

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ТА КОМПЛЕКСАМИ

УДК 621.397.48 : 004.932.2

А. В. БЕЛЯЕВ, В. М. КАРТАШОВ

### МОДЕЛИ СИГНАЛОВ В УНИВЕРСАЛЬНОМ МУЛЬТИМЕДИЙНОМ СТРЕЛКОВОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Рассмотрены особенности построения моделей полезных сигналов в системах видеонаблюдения, лазерного трекинга, мультимедийных стрелковых тренажерах. Поставлена задача обнаружения мелкомасштабных неоднородностей как с высокой яркостной составляющей, так и с минимально возможной для данных систем на фоне движущегося фонового изображения. Предложены математические описания для моделей лазерного луча и пулевого отверстия с учетом основных мешающих факторов в рассматриваемых системах. Методом моделирования и с использованием натурального эксперимента была подтверждена актуальность предложенных моделей. Рассмотрены аспекты практического применения предложенных математических моделей в мультимедийных стрелковых тренажерах.

**Ключевые слова:** моделирование, определение координат пулевых отверстий, мультимедийные стрелковые тренажеры, обработка изображений.

Розглянуто особливості побудови моделей корисних сигналів в системах відеоспостереження, лазерного трекінгу, мультимедійних стрілецьких тренажерах. Поставлено завдання виявлення дрібномасштабних неоднорідностей як з високою складовою яскравості, так і з мінімально можливою для даних систем на фоні рухомого фонового зображення. Запропоновано математичні описи для моделей лазерного п'ятна і кульового отвору з урахуванням основних чинників, що заважають в розглянутих системах. Методом моделювання та з використанням натурального експерименту була підтверджена актуальність запропонованих моделей. Розглянуто аспекти практичного застосування запропонованих математичних моделей в мультимедійних стрілецьких тренажерах.

**Ключові слова:** моделювання, визначення координат кульових отворів, мультимедійні стрілецькі тренажери, обробка зображень.

The features of constructing models of useful signals in video surveillance systems, laser tracking, multimedia shooting simulators are considered. The task is to detect small-scale inhomogeneities both with a high luminance component and with the minimum possible for these systems against the background of a moving background image. Mathematical descriptions are proposed for laser beam and bullet holes models taking into account the main interfering factors in the systems under consideration. Using the modeling method and using the full-scale experiment, the relevance of the proposed models was confirmed. The aspects of practical application of the proposed mathematical models in multimedia shooting simulators are considered.

**Keywords:** modeling, coordinates determination of bullet holes, multimedia shooting simulators, image processing.

**Введение.** Статья является продолжением публикации, связанных с разработкой и внедрением универсальных мультимедийных стрелковых тренажеров (МСТ) для подготовки сотрудников силовых структур. В статье проводился анализ основных подходов к определению яркостных перепадов [1], описан используемый в тренажере метод обработки изображений [3] и предложен алгоритм увеличения быстродействия описанных методов с использованием операции стробирования целей [3]. В завершение последней работы, связанной с применением алгоритмов контурного анализа в системах обработки видеопотоков [4], будут рассмотрены особенности моделей полезных сигналов в данных системах.

Принцип действия мультимедийного стрелкового тренажера (МСТ) схематически представлен на рис. 1. В МСТ используется система обработки изображений со статичной видеокамерой.

Как и любая другая система компьютерного зрения [5], мультимедийный стрелковый тренажер имеет в своем составе видеокамеру, осуществляющую мониторинг изменений на проекционном полотне мишени. Получаемый видеопоток обрабатывается на компьютере с использованием одного или нескольких методов обнаружения информационных объектов [6].

Искомым объектом поиска при обработке изображений в мультимедийных стрелковых тренажерах является пулевая пробоина на экране, в случае работы системы с боевым оружием, или лазерное пятно,

если система работает с лазерными имитаторами, закрепленными на оружии.

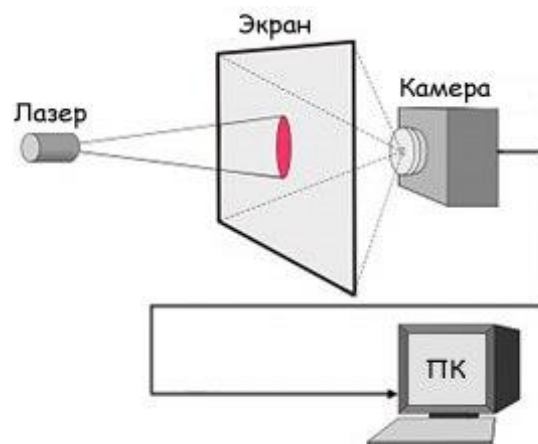


Рис. 1 – Упрощенная структура системы обработки сигналов мультимедийного стрелкового комплекса

**Модели полезных сигналов в системе.** Рассмотрим задачу обнаружения-измерения в применении к двумерному сигналу (изображению)  $s(x,y)$ . Пусть наблюдаемый сигнал является смесью полезного сигнала  $e(x,y)$ , аддитивной помехи  $c(x,y)$  и шума сенсора  $n(x,y)$

$$s(x,y) = e(x,y) + c(x,y) + n(x,y). \quad (1)$$

© А. В. Беляев, В. М. Карташов. 2017

Задачу обработки сформулируем следующим образом: по реализации  $s(x,y)$ , доступной наблюдению, необходимо принять решение о наличии в составе  $e(x,y)$  искомого фрагмента и оценить пространственные координаты этого фрагмента в пределах изображения. Подобные задачи характерны для различных систем обработки, распознавания и анализа изображений – в частности, для мультимедийных лазерных стрелковых тренажеров и систем машинного зрения.

В данном случае искомым сигналом  $s_0(x,y)$  является пятно от лазерного излучателя на мишени или пулевая пробоина, аддитивной помехой  $c(x,y)$  – видеоизображение, проецируемое на мишень, и фоновая засветка мишени посторонними источниками света. Компонент смеси  $n(x,y)$  представлен шумом регистрирующего устройства – видеокамеры.

Для решения задачи обнаружения искомого сигнала  $s_0(x,y)$  необходимо описать его форму и размеры [7]. В случае работы стрелкового тренажера в боевом режиме необходимо придерживаться тех размеров пулевых отверстий, которые оставляет на полотне мишени конкретный вид патронов. Однако, форма пулевого отверстия может незначительно меняться от выстрела к выстрелу: в зависимости от угла попадания в мишень и материала полотна мишени. Кроме того, вероятность и точность определения пулевого отверстия зависит от разрешающей способности системы и выбранного алгоритма в случае попадания пули в непосредственной близости от одного из пулевых отверстий от предыдущих стрельб.

В режиме имитации стрельбы размер лазерного луча будет зависеть от расстояния. В идеальном случае лазерный луч оставляет на мишени отметку в виде точки. Такую отметку можно представить в виде двумерной дельта-функции  $e(x,y) = \delta(x,y)$ . Этот случай соответствует лазерному лучу бесконечно малого поперечного сечения, распространяющемуся в однородной изотропной среде и падающему на поверхность мишени под прямым углом. Очевидно, что в реальной системе подобные упрощения неприменимы. Реальный лазерный излучатель имеет оптическую систему с функцией рассеяния точки (ФРТ)  $h_1(x,y)$ . Изображение пятна на мишени может быть определено следующим образом

$$e_m(x,y) = \delta(x,y) \otimes h_1(x,y), \quad (2)$$

где  $\otimes$  - символ свёртки. В то же время, регистрирующая видеокамера также имеет оптическую систему с некоторой ФРТ  $h_2(x,y)$ . В результате наблюдаемое камерой изображение получит вид

$$e(x,y) = e_m(x,y) \otimes h_2(x,y). \quad (3)$$

Тогда  $e(x,y) = (\delta(x,y) \otimes h_1(x,y)) \otimes h_2(x,y)$ .

Поскольку

$$\delta(x,y) \otimes h_1(x,y) = h_1(x,y), \quad (4)$$

то изображение искомого пятна на плоской поверхности мишени можно записать в виде

$$e(x,y) = h_1(x,y) \otimes h_2(x,y). \quad (5)$$

Следовательно, вид пятна определяется только характеристиками оптических систем лазера и регистрирующей камеры. В случае работы тренажера в боевом режиме нам необходимо учитывать только характеристики регистрирующей камеры и размеры пулевых отверстий в зависимости от калибра оружия.

**Модель лазерного пятна.** В режиме стрельбы с лазерными имитаторами в МСТ полезным сигналом будет являться лазерное пятно на поверхности проекционного полотна мишени.

Полупроводниковые малогабаритные лазерные диоды имеют широкую диаграмму направленности. Поэтому для формирования узкого параллельного лазерного пучка перед диодом необходимо установить линзу-объектив на фокусном расстоянии от излучающей площадки. В случае невозможности непосредственной установки лазерного диода на имитатор оружия можно использовать волоконно-оптический световод. В этом случае имеем лазерный излучатель по схеме рис. 2

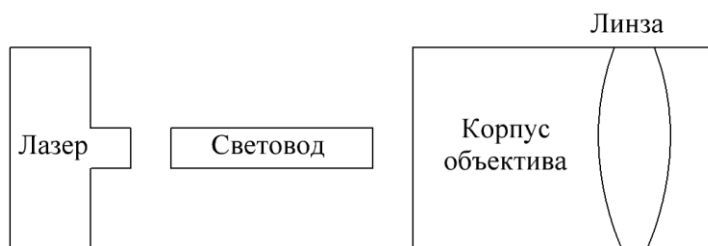


Рис. 2 – Схема лазерного излучателя с волоконно-оптическим световодом

Чтобы собрать в пучок больше энергии лазерного диода необходима линза относительно большого диаметра. В результате диаметр светового пучка на выходе лазерного излучателя должен быть порядка 10 мм. Так как не удастся сформировать полностью параллельный пучок (в частности, из-за того, что излучающая площадка диода не точечная), получаем расходящийся пучок. Реально на дальности 5 м диаметр лазерного пучка составляет около 5 мм.

Анализ литературных источников привел к выводу, что источником погрешности в лазерной системе является так называемый спекл-эффект (рис. 3). Это явление, вызывающее случайное распределение интенсивности когерентного излучения, отраженного шероховатой поверхностью или прошедшего через матовое стекло [8]. Это случайное распределение приводит к случайному положению центра яркости излучения лазерного пятна, несмотря на равномерность излучения лазера в пределах светового пятна.

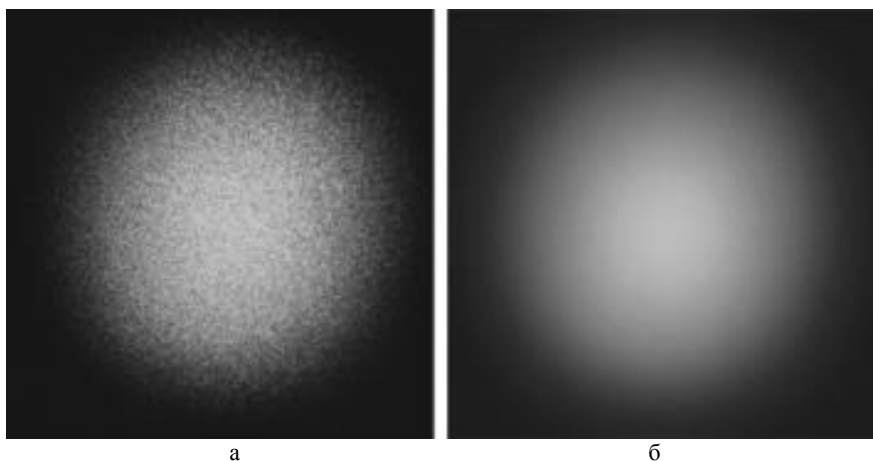


Рис. 3 – Спекл-ефект: а – лазерне пятно; б – нормальне зображення

Теоретически уменьшить погрешность можно за счет уменьшения диаметра лазерного пятна. Однако практически это не удастся сделать из-за невозможности уменьшить диаметр световода и фокусное расстояние линзы (соответственно диаметр линзы) без существенных потерь излучаемой энергии.

Для определения минимального диаметра лазерного пятна воспользуемся соотношениями геометрической оптики [9]. При подборе расстояния  $l$  между линзой диаметром  $2R$  и выходным торцом световода диаметром  $2r$  каждая точка торца проецируется в соответствующую точку пятна на экране диаметром  $2A$ .

При этом  $2A = 2r \frac{L}{l}$ . Расстояние  $l$  связано с фокусным расстоянием  $f$  по законам геометрической оптики соотношением  $l = \frac{Lf}{L-f}$ , так что в случае  $L \gg f$  имеем

приближенное равенство  $l = f$ .

Размер объектива ограничен конструктивными соображениями, так как диаметр объектива  $2R$  не должен превышать диаметра дульного тормоза имитатора оружия. Также, объектив должен собирать все лучи с торца световода диаметром  $2r$  в пределах апертурного угла  $\alpha$ , т.е.  $\frac{R-r}{l} \geq \operatorname{tg} \alpha = c$ . При  $R \gg r$  имеем

$R \geq lc$ . Отсюда  $l \leq \frac{R}{c}$  или  $f \leq \frac{R}{c}$ , и соответственно

для относительного отверстия объектива имеем  $O = \frac{D}{f} \geq 2c$ . В случае  $\alpha = 30^\circ$  имеем  $c = \operatorname{tg} \alpha = 0,57$  и

$O \geq 1,14$ , что можно реализовать на практике, так как имеются объективы с относительным отверстием до 1.5...2. В случае  $R = 10 \text{ мм}, c = 0,57, L = 400 \text{ мм}$  имеем  $l = f = 17,5 \text{ мм}$  и  $2A = 4,6 \text{ мм}$ .

Исходя из природы спекл-эффекта можно представить модель лазерного пятна в виде совокупности излучающих площадок, примыкающих друг к другу (например, прямоугольных), со случайной яркостью и случайным положением центра излучения в пределах каждой излучающей площадки [10]. То есть площадка пятна разбита на  $2n+1$  вертикальных и  $2n+1$  горизонтальных полос. Количество элементарных площадок равно  $(2n+1)^2$ . В модели положения геометрических

центров яркости площадок приняты независимыми. Геометрический центр яркости элементарной площадки по оси  $X$  обозначим через  $x_{ij}$ . В случае постоянной яркости  $I$  элементарной площадки геометрический центр яркости по оси  $X$  определяется выражением

$$\bar{x} = \frac{\sum_i \sum_j I x_{ij}}{\sum_i \sum_j I} = \frac{\sum_i \sum_j x_{ij}}{(2n+1)^2}, \quad (6)$$

где суммирование распространяется на все  $-n \leq i, j \leq n$ .

Для математического ожидания и дисперсии геометрического центра яркости получим

$$M[\bar{x}] = 0; \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= M \left[ \frac{\sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x})^2}{(2n+1)^2} \right] = \\ &= \frac{1}{(2n+1)^4} \sum_i \sum_j M[x_{ij}^2] = \frac{\sigma^2}{(2n+1)^2} \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\sigma^2$  – дисперсия геометрического центра элементарной площадки.

В силу симметричности пределов сумм централизованные центры яркости заменены на нецентрированные, а в силу независимости дисперсия суммы взята равной сумме дисперсий. Следовательно, разброс положения геометрического центра яркости уменьшается с увеличением количества площадок, т.е. увеличением размеров лазерного пятна.

На практике, для видеомишеней, спекл-эффект оказывает незначительное влияние на погрешность измерений. Для минимизации его влияния необходимо использовать ровную, гладкую и непрозрачную поверхность в качестве материала мишени, благодаря чему им можно пренебречь.

Рассмотрим модель гауссового распределения энергии в пятне, характерного для лазерных пучков [11]. Из теории гауссового пучка известно, что его нормализованная интенсивность выражается следующей формулой

$$I(a) = \frac{1}{w} \exp\left(-2\frac{a^2}{w^2}\right), \quad (9)$$

где  $a^2 = x^2 + y^2$ ,  $w$  – радиус пучка. На расстоянии  $w$  от центра интенсивность равна  $\exp(-2)$  от максимального значения, то есть в пределах радиуса  $w$  содержится, как следует из свойств гауссовой функции, 86,5 % энергии пучка.

Как следует из выражения (9) и из рисунка 4, эффективный размер пятна  $\delta$  при бинарной регистрации зависит как от радиуса пучка так и от некоторого уровня порога обнаружения  $I_b$ , причем, поскольку этот уровень может быть выбран в значительной мере произвольно, то эффективный размер также может быть сделан сколь угодно малым:

$$\delta = 2kw \quad (10)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от уровня  $I_b$  и, следовательно, также принимающий любые значения.

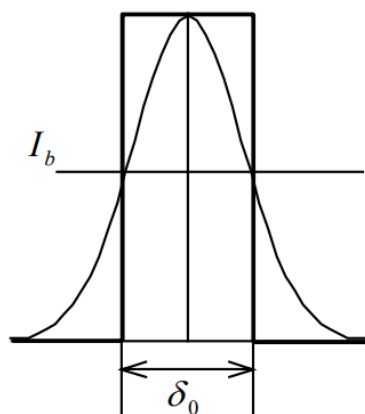


Рис. 4 – Размер лазерного пятна на оси

Однако, если мы выберем уровень  $I_b$  близким к значению максимальной интенсивности, чтобы получить малые значения коэффициента  $k$ , очевидно, что полученный малый размер пятна будет крайне неустойчивым по отношению к колебаниям этого уровня или изменениям интенсивности освещения. Аналогичные явления происходят в случае выбора  $I_b$  малым. Естественно, что оптимальный выбор уровня  $I_b$  должен быть таким, чтобы обеспечить максимальную устойчивость размеров пятна.

Легко увидеть, что оптимальный выбор соответствует точке максимального наклона графика распределения интенсивности в изображении для центральной (осевой) точки поля сканирования, где это изображение является наилучшим. При этом,  $I_b = I_0 \exp(-1/2)$ , где  $I_b$  – интенсивность в максимуме пятна для центра поля сканирования; коэффициент  $k$  в этом случае равен 0,5, то есть эффективный размер бинарного пятна в два раза меньше, чем размер исходного изображения.

Следовательно, при проектировании алгоритмов системы обработки для режима имитации стрельбы

необходимо придерживаться гауссовой модели распределения светового пятна, а порог обнаружения выбирать на уровне половины максимальной его интенсивности.

**Модель пулевого отверстия.** В случае работы МСТ в боевом режиме алгоритмы системы обработки должны принять иную модель полезного сигнала. Если в режиме имитации регистрировалось гауссово пятно на проекционном полотне, значение яркости центра которого среди всех пикселей изображения стремилось к максимальному  $I_{max}$ , то центр пулевого отверстия может обладать минимальным значением яркости  $I_{min}$ .

Это связано с тем, что проектор, при помощи которого воспроизводятся видеосюжеты, обладает некоторой минимальной яркостью для черного цвета  $L_{min}$  (рис. 5, 6), которая будет значительно ярче пространства за проекционным полотном (чаще всего там находится пулеприемник).

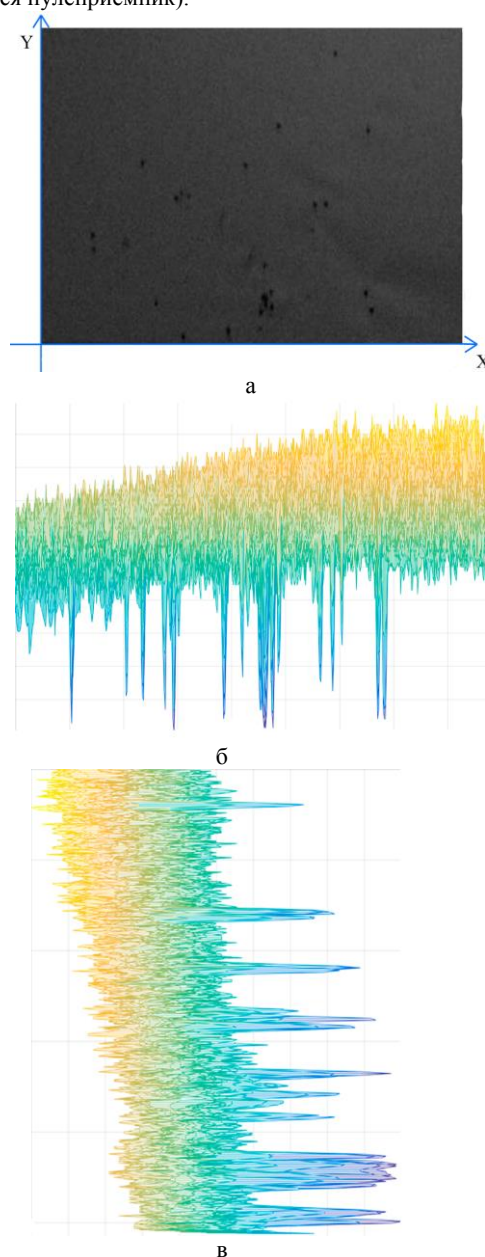


Рис. 5 – Яркость пулевых отверстий на фоне  $L_{min}$  проектора: а – исходное изображение, б – горизонтальная проекция, в – вертикальная проекция

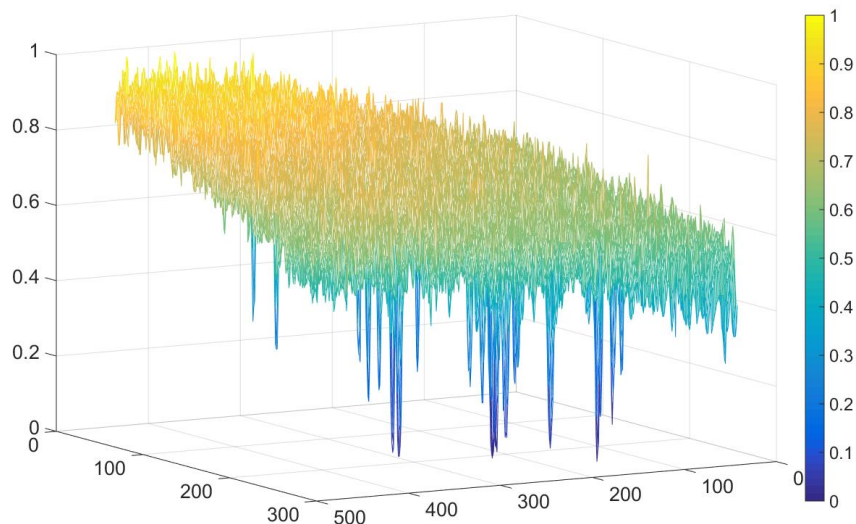


Рис. 6 – Представление яркости пулевых отверстий на фоне  $L_{min}$  проектора в трехмерном пространстве

В некоторых существующих системах обработки [12] пулевую пробину стремились приблизить к лазерному пятну путем ее подсветки. Видеокамера регистрировала свет, проходящий сквозь образованные отверстия и, как и в случае с лазерным пятном, проводилось сканирование изображения и поиск  $I_{max}$ . Однако, этот способ требовал использование осветительной аппаратуры и светофильтров на видеорегистрирующем устройстве, что накладывало дополнительные финансовые затраты, усложняло конструкцию и делало невозможным использование данных тиров в портативном исполнении.

Использование видеокамер с высокой светочувствительностью позволяет отказаться от дополнительной осветительной аппаратуры и фиксировать значения минимальной яркости  $I_{min}$  на изображении. Следовательно, пулевое отверстие можно описать как некоторую матрицу  $N \times M$  (рис. 7), размер которой будет определяться калибром патрона (рис. 8), разрешением видеокамеры и расстоянием между видеокамерой и проекционным полотном.

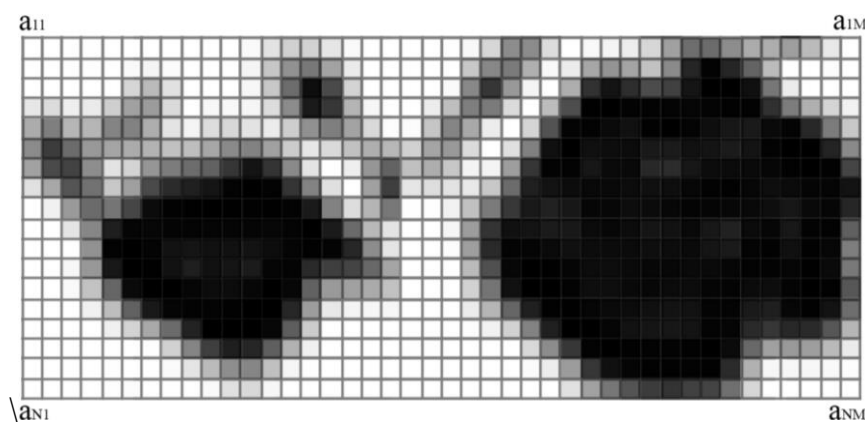


Рис. 7 – Визуализация матрицы яркостных значений пулевых отверстий двух разных калибров

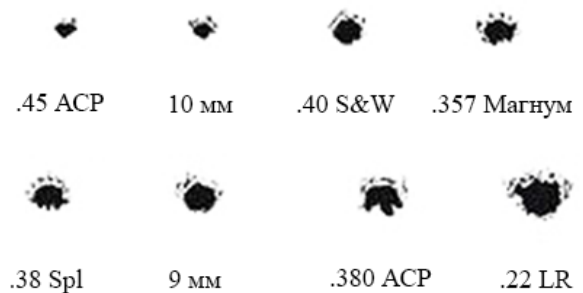


Рис. 8 – Пулевые отверстия различных калибров

Однако, наличие собственных шумов регистрирующей видеокамеры ухудшает характеристики правильного обнаружения и делает невозможным использование простой цвето-яркостной фильтрации видеопотока, что вынуждает применять дополнительные алгоритмы распознавания образов в системе обработки. Проектор также дает некоторую фоновую засветку и в случае комплексного видеосюжета с неоднородным фоном пулевые отверстия могут быть засвечены световым потоком разной интенсивности.

Чем большим количеством пикселей будет описано пулевое отверстие, тем большей будет вероятность правильного обнаружения. В идеальном случае, в отсутствии собственных шумов камеры, полезный сигнал может быть некоторой точкой на изображении, которую можно описать в виде

двумерной дельта-функции  $\delta(x, y)$ . Однако, в реальных условиях необходимо куда большее количество точек для принятия решения об обнаружении.

Для упрощення роботи алгоритмов обробки можна використовувати, як і в разі з лазерним лучом, гауссову модель пулевого отвору, проводячи пошук або значення з мінімальною яскравістю, або здійснюючи інверсію зображення. Варто зауважити, що в порівнянні з лазерною плямою, розмір якої буде змінюватися в залежності від відстані стрільби, пулеві отвори завжди будуть мати фіксований розмір, без урахування випадкових деформацій тканини пробити, і залежить тільки від калібру.

**Аналіз ефективності запропонованих моделей.** Запропоновані моделі були використані і протестовані з використанням мультимедійного стрелкового тренажера кафедри «Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем» Харківського національного університету радіоелектроніки. Раніше в системі обробки тренажера застосовувався метод кадрого вичитання для визначення нових об'єктів на слабко змінюючому фоні. Отримане різницеве зображення дозволяло визначити координати точки попадання лазерного луча або пулевих отворів. Однак, слабка освітленість в тінях та власні шуми камери не дозволяли визначати пулеві отвори на темних фонах, тому було запропоновано застосування інфрачервоної підсвітки за проекційним екраном і відповідного світлофільтра на відеокamerі. Завдяки цьому технічному рішенням доводилося використовувати дві різні камери з різними світлофільтрами, що збільшувало вартість конструкції та ускладнювало її.

Було запропоновано вдосконалення даної системи, шляхом застосування контурного аналізу зображення

[4]. Розглянуті в цій статті моделі сигналів були використані в блоці обробки зображень для алгоритму контурного аналізу.

Контурний аналіз зображень дозволяє використовувати всього один комплект відеоапаратури без застосування додаткової системи підсвітки пулевих отворів. В часі тестування даного методу було виявлено, що він має кращі характеристики правильного виявлення в разі використання сцен з неоднорідним динамічним фоном, тоді як метод кадрого вичитання показав неможливість відслідковування цілей при швидко змінюючому зображенні.

### Висновки

1. Запропоновані математичні моделі сигналів в відеосистемі МСТ, дозволяють покращити роботу функціонування в ній алгоритмів обробки. Запропоновані моделі лазерного луча та пулевого отвору встановлені в основу контурного аналізу зображення, приймаемого з стаціонарної відеокamerи.

2. Шляхом моделювання виведені оптимальні параметри приймаемых сигналів для максимізації характеристик правильного виявлення системи та мінімізації ложного спрацювання.

3. Визначено, що застосування розробленої методики аналізу зображень в МСТ дозволяє обробляти зображення з динамічно змінюючимся фоном, що дозволяє розширити функціонал новими тренувальними відеосюжетами та використовувати більш складні відеосюжети з використанням рівневої структури сучасної ігрової індустрії.

### Список літератури:

1. *Беляев, А. В.* Обнаружение объектов заданной формы и определение их координат на изображении в мультимедийном стрелковом тренажере [Текст] / *А. В. Беляев, В. М. Карташов* // Системы обработки информации. – 2015. – № 10 (135). – С. 16–21.
2. *Беляев, А. В.* Обработка сигналов в универсальном мультимедийном стрелковом тренажере [Текст] / *А. В. Беляев, О. В. Зубков, В. М. Карташов, К. С. Тарасов* // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2017. – № 16 (1238). – С. 23–29.
3. *Беляев, А. В.* Стробирование отметок движущихся объектов в системе обработки изображений со стационарной видеокамерой [Текст] / *А. В. Беляев, В. М. Карташов, Ф. А. Лутуангу* // ScienceRise. – 2017. – № 3 (32). – С. 66–71. doi: [10.15587/2313-8416.2017.96524](https://doi.org/10.15587/2313-8416.2017.96524)
4. *Беляев, А. В.* Применение метода контурного анализа изображений в системе обработки мультимедийного стрелкового тренажера [Текст] / *А. В. Беляев, О. В. Зубков, В. М. Карташов* // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2017. – № 20 (1242). – С. 109–118.
5. *Burlachenko, I.* Devising a method for the active coordination of video cameras in optical navigation based on the multi-agent approach [Text] / *I. Burlachenko, I. Zhuravska, M. Musiyenko* // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, Issue 9 (85). – P. 17–25. doi: [10.15587/1729-4061.2017.90863](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.90863)
6. *Sotnikov, A.* A method for localizing a reference object in a current image with several bright objects [Text] / *A. Sotnikov, V. Tarshyn, N. Yermolina, S. Petrov, N. Antonenko* // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 3, Issue 9 (87). – P. 68–74. doi: [10.15587/1729-4061.2017.101920](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101920)
7. *Tsyropenko, V.* Development of direct method of direction finding with two-dimensional correlative processing of spatial signal [Text] / *V. Tsyropenko, V. Tsyropenko* // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 6, Issue 9 (84). – P. 63–70. doi: [10.15587/1729-4061.2016.85599](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85599)
8. *Франсон, М.* Оптика спеклов [Текст] / *М. Франсон*. – М.: Мир, 1980. – 171 с.
9. *Бегунов, В. Н.* Теория оптических систем [Текст] / *В. Н. Бегунов, Н. П. Закасов*. – М.: Машиностроение, 1973. – 488 с.
10. *Корнилов, И. Г.* Модели лазерного пятна датчика координат стрелкового тренажера [Текст] / *И. Г. Корнилов, В. С. Казаков* // Материалы между. НТК, посвященной 50-летию ИжГТУ. – 2002. – С. 82–85.
11. *Родионов, С. А.* Оптика негомоцентрических световых пучков [Текст] / *С. А. Родионов, Вон Дон Чжу, Ми Сук Чжун* // Оптический журнал. – 1997. – Т. 64, № 8. – С. 28–31.
12. Пат. № 95007 UA. Спосіб визначення координат точки влучення кулі у відеомішень при навчанні стрільби та пристрій для його здійснення. МПК F41 G 3/26 [Текст] / *Зубков О. В., Коритцев І. В., Сидоров Г. І., Сидоров Я. Г.* – № а200912569; заявл. 04.12.2009; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12. – 3 с.

### Bibliography (transliterated):

1. Bieliaiev, O. V., Kartashov, V. M. (2015). Obnaruzhenie ob'ektov zadannoy formy i opredelenie ih koordinat na izobrazhenii v mul'timediynom strelkovom trenazhere [Objects detection and determination of their coordinates on the image in a multimedia shooting simulator]. Information processing systems, 10 (135), 16–21.
2. Bieliaiev, O. V., Zubkov, O. V., Kartashov, V. M., Tarasov, K. S. (2017). Signal processing in the universal multimedia shooting simulator. Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Seriya: Mekhaniko-tekhnolohichni systemy ta komplekxy, 16 (1238), 23–29.
3. Bieliaiev, O. V., Kartashov, V. M., Loutouangou, F. A. (2017). Strobing the moving objects marks in the image processing system with stationary video camera. ScienceRise, 3 (32), 66–71. doi: [10.15587/2313-8416.2017.96524](https://doi.org/10.15587/2313-8416.2017.96524)

4. Bieliaiev, O. V., Zubkov, O. V., Kartashov, V. M. (2017). Application of the method of contour analysis of images in the processing system of a multimedia shooting simulator. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Seriya: Mekhaniko-tehnologichni systemy ta komplekxy*, 20 (1242), 109–118.
5. Burlachenko, I., Zhuravska, I., Musiyenko, M. (2017). Devising a method for the active coordination of video cameras in optical navigation based on the multi-agent approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (85)), 17–25. doi: [10.15587/1729-4061.2017.90863](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.90863)
6. Sotnikov, A., Tarshyn, V., Yeromina, N., Petrov, S., Antonenko, N. (2017). A method for localizing a reference object in a current image with several bright objects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (87)), 68–74. doi: [10.15587/1729-4061.2017.101920](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101920)
7. Tsyurenko, V., Tsyurenko, V. (2016). Development of direct method of direction finding with two-dimensional correlative processing of spatial signal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (9 (84)), 63–70. doi: [10.15587/1729-4061.2016.85599](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85599)
8. Franson, M. (1980). *Optica speclov*. Moscow: Mir, 171.
9. Begunov, V. N., Zakaznov, N. P. (1973). *Teoriya opticheskikh system*. Moscow: Mashinostroyeniye, 488.
10. Kornilov, I. G., Kazakov, V. S. (2002). Modeli lasernogo pyatna datchika koordinat strelkovogo trenagera. *Materials Int. NTK, dedicated to the 50-th anniversary of IzhSTU*, 82–85.
11. Rodionov, S. A., Von Don Chgou, Mu Suk Chgun (1997). *Optica negomocentrichnich svetovyh puchkov*. *Optical journal*, 64 (8), 28–31.
12. Zubkov, O. V., Korytsev, I. V., Sydorov, H. I., Sydorov, Ya. H. (2009). Pat. No. 95007 UA. Sposib vyznachennia koordynat tochky vlu-chennia kuli u videomishen pry navchanni strilby ta prystriyi dlia yoho zdiysnennia. MPK F41 G 3/26. No. a200912569; declared: 04.12.2009; published: 25.06.2011, Bul. No. 12, 3.

*Поступила (received) 08.12.2017*

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Моделі сигналів в універсальному мультимедійному стрілецькому тренажері/ О. В. Беляєв, В. М. Карташов** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.28–34. – Bibliogr.:12. – ISSN 2079-5459

**Модели сигналов в универсальном мультимедийном стрелковом тренажере/ А. В. Беляев, В. М. Карташов** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.28–34. – Bibliogr.:12. – ISSN 2079-5459

**Models of signals in a universal multimedia shooting simulator/ O. Bieliaiev, V. Kartashov**//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.28–34. – Bibliogr.:12. – ISSN 2079-5459

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Беляєв Олексій Володимирович** – аспірант, асистент кафедри Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166e-mail: [oleksii.bieliaiev@nure.ua](mailto:oleksii.bieliaiev@nure.ua).

**Карташов Володимир Михайлович** – доктор технічних наук, завідувач кафедри Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61166; e-mail: [volodymyr.kartashov@nure.ua](mailto:volodymyr.kartashov@nure.ua).

**Беляєв Алексей Владимирович** – аспірант, ассистент кафедры Медиаинженерии и информационных радиоэлектронных систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166; e-mail: [oleksii.bieliaiev@nure.ua](mailto:oleksii.bieliaiev@nure.ua).

**Карташов Владимир Михайлович** – доктор технических наук, заведующий кафедры Медиаинженерии и информационных радиоэлектронных систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166; e-mail: [volodymyr.kartashov@nure.ua](mailto:volodymyr.kartashov@nure.ua).

**Bieliaiev Oleksii** – postgraduate student, assistant of the Department of Media Engineering and Information Radioelectronic Systems, Kharkov National University of Radio Electronics, 14 Nauka Avenue, Kharkov, Ukraine, 61166; E-mail: [oleksii.bieliaiev@nure.ua](mailto:oleksii.bieliaiev@nure.ua).

**Kartashov Volodymyr** – Doctor of technical sciences, professor, Head of the Department of Media Engineering and Information Radioelectronic Systems, Kharkov National University of Radioelectronics, 14 Nauka Avenue, Kharkov, Ukraine, 61166; E-mail: [volodymyr.kartashov@nure.ua](mailto:volodymyr.kartashov@nure.ua).