

В. А. Кудряшов (Москва, МИРЭА). **Влияние шумов считывания на регистрацию оптических изображений матричным приемником.**

При регистрации изображений всегда встает вопрос о разрешающей способности по контрасту в области сигналов малой интенсивности. Одной из причин, ограничивающих разрешающую способность по контрасту в области сигналов малой интенсивности, могут явиться не зависящие ни от сигнала, ни от фона шумы считывания, это шум усилителя и аналогово-цифрового преобразователя [1]. И если другие шумы можно частично или полностью компенсировать алгоритмически, то шум считывания не может компенсироваться алгоритмически даже частично.

Рассмотрим пуассоновскую статистику фотоэлектронов с матрицы ПЗС. Представим модель сигнала с пикселя в виде $n_{сш} = n_c + n_\phi + n_d + n_{сч}$, $n_{ш} = n_\phi + n_d + n_{сч}$. Здесь n_c — количество сигнальных фотоэлектронов, n_ϕ — количество фоновых фотоэлектронов, n_d — дробовой шум, $n_{сч}$ — шум считывания.

Считая составляющие модели некоррелированными, получим средние значения и дисперсии: $\bar{n}_{сш} = \bar{n}_c + \bar{n}_\phi + \bar{n}_d + \bar{n}_{сч}$, $\sigma_{сш}^2 = \bar{n}_c + \bar{n}_\phi + \bar{n}_d + \bar{n}_{сч}$ и $\bar{n}_{ш} = \bar{n}_\phi + \bar{n}_d + \bar{n}_{сч}$, $\sigma_{ш}^2 = \bar{n}_\phi + \bar{n}_d + \bar{n}_{сч}$. Рассмотрим характеристики обнаружения матричного приемника оптических изображений. При регистрации сигналов малой интенсивности эти характеристики связаны с большими отклонениями n от ее среднего значения \bar{n} , т. е. «хвостами» их распределений вероятностей, которые, как правило, являются экспоненциальными. Экспоненциальная аппроксимация распределения вероятностей случайной величины со статистическими характеристиками \bar{n} , $\bar{n}^2 = \sigma^2$ имеет вид

$$p_n \approx \frac{1}{\sqrt{2\sigma}} \exp \left\{ -\frac{\sqrt{2}}{\sigma} |n - \bar{n}| \right\}.$$

Тогда вероятность пропуска сигнала в пикселе в области малой интенсивности изображения равна

$$\alpha = \int_{-\infty}^h p_{сш}(n) dn = \frac{1}{2} \exp \left\{ \sqrt{2}h - \bar{n}_{сш}/\sigma_{сш} \right\},$$

а вероятность ложного обнаружения равна

$$F = \int_h^{\infty} p_{ш}(n) dn = \frac{1}{2} \exp \left\{ \sqrt{2}h - \bar{n}_{ш}/\sigma_{ш} \right\}.$$

Отсюда следует, что для реализации заданной вероятности ложного обнаружения F нужно выставить порог $h = \bar{n}_{ш} - (\sigma_{ш}/\sqrt{2}) \ln 2F$. Легко показать, что увеличение порога за счет шума считывания будет равно $\Delta h = \bar{n}_{сч}(1 - \ln 2F/\sqrt{2})$.

Выражение для контраста в оцифрованной области изображения малой интенсивности в общем случае будет иметь вид: $C = (\bar{n}_{сш}^{\max} - \bar{n}_{сш}^{\min})/(\bar{n}_{сш}^{\max} + \bar{n}_{сш}^{\min})$. Считаем, что контраст определяется только изменением сигнала. После пороговой обработки и подстановки значений составляющих получим: $C = (\bar{n}_{сш}^{\max} - \bar{n}_{сш}^{\min})/(\bar{n}_{сш}^{\max} + \bar{n}_{сш}^{\min}) + \sqrt{2}\sigma_{сш} \ln 2F$.

Тогда отношение контрастов оцифрованного изображения без учета шумов считывания к контрасту с учетом этих шумов будет выражаться соотношением

$$\delta_c = \left(1 + \sqrt{2} \ln 2F \frac{\sigma_{ш}(n_{сч})}{n_c^{\max} + n_c^{\min}} \right) / \left(1 + \sqrt{2} \ln 2F \frac{\sigma_{ш}}{n_c^{\max} + n_c^{\min}} \right).$$

Приведем конкретные расчеты. Положим $\bar{n}_\phi + \bar{n}_d = 2\bar{n}_{сч}$, $\bar{n}_{сч} = (\bar{n}_c^{\max} + \bar{n}_c^{\min})/2$, $\bar{n}_{сч} = 20$, тогда для не самого строго значения $F = 10^{-3}$, $\delta_c \approx 1,8$, т. е. контраст за счет шумов считывания падает в оцифрованном изображении почти в два раза.

Полученные результаты подтверждают необходимость учитывать влияние шумов считывания на регистрацию оптических изображений матричным приемником.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Janesick J. R.* Scientific Charge — Coupled Devices. Bellingam: SPIE Press, 2001, 906 p.