

1. Торговников, Г.И. Диэлектрические свойства древесины. – М.: Лесная промышленность. – 1986. – 128 с.
2. Исследование электрофизических параметров древесины, обработанной огнезащитными составами. Отчет о НИР НИИ ПБиЧС. – 2009. – 36 с.
3. Разработать техническую документацию и действующий макет переносного портативного прибора контроля качества огнезащитной обработки металлических конструкций огнезащитными составами. Отчет о НИР НИИ ПБиЧС. – 2015. – 30 с.

УДК 621.391.268

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПРАВИЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ФОВЕАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Артемьев В.М., Наумов А.О., Кохан Л.Л.
Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Введение. Обработка изображений в оптико-локационных системах проводится с целью обнаружения объектов. При этом существенным фактором является скорость обработки поступающих массивов информации. Снижения времени обработки можно добиться путем разбиения изображений на области высокого и низкого разрешений. Высокая разрешающая способность определяется размерами пикселя матричного фотодетектора и ее необходимо сохранять только на изображениях объектов контроля. На остальной части кадра целесообразно использовать низкую разрешающую способность путем объединения группы исходных пикселей фотодетектора в один укрупненный. Этим достигается снижение размерности кадра и уменьшается время его обработки. Такая процедура называется реконfigurацией или формированием фовеального изображения [1-3].

Существует два основных варианта реконfigurации изображений. В первом случае пиксель низкого разрешения (ПНР) формируется в виде суммы выходов пикселей высокого разрешения (ПВР). Во втором случае в ПНР используется лишь один из r пикселей ПВР. На рис. 1 а приведено изображение высокого разрешения (ИВР) с объектом, на рисунке 1 б – изображение низкого разрешения (ИНР) с объектом при $r = 4$ ПВР в одном ПНР, а на рисунке 1 в – ИНР при использовании одного пикселя из r ПВР.

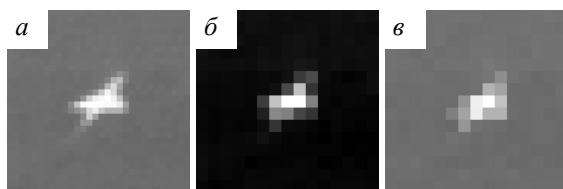


Рисунок 1 – ИВР (а); ИНР при суммировании $r=4$ сигналов ПВР (б); ИНР при использовании одного сигнала ПВР (в)

Задача решается в предположении того, что

ПНР содержит от одного до r пикселей объекта либо пикселей фона, яркость которых имеет статистически независимое распределение на ИВР. После обработки фильтром распределение яркости фона ИНР полагаем гауссовым с нулевым математическим ожиданием.

Первоначально рассмотрим характеристики обнаружения для случая формирования ПНР из суммы всех r ПВР.

Вероятность правильного обнаружения r -компонентного ПНР при суммировании сигналов. Рассмотрим случай реконfigurации изображения с масштабным коэффициентом $1/r$, когда r ПВР объединяются в один ПНР путем суммирования сигналов. При нахождении вероятности локального обнаружения на ИНР и сравнении этой величины с вероятностью локального обнаружения на ИВР используем следующие предположения:

- считаем, что ПНР с вероятностью единица включает один сигнал объекта, а наличие остальных $(r - 1)$ сигналов имеет некоторую конечную вероятность;
- шумы ПВР полагаем статистически независимыми и белыми с дисперсиями σ_b^2 , что дает дисперсию шума ПНР $\sigma_n^2 = r\sigma_b^2$;
- появление сигналов объекта на ИВР полагаются статистически независимыми событиями с неизвестными амплитудами;
- плоская составляющая фона ИВР подавляется пространственным фильтром и не оказывает влияния на формирование ИНР.

При сделанных предположениях вероятность правильного обнаружения сигнала объекта в ПНР отличается от случая ПВР тем, что в области с определенной вероятностью могут находиться несколько сигналов объекта от 1 до r , что увеличивает эту вероятность. Однако при этом дисперсия шумов будет в r раз больше, что эту

вероятность снижает.

Прежде всего оценим вероятность появления числа полезных сигналов при условии наличия одного с вероятностью единица. Пусть вероятность наличия других сигналов объекта одинакова и равна p , а их количество k изменяется в пределах от 0 до $(r-1)$. Вероятность появления k сигналов объекта при сделанных предположениях определяется формулой Бернулли:

$$P(k) = \frac{(r-1)!}{k!(r-1-k)!} p^k (1-p)^{r-1-k}, \quad k = \overline{0, r-1}. \quad (1)$$

В результате амплитуда сигнала объекта на ИНР y_n возрастет в $(k+1)$ раз с вероятностью $P(k)$ по сравнению с амплитудой на ИВР y_b .

Отношение сигнала к шумам на ИНР ρ_n в соответствии с изменениями амплитуды y_n будет связано с отношением сигнала к шумам на ИВР ρ_b следующим образом [4]

$$\rho_n = \frac{y_n^2}{ar\sigma^2} = \frac{(ky_b)^2}{ar\sigma^2} = \frac{k^2}{r} \rho_b$$

Таблица 1 – Значения амплитуды объектов на ИНР y_n в зависимости от количества сигналов объекта и соответствующая им вероятность

y_n	$1 \cdot y_b$...	$(k+1)y_b$...	$r \cdot y_b$
P	$P(0) = p$...	$P(k)$...	$P(r-1)$

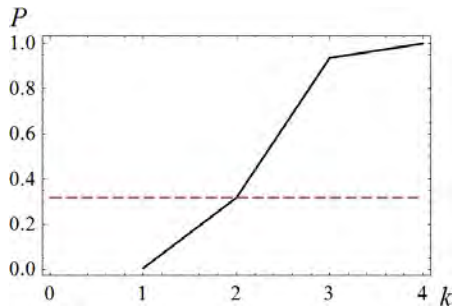


Рисунок 2 – Зависимость вероятности обнаружения на ИНР от количества сигналов объекта

В качестве примера приведем вероятность обнаружения объекта при $r = 4$, $\rho_b = 16$, $\mu = 10$, $\varepsilon^2 = 1$. Тогда по формуле (1) получаем зависимость вероятности обнаружения на ИНР P от количества сигналов объекта k на ИВР, приведенную на рисунке 2. Пунктирной линией на графике отмечена вероятность обнаружения сигнала объекта на ИВР ($p = 0.32$).

Из графика видно, что в сравнении с обнаружением на ИВР для ИНР повышается вероятность обнаружения пространственно-протяженных объектов, с заданным числом k .

Оценим, на сколько в среднем изменится отношение сигнала к шумам с учетом вероятности появления k сигналов. Математическое ожидание амплитуды сигнала на ИНР $\overline{y_n}$:

$$\overline{y_n} = \sum_{k=0}^{r-1} (k+1) y_b P(k) = y_b (p(r-1)+1). \quad (2)$$

Следовательно, в среднем отношение сигнала к шумам на ИНР $\overline{\rho_n}$ с учетом увеличения дисперсии шумов в r раз изменится следующим образом:

$$\overline{\rho_n} = \frac{\overline{y_n}^2}{ar\sigma^2} = \frac{y_b^2 (p(r-1)+1)^2}{ar\sigma^2} = \frac{(p(r-1)+1)^2}{r} \rho_b,$$

где ρ_b – отношение сигнала к шумам на ИВР. Из данной формулы видно, что для увеличения отношения сигнала к шумам в целом на ИНР необходимо выполнение условия $p > 1/(1+\sqrt{r})$.

Вероятность правильного обнаружения r -компонентного ПНР при использовании одного сигнала. Вероятность обнаружения сигнала объекта в ПНР при использовании лишь одного из r пикселей ПВР отличается от случая реконфигурации суммированием. Обычно выбирается пиксель высокого разрешения, находящийся в верхнем левом углу апертуры. Вероятность того, что хотя бы один из k пикселей объекта находится в заданном месте равна k/r . В результате амплитуда сигнала объекта на ИНР y_n принимает значение y_b с вероятностью k/r , при этом вероятность появления k сигналов объекта определяется формулой (1). Тогда, с учетом формулы (2) отношение сигнала к шумам на ИНР $\overline{\rho_n}$ принимает значение:

$$\overline{\rho_n} = \frac{\overline{y_n}^2}{a\sigma^2} = \frac{y_b^2 (p(r-1)+1)^2}{ar^2\sigma^2} = \frac{(p(r-1)+1)^2}{r^2} \rho_b$$

Выводы. Таким образом, при реконфигурации за счет суммирования повышается средний контраст пространственно-протяженных объектов и соответственно увеличивается средняя вероятность их обнаружения. Для случая реконфигурации с использованием одного пикселя увеличения отношения сигнала к шумам не наблюдается, а для сохранения вероятностных характеристик обнаружения его применение целесообразно при обнаружении объектов с количеством пикселей большим коэффициента реконфигурации.

1. Curzan J.P. Variable Acuity Image with Dynamically Steerable, Programmable Superpixels / J.P. Curzan, C. R. Baxter, M.A. Massie // Proceedings of the SPIE. – 2003. – Vol. 4820. – P. 318-326.
2. McCarley P.L. Large-format variable spatial acuity superpixel imaging: visible and infrared systems applications / P.L. McCarley, M.A. Massie, J.P. Curzan // Proceedings of the SPIE. – 2004. – Vol. 5406. – P. 361-369.
3. Massie M.A. Operational and performance comparisons between conventional and foveating large format infrared focal plane arrays / M.A. Massie, J.P. Curzan, R.A. Coussa // Proc. SPIE. – 2005. – Vol. 5783. – P. 260-271.
4. Артемьев В.М. Наумов А.О., Кохан Л.Л. Обнаружение объектов конечных размеров на изображениях в условиях неопределенности / Информатика. – 2010. – № 4. – С. 5-14.

УДК 681.7.015.2+535.317

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА КОМПЕНСАТОРОВ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИМИТАТОРА ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЦЕЛИ

Артюхина Н.К., Лещинская А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аппаратура имитации траектории движения точки (цели) предназначена для формирования управляющего сигнала и преобразования в изображение цели на матрице исследуемого объекта и относится к контрольно-юстировочной. В оптических системах, предназначенных для имитации траектории движения точки, основными оптическими компонентами являются оптические клинья, которые, вращаясь вокруг своей оси в проти-воположных направлениях, обеспечивают движение точки по заданной траектории.

В исходном (номинальном) состоянии оптическая система компенсатора не обладает свойствами симметрии вращения вокруг оптической оси, поэтому схему относят к децентрированным модулям, где отдельные элементы (например, поверхности) могут не лежать на одной оси, т.е. могут быть смещены или наклонены (повернуты) на произвольные углы.

Измерительные клинья (компенсаторы) бывают двух типов (рисунок 1 а, б) [1].

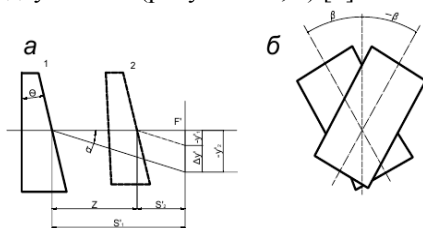


Рисунок 1 – Клиновые компенсаторы: а) клин, перемещающийся вдоль оси в сходящемся пучке лучей; б) пара вращающихся клиньев

Положение компенсатора, при котором ребра клиньев находятся по одну сторону и преломляющие грани параллельны друг другу, принимается за исходное (эквивалент плоскопараллельной пластинки) [2].

В базовой конструкции аналога блок компенсатора состоит из двух пар вращающихся клиньев и узла перемещения каретки; движение потоков излучения осуществляется по соответствующей траектории. Конструкция аналога приведена на рисунке 2.

В данной работе рассматривается оптическая система, состоящая из коллиматора для создания необходимой цели, зеркал для излома оптической оси и компенсаторов, конструкция которых состоит из двух клиньев с одинаковыми преломляющими углами. Оптические клинья являются основным блоком и, вращаясь вокруг своей оси в противоположных направлениях, обеспечивают



Рисунок 2 – Оптическая схема аналога

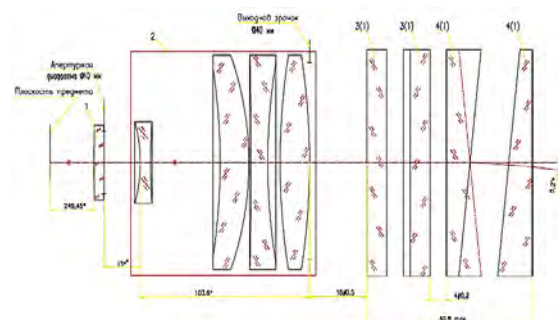


Рисунок 3 – Оптическая схема имитатора цели