображений близко расположенных объектов разных по яркости. Показана возможность сверхрэлеевского разрешения таких изображений. Представлены результаты и ход проведения имитационного моделирования метода разрешения изображений близко расположенных объектов не равноценных по яркости на примере точечных объектов, проведен анализ полученных результатов, сделаны выводы о результатах моделирования.*

**Ключевые слова:** обработка телевизионных кадров, разрешение изображений, объекты разные по яркости.

### Введение

**Постановка проблемы.** В настоящее время получили широкое применение телевизионные системы наблюдения за объектами. Они применяются в различных сферах деятельности (видеонаблюдение, системы слежения за объектами и др.). Основная задача подобных систем – формирование изображения объекта наблюдения с хорошими контрастными характеристиками. Преимущество этих систем заключается в их высокой информативности [1].

Для обнаружения объектов в условиях слабой освещенности применяют методы межкадровой и внутрикадровой обработки, однако после их применения возникают эффекты засветки яркими объектами более слабых, поэтому возникает задача выделения объектов малой интенсивности на фоне объектов с большой интенсивностью.

Так же в процессе видеонаблюдения возникает ситуация когда близко расположенные объекты по яркости не равноценны: один из объектов менее яркий по отношению с другим. В этом случае при видеонаблюдении на изображении возникают светлые пятна засветки, что существенно снижает уровень и качество создаваемого изображения на результирующих снимках, теряется информация об объекте с меньшей яркостью. Подобные ситуации могут возникать при наличии яркого источника встречного света (встречные засветки): фары машин, фонари, окна объектов и др.

Для решения данной задачи необходимо разработать алгоритм обработки данных, позволяющего разрешить два близко расположенных объекта не равноценных по яркости (повысить различимости объекта с меньшей яркостной интенсивностью).

**Анализ литературы.** В литературе описаны методы основанные на применение электронного затвора, объективов с автодиафрагмой [1 – 6], или использование фотоприемников с более широким динамическим диапазоном (технология PIXIM) [1], что требует дополнительных материальных затрат,

для решения проблем связанных со встречными засветками. Но эти методы не дают удовлетворительного результата.

В [16, 17] рассматривается алгоритм обработки данных, позволяющий улучшить качество результата накопления серии телевизионных кадров, выводимого на дисплей. Данный метод позволяет выделить объект с слабой контрастностью на фоне помех (усилить контрастные характеристики сигнала) но параллельно с этим сигналы имеющие меньшую контрастность зашумляются этим сигналом. Следовательно, стоит задача выделения слабого сигнала на фоне сильного.

Данную задачу можно решить с помощью цифровой обработки изображений, которая предлагает широкий выбор методов повышения качественных показателей изображения: пространственные и частотные методы [7 – 11]. Но они также не дают прямого решения данной проблемы.

Из [13 – 15] известная контрастность различимая глазом составляет 15% и если между двумя смежными объектами нет разницы в яркости, то ни глаз, ни фотопластинка, ни любой фотометр не смогут отграничить один объект от другого и сольют их в одно целое: раздельная видимость двух объектов в этом случае исчезла. Отделить один элемент изображения или предмета от другого можно, очевидно, лишь при условии различия в их яркостях; при этом нужно, чтобы такое различие было не меньше некоторой «пороговой» величины, неодинаковой для различных наблюдателей и различных яркостей.

Грамотный выбор алгоритма обработки полученного изображения поможет существенно улучшить качественные показатели процесса наблюдения.

**Цель работы.** Разработка алгоритма разрешения изображений близко расположенных объектов не равноценных по яркости на примере точечных объектов, проведение имитационного моделирования разрешения изображений этих объектов и проведение последующего анализа полученных результатов.

## Изложение основного материала

Точечный источник света распределяет свою энергию по всей фокальной плоскости оптико-электронных систем. Распределение это, однако, сугубо неравномерно: почти 84% энергии сосредоточено в кружке Эри. Внутри кружка радиуса  $q$  сосредоточена доля энергии

$$L_\lambda(q) = 1 - J_0^2(q) - J_1^2(q), \quad (1)$$

где  $J_0$  и  $J_1$  – функции Бесселя нулевого и первого порядка первого рода. Формула (1) была выведена Дж. Рэлеем [15].

При имитационном моделировании и для графических построений использовалась упрощенная форма распределения для однородного случая:

$$J(x) = J_0 \cdot \exp\left(-\frac{(x - x_0)^2}{a^2}\right), \quad (2)$$

где  $J(x)$  – интенсивность излучения на фокальной плоскости;  $J_0$  – интенсивность в центральной точке (максимальная);  $x$  – текущая координата на фокальной плоскости;  $x_0$  – координата центра изображения объекта;  $a$  – коэффициент, характеризующий свойства апертуры. Выражение (2) имеет куполообразный вид, к примеру, для точечного объекта интенсивностью  $J_1 = 50$  и при коэффициенте  $a = 3$ , его изображение на фокальной плоскости имеет вид, показанный на рис. 1.

Математическое выражение для объекта изображенного на рис. 1 имеет вид:

$$J_1(x) = J_{01} \cdot \exp\left(-\frac{(x - x_1)^2}{a^2}\right), \quad (3)$$

где  $J_{01}$  – интенсивность в центральной точке изображения точечного объекта показанного на рис. 1;  $x_1$  – координата центра изображения яркого объекта.

Можно предположить, что в области интенсивного свечения вокруг центральной точки, могут находиться изображения таких же точечных объектов, но гораздо менее ярких. На рис. 2 показано изображение точечного объекта интенсивностью  $J_2 = 20$ , при том же коэффициенте  $a$  и координатах (центральной точки) смещенных относительно центральной точки объекта на рис. 1, на три пикселя вправо.

Математическое выражение для объекта изображенного на рис. 2 имеет вид:

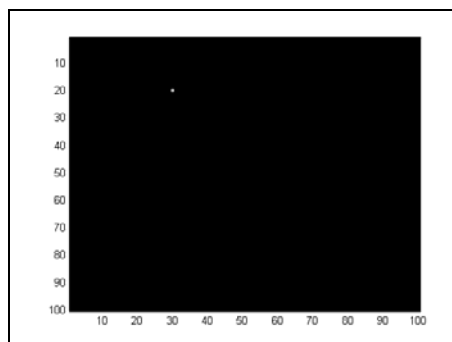
$$J_2(x) = J_{02} \cdot \exp\left(-\frac{(x - x_2)^2}{a^2}\right), \quad (4)$$

где  $J_{02}$  – интенсивность в центральной точке изображения точечного объекта показанного на рис. 2;  $x_2$  – координата центра изображения менее яркого объекта.

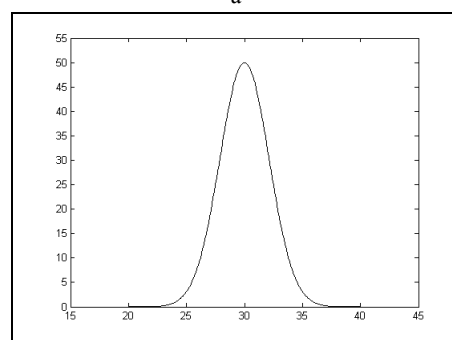
При сложении двух этих изображений (рис. 3) видно, что практически невозможно различить объект, показанный на рис. 2, на фоне более яркого объекта. Для выделения признаков менее яркого точечного объекта, в частности его положение и уровень яркости, необходимо достаточно точно определить параметры более яркого объекта (положение и уровень яркости), на основе полученных дан-

ных вычислить разностную матрицу и произвести ее вычитание из изображения (рис. 3).

Для решения этой задачи воспользуемся такой формой восстановления сигнала как интерполяция по полученным данным, используя метод наименьших квадратов [12]. Данный метод позволяет определить параметры заданной функции наиболее соответствующие полученным значениям.

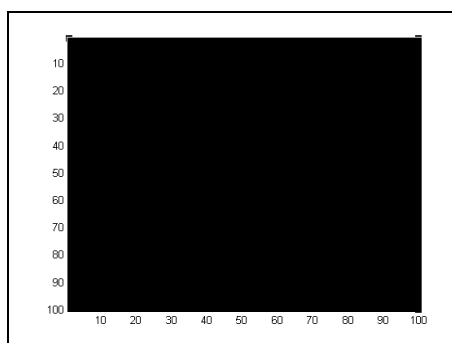


а

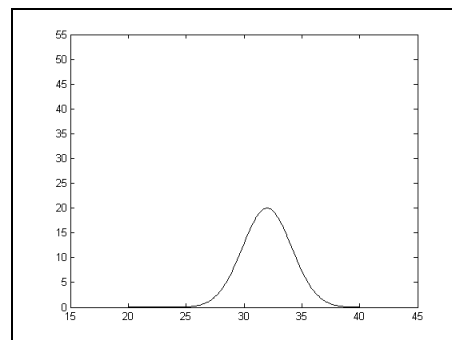


б

Рис. 1. Изображение яркого точечного объекта: а – изображение объекта; б – графическая форма объекта

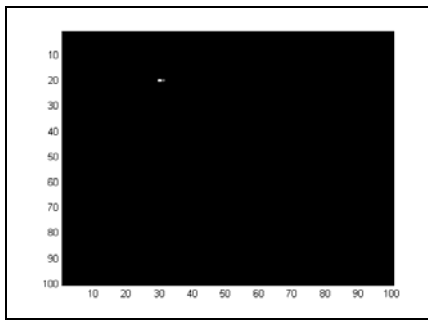


а

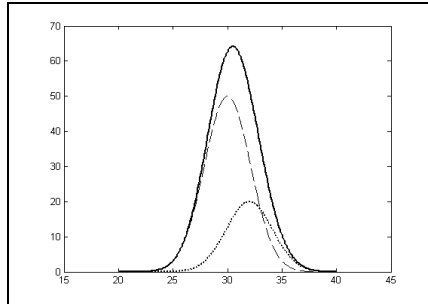


б

Рис. 2. Изображение менее яркого точечного объекта: а – изображение объекта; б – графическая форма объекта



а



б

— — сумма сигналов  $J_3 = J_1 + J_2$  ;  
 - - - - - сигнал с интенсивностью  $J_1 = 50$   
 ..... сигнал с интенсивностью  $J_2 = 20$

Рис. 3. Изображение сигнала суммы двух сигналов  $J_1 = 50$  и  $J_2 = 20$  : а – изображение полученного объекта; б – графическая форма полученного объекта

Чтобы вычислить разностную матрицу необходимо определить параметры функции описывающей изображение более интенсивного объекта, то есть максимальное значение и координаты данного максимума. Для этого определим координаты максимума на рис. 3, после чего возьмем 3 ближайших точки относительно центра, по оси  $x$ , левее центра. Используя полученные точки и применяя известное условие наилучшего среднеквадратичного приближения – минимум суммы квадратических отклонений [12]:

$$S = \sum_{i=1}^N [y_i - \varphi(x_i)]^2 \Rightarrow \min, \quad (5)$$

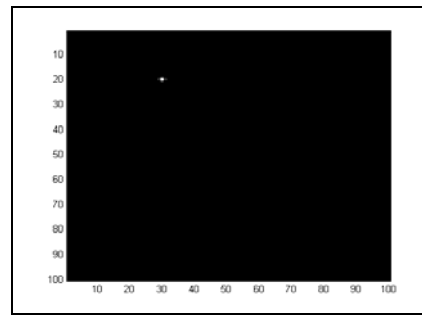
где  $S$  – сумма квадратических отклонений;  $N$  – количество точек функции;  $y_i$  – значение функции в заданных точках;  $x_i$  – заданные точки полученные в результате опыта;  $\varphi(x_i)$  – аналитическая функция:

$$\varphi(x) = \sum_{k=1}^K a_k \varphi_k(x), \quad (6)$$

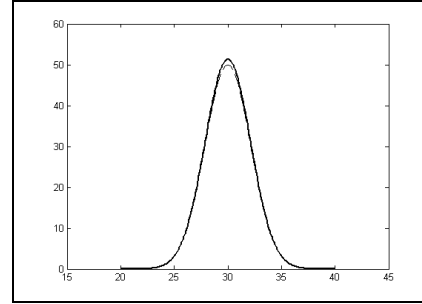
где  $K$  – число констант;  $a_k$  – константы.

Получим функцию близкую к искомой, которая изображена на рис. 4.

Полученное изображение близко по параметрам к искомой это видно из рис. 4, б, а так же полученная функция имеет следующие параметры  $J_3 = 51,329$ ,  $x_3 = 30$ , а параметры искомой функции имеют следующие значения  $J_1 = 50$ ,  $x_1 = 30$ .



а

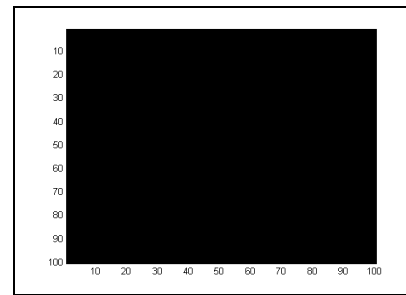


б

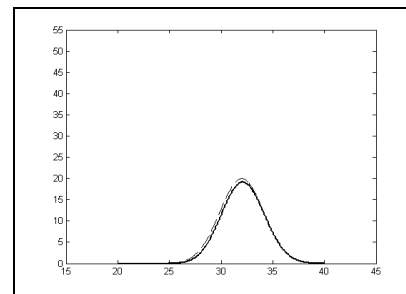
— — полученный сигнал;  
 - - - - - искомый сигнал

Рис. 4. Изображение искомого яркого сигнала, полученного при помощи метода наименьших квадратов: а – изображение полученного объекта; б – графическая форма полученного объекта

В результате построения разностной матрицы, то есть вычитания из суммы изображений показанной на рис. 3 изображение объекта показанного на рис. 4, получим результат, показанный на рис. 5, на котором четко видно изображение менее интенсивного точечного объекта.



а



б

— — полученный сигнал;  
 - - - - - искомый сигнал

Рис. 5. Результат вычисления разностной матрицы: а – изображение менее яркого объекта; б – графическая форма менее яркого объекта

Полученное изображение очень схоже с изображением объекта с меньшей яркостью. Как видно из рис. 5, б полученное изображение имеет меньшую интенсивность излучения, и координаты максимума функции смещены вправо, что говорит о погрешности измерений при восстановлении функции с помощью интерполяции.

### Выводы

Результаты имитационного моделирования обработки изображения близко расположенных объектов не равноценных по яркости представленные в статье позволяют сделать следующие выводы:

- применения данной методики позволяет выделить меньший по яркостной интенсивности объект;
- повышает визуальное восприятие объекта меньшего по яркостной интенсивности;
- позволяет делать выводы о форме и координатах как объекта с меньшей яркостной интенсивностью, так и объекта с большей яркостной интенсивностью.

Таким образом, применение данного метода при обработке изображений объектов близко расположенных и не равноценных по яркости позволяет выделить объект с меньшей яркостью и улучшить его визуальное различие, что играет существенную роль в процессе наблюдения и сопровождения объектов.

### Список литературы

1. Гедзберг Ю.М. Охранное телевидение. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 312 с.: ил.
2. Гедзберг Ю.М. Системы видеонаблюдения: выбор видеокамер // БДИ – 1997. – № 5. – С. 24.
3. Гедзберг Ю.М. Выбор оборудования для систем видеонаблюдения // БДИ. – 1997. – № 1. – С. 41.
4. Уваров Н.Е. Средства управления чувствительностью ТВ камер // Алгоритм безопасности. – 2005. – № 1. – С. 55.

5. Уваров Н.Е. Настройка систем диафрагмирования ТВ камер // Скрытая камера. – 2003. – № 8-9 (16). – С. 34.
6. Никулин О.Ю., Петрушин А.Н. Системы телевизионного наблюдения: Учебно-справочное пособие. – М.: Оберег-РБ, 1997. – 101 с.
7. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
8. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений в среде Matlab. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
9. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.
10. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «ВильяС», 2004. – 992 с.
11. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Попляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Учеб. пособие для вузов, 2-изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
12. Мазманишвили А.С. Численные методы: Учебное пособие к лабораторным занятиям. – Х.: НТУ «ХПИ», 2004. – 275 с.
13. Максудов Д. Д. Астрономическая оптика. – Л.: Наука, 1979. – 395 с.
14. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике: Пер с англ. – М.: Мир, 1971. – 496 с.
15. Михельсон Н. Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. – М.: Наука, 1976. – 512 с.
16. Стрелков А.И., Лисовенко С.А., Панасенко Д.П. Обработка серии короткоэкспозиционных слабоконтрастных ТВ-кадров // Зб. наук. пр. ХУ ВС. – Х.: ХУ ВС. – 2006. – Вип. 6 (12). – С. 46-49.
17. Оценка эффективности метода накопления серии короткоэкспозиционных слабоконтрастных телевизионных кадров / А.И. Стрелков, В.И. Барсов, Т.А. Стрелкова, Е.Н. Кац // Зб. наук. пр. ХУ ВС. – Х.: ХУ ВС. – 2007. – Вип. 1 (13). – С. 44-47.

Поступила в редколлегию 19.08.2008

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

### ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДУ ДОЗВОЛУ ЗОБРАЖЕНЬ БЛИЗЬКО РОЗТАШОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ, НЕ РІВНОЦІННИХ ЗА ЯСКРАВІСТЮ

О.І. Стрелков, Т.О. Стрелкова, Д.П. Панасенко

*Розглядається алгоритм обробки телевізійних кадрів, що дозволяють полішити дозвіл зображенні близько розташованих об'єктів різних по яскравості. Показана можливість сверхрелеєвського дозволу таких зображенні. Представлені результати і хід проведення імітаційного моделювання методу дозволу зображень близько розташованих об'єктів не рівноцінних по яскравості на прикладі точкових об'єктів, проведений аналіз отриманих результатів, зроблені висновки про результати моделювання.*

**Ключові слова:** обробка телевізійних кадрів, дозвіл зображень, об'єкти різні по яскравості.

### IMITATION DESIGN OF METHOD OF PERMISSION OF IMAGES OF THE CLOSE LOCATED OBJECTS NOT EQUIVALENT ON A BRIGHTNESS

A.I. Strelkov, T.A. Strelkova, D.P. Panasenko

*An algorithm is examined treatments of TV-shots, allowing to improve permission image of the close located objects of different on a brightness. Possibility of sverkhreleevskogo permission is shown such the image. Results and motion of conducting of imitation design of method of permission of images of the close located objects are presented not equivalent on a brightness on the example of point objects, the analysis of the got results is conducted, conclusions are done about the results of design.*

**Keywords:** treatment of TV-shots, permission of images, objects different on a brightness.