

Передача контраста изображений, полученных с использованием лазерной системы видения



Понятие МПФ

По определению модуляционная передаточная функция является отношением модуляционных контрастов изображения и объекта в виде функции пространственной частоты ν :

$$T(\nu) = \frac{k_{\text{из}}(\nu)}{k_{\text{об}}(\nu)}, \quad k_{\text{об}}(\nu) = \frac{L_{\text{об}}(\nu) - L_{\phi}(\nu)}{L_{\text{об}}(\nu) - L_{\phi}(\nu)},$$

Для понимания смысла МПФ рассмотрим объект с косинусоидальным распределением коэффициента отражения относительно среднего значения на фоне с нулевой яркостью

Распределение яркости объекта (одной гармонике пространственной частоты):

$$L(v_x) = \bar{L} + \Delta L \cos(2, v_x x)$$

Изображение объекта в виде гармонике пространственной частоты:

$$L(v_x) = \bar{L} + \Delta L T(v_x) \cos(2 v_x x, + \varphi_x)$$

отличается от объекта двумя особенностями.

1-ая особенность Глубина модуляции (m), равная отношению амплитуды переменной составляющей к среднему значению (к постоянной составляющей), оказывается меньше, чем на объекте, поскольку:

$$m = \frac{\Delta L}{\bar{L}} - \text{глубина модуляции объекта;}$$

$$m' = \frac{\Delta L T(\nu)}{\bar{L}} - \text{глубина модуляции}$$

изображения ; $T(\nu) \leq 0$.

**Определим модуляционный контраст
объекта**

$$k_{\text{об}} = \frac{(\bar{L} + \Delta L) - (\bar{L} - \Delta L)}{(\bar{L} + \Delta L) + (\bar{L} - \Delta L)} = \frac{\Delta L}{\bar{L}} = \frac{\Delta \rho}{\bar{\rho}} = m.$$

**Определим модуляционный контраст
изображения**

$$k_{\text{из}} = \frac{\Delta L T(\nu)}{\bar{L}} = \frac{\Delta \rho T(\nu)}{\bar{\rho}} = m'$$

**Получим модуляционную передаточную
функцию**

$$T(\nu_x) = \frac{m'}{m} = \frac{k_{\text{из}}}{k_{\text{об}}}.$$

Отношение глубин модуляции (изображения к объекту) на каждой пространственной частоте и модуляционный контраст объекта – это и есть модуляционная передаточная функция.

2-ая особенность. Сдвиг косинусоиды по фазе (при аберрации оптических систем, дефектах юстировки). Там, где данные негативные явления сведены к минимуму, можно считать, что $\varphi_x = 0$.

Воспринимаемый контраст в изображении

Значение модуляционного контраста не совпадает со значением воспринимаемого контраста.

Наиболее отчетливо эти расхождения проявляются там, где изображение формируется на экране монитора и анализируется оператором.

Пусть изображение содержит $m \times n$ элементов (пикселей), а распределение яркости описывается двумерной дискретной функцией $L(x,y) = L_{mn}$.

Средний уровень яркости в изображении

$$\bar{L} = \frac{1}{mn} \sum_m \sum_n L_{mn}.$$

Воспринимаемый контраст в изображении

$$k_{\text{воспр}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{mn} \sum_m \sum_n (L_{mn} - \bar{L})^2}}{\bar{L}}.$$

Данный контраст характеризует отклонение яркостного уровня элементов изображения от среднего.

Расчетное задание для усвоения лекционного материала № 1:

Для индикатора 256×256 с уровнями яркости от 0 до 255 вычислить воспринимаемый контраст при 64 пикселях с максимальной яркостью, 64 пикселей с нулевой яркостью и остальных пикселях с яркостями

А) 128

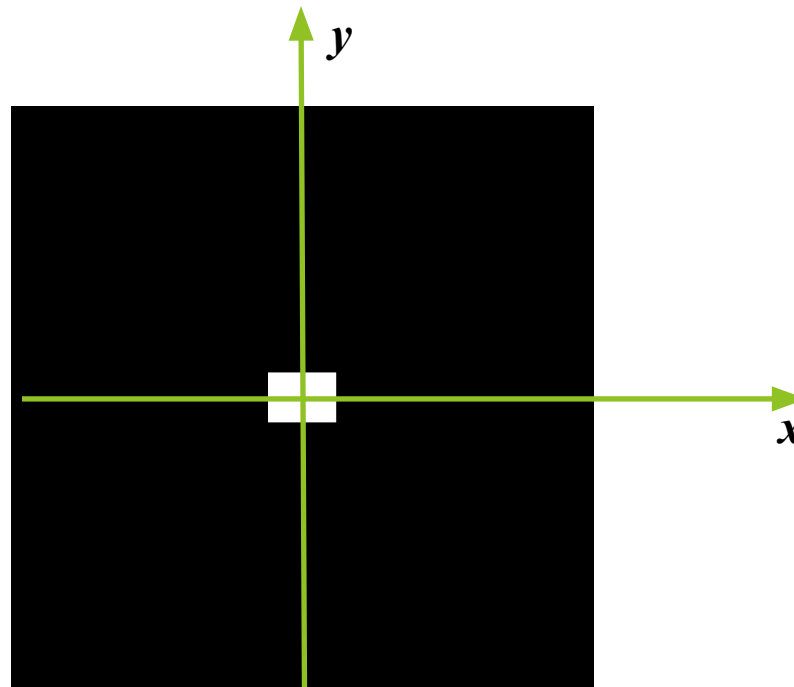
Б) 64

С) 192.

Рассчитать для данных случаев модуляционный контраст и сравнить с воспринимаемым.

Случай наблюдения объекта прямоугольной формы

Рассмотрим случай видения объекта прямоугольной формы с распределением яркости, равной единице на поверхности объекта, и нулю в области фона



$$L(x, y) = \begin{cases} 1 & |x| \leq a/2; |y| \leq b/2 \\ 0 & |x| > a/2; |y| > b/2 \end{cases},$$

a – длина стороны прямоугольного объекта вдоль оси x , а b – вдоль оси y . Пространственно-частотный спектр в этом случае:

$$\begin{aligned} \tilde{L}(v_x, v_y) &= \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \exp(-i2\pi(v_x x + v_y y)) dx dy = \\ &= \int_{-a/2}^{a/2} \exp(-i2\pi v_x x) dx \int_{-b/2}^{b/2} \exp(-i2\pi v_y y) dy. \end{aligned}$$

Учитывая, что:

$$\int_{-a/2}^{a/2} \exp(-i2\pi\nu_x x) dx = a \frac{\sin\left(2\pi\nu_x \frac{a}{2}\right)}{2\pi\nu_x \frac{a}{2}},$$

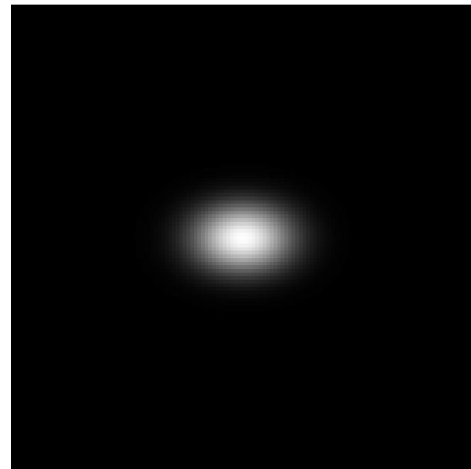
**получаем выражение для вычисления модуля
пространственно-частотного спектра**

$$\begin{aligned} \left| \tilde{L}(\nu_x, \nu_y) \right| &= ab \left| \frac{\sin\left(2\pi\nu_x \frac{a}{2}\right) \sin\left(2\pi\nu_y \frac{b}{2}\right)}{2\pi\nu_x \frac{a}{2} \cdot 2\pi\nu_y \frac{b}{2}} \right| = \\ &= ab \left| \operatorname{sinc}\left(2\pi\nu_x \frac{a}{2}\right) \operatorname{sinc}\left(2\pi\nu_y \frac{b}{2}\right) \right|. \end{aligned}$$

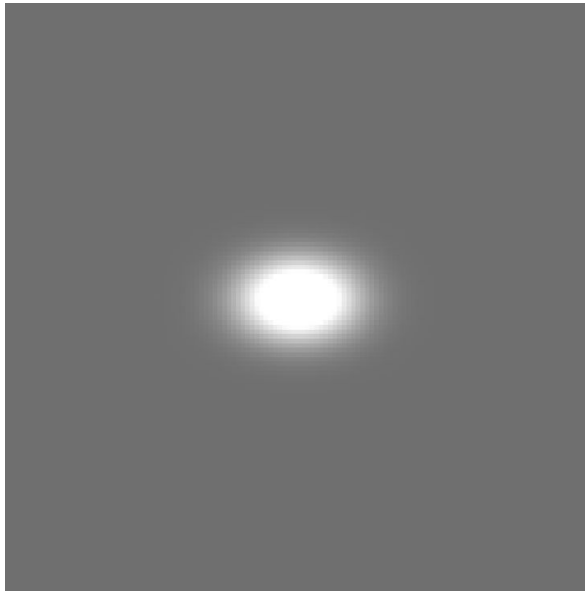
**Пусть данный спектр проходит через МПФ,
которая имеет форму фильтра Гаусса**

$$\left| \tilde{L}_{\Phi}(v_x, v_y) \right| = \exp\left[-(2\pi v_x)^2 a / 2\right] \exp\left[-(2\pi v_y)^2 b / 2\right].$$

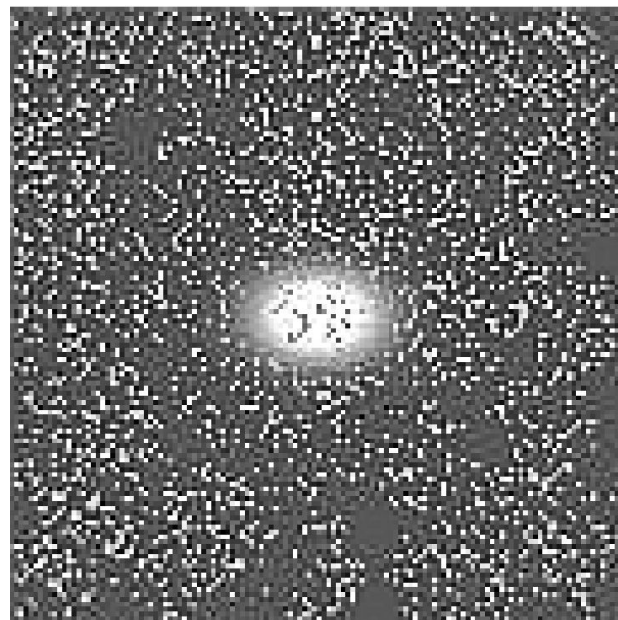
**Произведение спектра сигнала на спектр фильтра
приведет к формированию изображения, которое будет
представлять свертку исходного распределения яркости
со следующей функцией** $S(x, y) = \exp(-x^2 / a^2) \exp(-y^2 / b^2)$



Вследствие наличия помехи обратного рассеяния от солнечной или лунной засветки наблюдаемый контраст фона и объекта меняется, что приводит к дополнительному искажению изображения



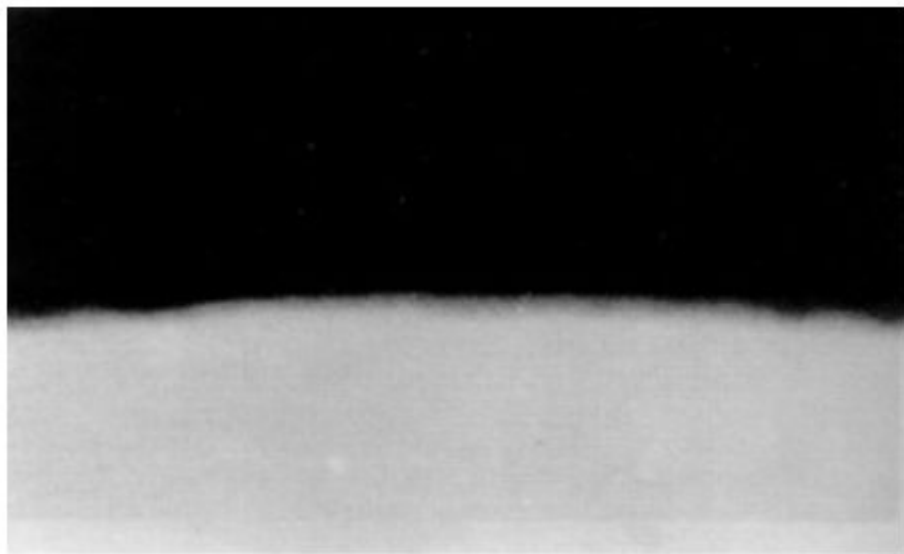
При слабом сигнале или недостаточном времени накопления (недостаточной экспозиции) изображение искажается вследствие проявления на изображении тепловых шумов фотоприемной матрицы



Примеры изображений в системе со стробированием по дальности



И в отсутствии стробирования по дальности



**Расчетное задание для усвоения
лекционного материала № 2:
Выбрать длительность
импульса стробирования для
получения изображения
танка типа Т-34 (при
ракурсе наблюдения сбоку)**