

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА МАСКИРОВАНИЯ НА ПОРОГОВУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА К ИСКАЖЕНИЯМ ВЕЙВЛЕТ-КОЭФФИЦИЕНТОВ

Мишуrowsкий М.Н., Ковлига И.М.

«Юник Ай Сиз»

Представленная статья является результатом длительной работы над разработкой метода численной оценки качественной деградации изображения за счет квантования вейвлет – коэффициентов. В предыдущей статье [1] рассмотрены вопросы измерения порогов чувствительности человека к однородному шуму коэффициентов биортогонального дискретного (2,2) вейвлет – преобразования Коэна – Дебоши - Фово. В ней же приведены функциональные зависимости порога чувствительности от пространственной частоты для цветов Y, Cb, Cr. Также введен термин «Мера сигнала», определяемый формулой:

$$M(X) = \left[\sum_i \sum_j |x_{ij}|^\beta \right]^{1/\beta} \quad (1)$$

Где X – двухмерный сигнал $\{x_{ij}\}$; β - показатель суммирования искажений. Приблизительно равен 3.5.

КЧХ позволяет оценить видимость шума квантования (считается, что он аддитивен) в предположении, что исходное изображение не влияет на видимость шума. В частности, если обозначить шум квантования через $\{n_{ij}\}$, то для блока вейвлет коэффициентов можно определить меру шума квантования:

$$M_n = \left[\sum_i \sum_j |n_{ij}|^\beta \right]^{1/\beta} \quad (2)$$

Если пороговое значение меры сигнала для данной подполосы обозначить через M^T , то в случае $M_n \leq M^T$, шум квантования будет незаметен для наблюдателя (детектируем с «низкой» вероятностью)

Однако такой подход не учитывает влияние исходного изображения на видимость шума квантования. Зачастую, исходное изображение позволяет маскировать шум. В этом случае, чувствительность человека «снижена» за счет присутствия окружающего «контента».

Для анализа и аналитического описания эффектов маскирования была проведена серия экспериментов.

Используемое оборудование и условия наблюдения:

Профессиональный монитор ViewSonic p220f, линейно настроенный с помощью специализированного ПО. Разрешение: 1280x1024 пикселей. Дистанция наблюдения – 60см. Освещение: постоянное освещение лампами дневного света. Испытуемый: мужчина 24 лет, с нормальным зрением. ПО для проведения психовизуальных экспериментов [1].

Суть эксперимента состояла в формировании двух сигналов: сигнала - маски (SM) и тестового сигнала (ST). SM – сигнал, используемый в [1]. ST – сигнал, сформированный генератором случайных чисел в персональном компьютере или сигнал, используемый из [1] (для случая коррелированного маскирования).

Далее испытуемому демонстрировались следующие сигналы: SM и $SM + ST \cdot m$, где m – модуляция тестового сигнала. Реакция испытуемого определялась согласно методике двух альтернативного выбора (2AFC).

Эксперимент состоял из двух частей:

1. Коррелированное маскирование. В этом случае $SM \equiv ST$
2. Некоррелированное маскирование. В этом случае SM слабо коррелирован с ST (коэффициент корреляции близок к 0).

Результаты эксперимента, «часть 1», представлены на рисунке 1.

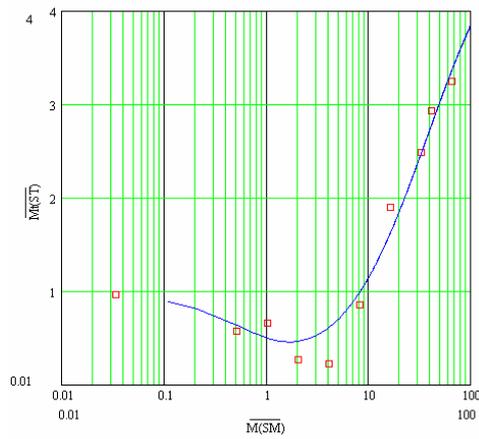


Рис. 1. Зависимость порогового значения нормированной меры от нормированной меры сигнала маски.

Ось X отражает значение меры сигнала маски, которое нормировано относительно порогового значения меры для данной подполосы: $\bar{M}(x) = \frac{M(x)}{M^T}$. Ось Y отражает пороговое значение меры тестового сигнала, которое нормировано относительно порогового значения меры для данной подполосы: $\bar{Mt}(x) = \frac{Mt(x)}{M^T}$. Фактически, по оси Y отложен коэффициент изменения пороговой меры сигнала ST в зависимости от меры сигнала SM. Видно, что в области единичных значений $\bar{M}(x)$ наблюдается резкое усиление видимости сигнала ST (усиление чувствительности)

Результаты эксперимента, «часть 2», представлены на рис. 2.

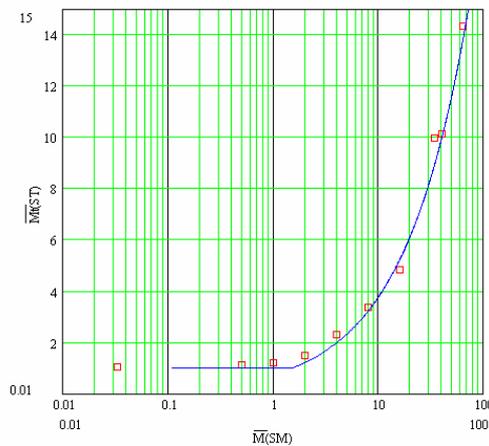


Рис. 2. Зависимость порогового значения нормированной меры от нормированной меры сигнала маски.

На графике отложены те же единицы, что и в предыдущем случае. Однако ключевое отличие заключается в том, что в области единичных значений нормированной меры сигнала SM не наблюдается усиления чувствительности. Кроме того, в случае малой корреляции SM и ST маскирование оказывает значительное влияние на пороговую меру. Аппроксимация полученных результатов проводилась с помощью зависимости [3] для случая коррелированного маскирования:

$$\bar{M}^T = \sqrt{\frac{1 + v1 \cdot k^2 \cdot \bar{M}^2(SM)}{1 + v2 \cdot k \cdot \bar{M}(SM)} + \bar{M}^2(SM) - \bar{M}(SM)} \quad (3)$$

и зависимости [4] для случая некоррелированного маскирования:

$$\bar{M}^T = \left[\left((k2 \cdot \bar{M}(SM))^s \cdot k1 \right)^b + 1 \right]^{\frac{1}{b}} \quad (4)$$

Существуют и другие модели, описывающие эффект маскирования за счет «контента». В частности, модель, предложенная M. Nadenau, [2]:

$$\bar{M}^T(ST) = M^T \cdot \left[\sum_i \sum_j (1 + w_{ij})^{3.5} \right]^{\frac{1}{3.5}} \quad (5)$$

$$w_{m,n} = \frac{\sum_{(ij) \in \Gamma(m,n)} \left[\frac{SM(ij)}{M^T} \right]^9}{|\Gamma(m,n)|}$$

Здесь $\Gamma(m,n)$ – некоторая окрестность точки (m,n) , за исключением самой (m,n) .

Наши эксперименты показывают, что такая модель в обоих экспериментах позволяет достаточно точно предсказать экспериментальные данные. Однако при этом, существенным отличием от работы Nadenau является то, что параметры модели были определены на модельных сигналах.

Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Маскирование оказывает значительное влияние на чувствительность человека к шуму квантования
2. В случае сильной или слабой корреляции шума квантования с исходным сигналом эффект маскирования в целом носит подобный характер, однако, есть значительные различия в области единичных значений нормированной меры сигнала – маски
3. Несмотря на то, что данные исследования были проведены только для одной подполосы, мы считаем, что подобные эффекты присущи и остальным подполосам
4. Внедрение аппарата оценки маскирования в модель восприятия шума квантования ЧСВВИ является важным этапом в создании эффективного кодека неподвижных изображений.

Литература

1. Мишуровский М. и др. «Анализ чувствительности человека к шуму квантования коэффициентов биортогонального (2,2) целочисленного дискретного вейвлет – преобразования Коэна – Добеши - Фово», материалы 5ой международной конференции «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ», М., 2003.
2. Marcus Nadenau. «Integration of human color vision models into high quality image compression» These № 2296(2000), EPFL
3. Peter G.J. Barton. «Contrast sensitivity of Human Eye and its effects on image quality». SPIE order number PM72.
4. Scott Daly. «The visible differences predictor: an algorithm for the assessment of image fidelity». Digital Images and Human Vision, MIT press, 1993.

