

В настоящее время уже мало кто сомневается в том, что квантовая эффективность регистрации (или, как ее сокращенно называют в англоязычной литературе, DQE) является наиболее информативным параметром, характеризующим качество преобразования сигналов в цифровых приемниках рентгеновского изображения [1]. Особенно это касается зависимости DQE от пространственных частот, однако самостоятельный интерес имеет и оценка частотно-независимой квантовой эффективности или квантовой эффективности в области нулевых пространственных частот.

Для того, чтобы оценить частотно-независимую DQE, на первом этапе приходится определять отношение сигнал/шум на выходе системы при заданном качестве излучения на ее входе [2]. Так как цифровой приемник рентгеновского изображения можно представить в виде совокупности конструктивно независимых канальных структур, для оценки отношения сигнал/шум достаточно оценить эту характеристику в любом из каналов. Сделать это можно, осуществив многократную экспозицию (каждый раз оценивая уровень сигнала на выходе исследуемого канала), а можно, воспользовавшись свойством эргодичности и стационарности сигналов на выходах различных каналов системы, сделать одну экспозицию и проанализировать сигналы в группе каналов, которая соответствует выбранной области интереса. Получив таким образом набор данных, определяют уровень сигнала на выходе системы (среднее значение сигнала яркости) и уровень шумов (среднеквадратичное отклонение сигнала яркости, характеризующее разброс значений сигнала яркости). Следует оговориться, что оценивая уровень сигнала на выходе системы, необходимо делать поправку на наличие "темновых токов", если подобная корректировка не заложена в структуру математического обеспечения и не осуществляется автоматически.

Зеликман М.И.

доктор технических наук, заместитель директора по научно-технической работе Научно-практического центра медицинской радиологии Департамента здравоохранения г. Москвы

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ПРИЕМНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Представленный алгоритм оценки отношения сигнал/шум на выходе системы корректен для случая, когда отдельные каналы статистически независимы, то есть когда корреляцией сигналов на выходах соседних элементов можно пренебречь.

На практике же приходится считаться с наличием корреляции сигналов в соседних каналах рентгеновского приемника-преобразователя [3]. Опыт показал, что особенно заметно наличие корреляции в соседних элементах строк и столбцов изображений, сформированных при использовании сканирующих цифровых рентгенопреобразующих систем. Отметим, что значительно более низкая корреляция сигналов имеет место в большинстве камер на основе ПЗС-матриц, системах со стимулируемым люминофором, системах на базе УРИ, а также плоских панелях на основе аморфного кремния и аморфного селена.

Для уменьшения влияния корреляции сигналов на оценку DQE предлагается воспользоваться разбиением области интереса при расчете отношения сигнал/шум на подобласти, средние значения сигналов в которых (с учетом центральной предельной теоремы)

уже будут практически независимы. Это положение может быть наглядно проиллюстрировано зависимостями произведения дисперсии шумов на количество элементов в подобластях для усреднения от количества элементов в подобластях для сканирующих систем с твердотельными детекторами и систем на основе ПЗС-матриц (Рис.1).

Отметим, что в этих экспериментах усреднение проводилось по квадратным подобластям и по этой причине значение абсциссы 2, например, соответствует области 2 x 2. Кривые пронормированы к значениям при $n=1$. На рисунке также представлены аппроксимации полученных зависимостей линейной функцией в случае системы с ПЗС-матрицей и полиномом 2-й степени в случае сканирующей системы. Из представленных зависимостей видно, что при размере области усреднения 4 x 4 и более удается в значительной степени исключить влияние корреляции сигналов на оценку их дисперсии ($s^2 n \sim \text{const}$), в то время как при меньших значениях n это влияние очень ощутимо (без применения усреднения по подобластям ошибка оценивания может достигать 250%).

После оценки среднеквадратичного отклонения средних значений в подобластях осуществляют восстановление “истинного” значения уровня шумов в отдельных каналах и определяют выходное отношение сигнал/шум для канала приемника:

$$y_{\text{вых}} = \mathbf{B}_{\text{ср}} / n s_{\text{ср}},$$

где:

$\mathbf{B}_{\text{ср}}$ – оценка уровня выходного сигнала в каналах (среднее значение по области интереса),

$s_{\text{ср}}$ – среднеквадратичное отклонение (СКО) для средних значений яркости по подобластям,

n – размер подобласти усреднения по каждой из координат.

В процессе исследования возможностей применения предложенной методики оценки DQE для различных типов цифровых рентгеновских приемников основное внимание уделялось выбору параметров приведенного выше алгоритма, которые в конечном итоге влияют на точности оценивания искомых величин.

Результаты анализа большого количества проведенных экспериментов на системах с камерами на основе ПЗС-матриц, аппаратах на базе УРИ, сканирующих газовых и твердотельных системах, а также системах со стимулируемым люминофором позволяют сформулировать следующие основные выводы:

- Желательно, чтобы размер области интереса на зарегистрированном изображении “чистого поля” при оценке отношения сигнал/шум не превышал величины 64 x 64 пикселя, так как в противном случае на результаты измерений заметное влияние оказывает неравномерность рентгеновского потока в плоскости приемника.

- Уже при размере подобласти усреднения 4 x 4 пикселя удается в значительной степени исключить влияние корреляции сигналов в соседних каналах системы на оценку уровня шумов (ошибка оценивания не превосходит 15-20%).

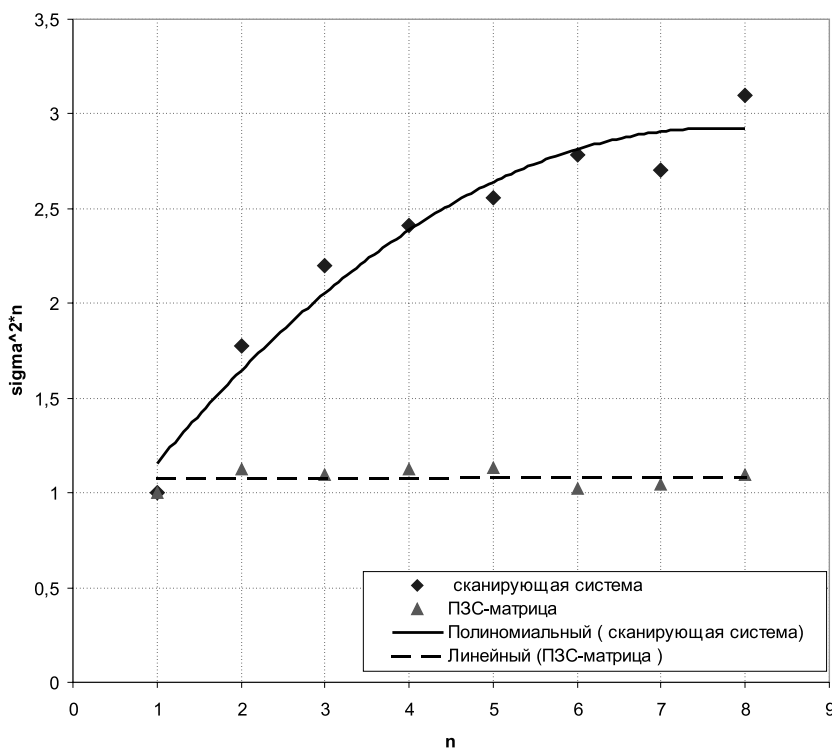


Рис.1

Зависимости произведения дисперсии шумов на количество элементов в подобластях для усреднения от количества элементов в подобластях

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеликман М.И. Особенности контроля характеристик цифровых рентгенодиагностических систем. “Медицинская техника”, 2002, № 5, С.3-6.
2. Стандарт Предприятия 01-22-04 “Приемники рентгеновского изображения рентгеновских диагностических аппаратов с цифровой регистрацией изображений. Номенклатура параметров и характеристик качества изображения, методы и средства их определения”, Москва, ВНИИИМТ МЗ РФ, 2004 г., 15 с.
3. В.В.Поросев, Л.И.Шехтман, М.И.Зеликман, Н.Н.Блинов (мл.) Влияние корреляции шумов в каналах цифрового рентгеновского приемника-преобразователя на оценку квантовой эффективности регистрации. “Медицинская техника”, 2004, № 5, С.16-19.