

Московский технический университет связи и информатики

---

Кафедра телевидения и звукового вещания им. С.И. Катаева

Лабораторная работа № 65

**ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ  
ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ШУМОВ  
В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Москва 2013

План УМД на 2012/2013 уч. г.

Лабораторная работа № 65

**ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ  
ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ШУМОВ  
В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Составители:

к.т.н., доц. Власюк И.В.

к.т.н. Медведев А.А.,

Поташников А.М.,

Издание утверждено советом факультета РиТ. Протокол № 9  
от 16.05.2013г.

Рецензент д.т.н., проф. В.Н. Безруков

**Цель работы:** Ознакомиться с одномерной и двумерной цифровой пространственной фильтрацией сигнала телевизионных (ТВ) изображений. Изучить основные методов подавления уровня составляющих шума в пространственной области телевизионных изображений.

### Теоретическая часть

Понятие «шум» или «помеха» определяет в телевидении нежелательную составляющую сигнала изображения тем или иным образом, возникающую в трактах его формирования и передачи. Наличие такого избыточного сигнала в телевизионном изображении является очень важным критерием, влияющим как на визуальное качество самого изображения, так и на эффективность последующего сжатия его спектра. Это связано с тем, что работа кодера сжатия основана на внутрикадровой и межкадровой корреляциях, которые определяются степенью сходства смежных элементов изображения – «пикселей». Следовательно, из-за действия некоррелированного шума вносятся дополнительные искажения, ухудшающие качество передаваемого изображения. Например, наличие шума приводит к увеличению (примерно в  $\sqrt{2}$  раз) его воздействия на фоновые фрагменты сигнала межкадровой разницы, понижая степень сжатия соответственно за счёт отрицательного влияния на точность работы алгоритма компенсации движения и возникновения «блокинг – эффекта». В связи с этим, успешное решение задачи шумоподавления является крайне важным при реализации систем и оборудования для систем цифрового телевидения. Результат в данном случае напрямую влияет на качество конечного изображения, получаемого зрителем.

В настоящей работе рассматриваются только пространственные методы подавления шума. Это значит, что обработка происходит внутри каждого кадра.

На рис. 1 представлен процесс наложения аддитивного шума  $\eta(x,y)$  на исходное изображение.



Рисунок 1. Моделирование процесса наложения и устранения аддитивного шума

Результат обработки в этом случае можно выразить:

$$g(x,y) = \eta(x,y) + f(x,y). \quad (1)$$

Если иметь функцию  $g(x,y)$  и знать характеристики аддитивного шума  $\eta(x,y)$ , то можно получить некоторое приближение к исходному изображению. Целью восстановления изображения как раз и является построение такого приближения  $\hat{f}(x,y)$ , которое было бы максимально близко к исходному изображению. При этом, чем больше известно о специфике шумовой составляющей  $\eta(x,y)$ , тем точнее мы можем получить приближение к исходному

сигналу ТВ изображения  $\hat{f}(x, y)$ . В связи со случайной природой шума, общая функция  $\eta(x, y)$ , чаще всего не может быть определена в текущем сигнале изображения с высокой степенью достоверности, что не позволяет подавить её полностью.

Основной шум в цифровом изображении возникает при формировании исходного ТВ-сигнала в преобразователе свет-сигнал (определяются средней освещённостью проецируемого изображения и, соответственно, коэффициентом усиления тракта формирования), при передаче по каналам связи, а также, при записи на аналоговые носители информации. Работа сенсоров при формировании ТВ изображения зависит от различных факторов, таких как внешние условия в процессе видеосъёмки и качество сенсоров. Например, в процессе получения изображения с помощью видеокамеры с ПЗС матрицей, основными факторами, влияющими на величину шума, являются уровень освещённости и температура сенсоров.

В связи с различной природой появления шума, общий вносимый шум можно рассматривать как сумму различных шумовых составляющих:

$$\eta(x, y) = \sum_{i=1 \dots n} \eta_i(x, y), \quad (2)$$

Для дальнейшего рассмотрения важно отметить, что шум, присутствующий в изображении в вещательном телевидении не зависит от координат и является некоррелированным с изображением, т.е. между значениями пикселей изображения и значениями шумовой составляющей нет взаимосвязи. Также важной характеристикой шума, которую необходимо рассмотреть является его спектр. Значения шума рассматриваются как случайные величины и характеризуются функцией плотности распределения вероятностей.

Можно выделить следующие основные типы шумов:

1. Шумы оборудования;
2. Шумы композитного декодирования;
3. Ошибки и шумы тракта передачи;
4. Шумы киноплёнки.

Самыми распространёнными в вещательном телевидении являются шумы оборудования, возникающие из-за неидеальности оборудования формирования ТВ изображения, возникающие при ночной съёмке, оцифровке изображения, собственные шумы активных компонентов (усилителей), шумы в аналоговых системах передачи, например при плохих условиях приёма, а также шумы аналоговых устройств хранения информации. Подобные шумы представляют собой случайный белый шум и его разновидность - Гауссов шум, который описывается следующей функцией плотности распределения вероятностей:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где  $z$  – значение яркости шума;  $\mu$  – среднее значение случайной величины  $z$ ;  $\sigma$  – её среднеквадратическое отклонение. График этой функции представлен на Рис. 2 (а).

При декодировании композитного сигнала также появляются нежелательные составляющие, которые являются результатом самого процесса

декодирования. Шумы композитного декодирования в основном состоят из остатков цветовой поднесущей и перекрёстных искажений.

Использование аналоговых устройств записи видеоинформации приводит к появлению нескольких типов шумов: перекрёстным искажениям, частотным выпадениям и общему широкополосному белому шуму.

Некорректно работающие цифровые и аналоговые линии связи могут явиться источником импульсного шума – случайных изолированных точек на изображении, значение которых значительно отличается от окружающих значений. Низкое соотношение несущая/шум в линиях связи с частотной модуляцией может быть причиной появления такого импульсного шума, как «искры» в спутниковых сигналах. Функция плотности распределения вероятностей биполярного импульсного шума задаётся выражением:

$$p(z) = \begin{cases} P_a \text{ при } z = a \\ P_b \text{ при } z = b \\ 0 \text{ иначе} \end{cases}, \quad (4)$$

Если  $b > a$ , то пиксель с яркостью  $b$  выглядит как светлая точка на изображении. Пиксель с яркостью  $a$ , наоборот, выглядит как тёмная точка. Если одно из значений вероятности ( $P_a$  или  $P_b$ ) равно нулю, то импульсный шум называется униполярным. Если ни одна из вероятностей не равна нулю и, в особенности, если они приблизительно равны по величине, импульсный шум выглядит в виде тёмных и светлых пикселей, в случайном порядке распределённых по изображению. По этой причине, такой шум иногда называют «соль и перец».

Значения могут быть как положительные, так и отрицательные. При оцифровке изображения обычно происходит масштабирование и ограничение значений яркости. Поскольку величина связанных с импульсным шумом искажений, как правило, велика по сравнению с величиной полезного сигнала, импульсный шум после оцифровки принимает минимальные и максимальные значения, в принципе возможные в изображении, что соответствует появлению абсолютно белых и чёрных точек на изображении. Например, для 8-битовых изображений это означает, что  $a=0$  (16) (чёрное) и  $b=255$  (235) (белое). На Рис. 2 (б) представлен график распределения вероятностей значений импульсного шума.

Архивные материалы, хранящиеся на киноплёнке, также имеют свои специфические шумы, возникающие как из-за самой структуры плёнки, так и в процессе её хранения и эксплуатации. При преобразовании таких материалов в цифровую форму, подобные шумы также оцифровываются вместе с сигналом изображения. Существует два основных источника характерных составляющих шумов и помех («кино шумов»): зернистость красителя киноплёнки и такие повреждения эмульсии киноплёнки как грязь и царапины.

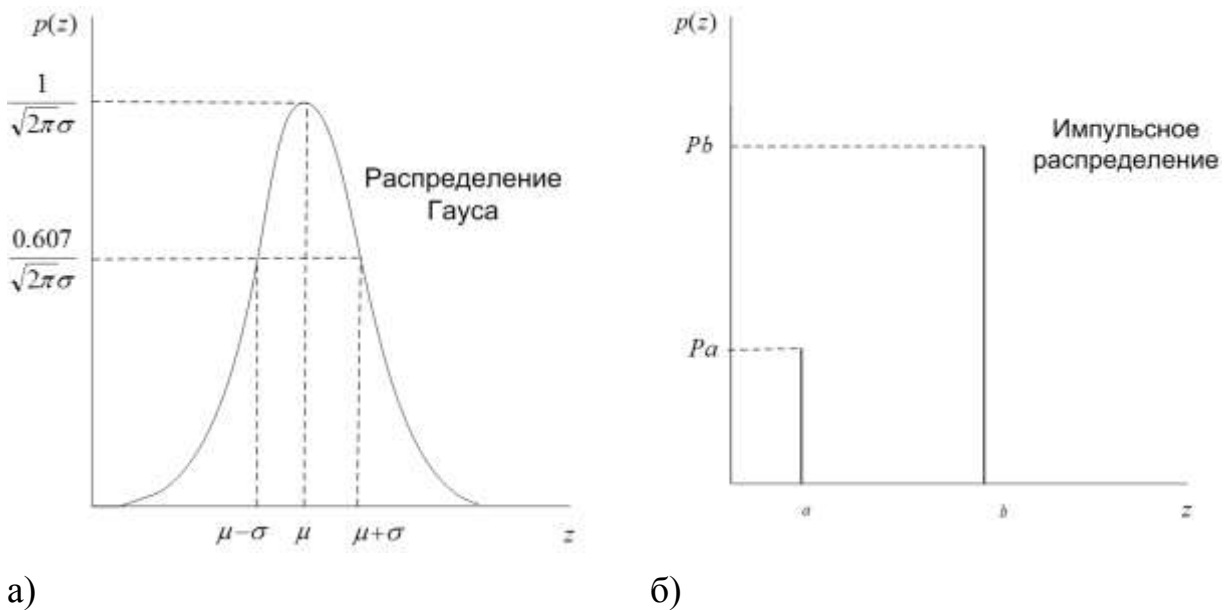


Рисунок 2. Функции плотности распределения вероятности некоторых шумовых составляющих

Как было сказано выше, пиксели аддитивного шума являются не коррелированными по пространству и времени. Это отличие шумовых составляющих от коррелированного сигнала изображения позволяет разделить методы устранения шума на 3 категории:

1. Пространственная фильтрация. Для восстановления изображения используются пиксели только из текущего кадра или поля.
2. Временная фильтрация. Для восстановления изображения используются пиксели из соседних кадров или полей.
3. Пространственно-временная фильтрация. Для восстановления используются все пиксели, как из текущего, так и из соседних кадров или полей.

Данная лабораторная работа рассматривает только пространственную фильтрацию.

Важно отметить, что универсальных алгоритмов, эффективно подавляющих все виды шумов не существует – для каждой шумовой составляющей, с характерной функцией плотности распределения вероятностей, необходимо использовать свой тип фильтра, работающий в одной или сразу двух категориях.

Пространственная фильтрация является самой простой как с точки зрения вычислений, так и с точки зрения реализации. Основная проблема при пространственном шумоподавлении заключается в том, чтобы не испортить четкость краев предметов на изображении, а также мелкие детали, соизмеримые по амплитуде с шумом. Подавление шума – это всегда компромисс между степенью устранения шума и искажением самого изображения.

Самым простейшим вариантом пространственного подавления шума является усреднение элементов внутри каждого кадра по определённой маске (импульсной характеристике фильтра). Инструменты такого подавления называются усредняющими или сглаживающими фильтрами. Такие фильтры являются линейными.

$$\hat{f}(x, y) = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M g(x - \frac{i}{2}, y - \frac{j}{2})h(i, j), \quad (5)$$

где  $x, y$  – координаты пикселя в восстановленном кадре или поле;  $N, M$  – размер маски фильтра;  $g(i, j)$  – исходное зашумлённое изображение;  $h(i, j)$  – импульсная характеристика фильтра.

Идея применения сглаживающих фильтров достаточно проста. Заменой исходных значений элементов изображения на средние значения по маске фильтра достигается уменьшение «резких» перепадов уровней яркости. Поскольку случайный шум как раз характеризуется резкими скачками яркости, наиболее очевидным применением сглаживания является подавление шума. Однако контуры на изображении также характеризуются резкими перепадами яркостей, поэтому негативной стороной применения сглаживающих фильтров является размытие контуров. Главное использование сглаживающих фильтров состоит в устранении «несущественных» деталей. Под «несущественными» понимаются детали, которые малы по сравнению с размерами маски фильтра.

Простейшим среди пространственных усредняющих фильтров является фильтр, основанный на вычислении среднего арифметического ( $h(i, j) = \frac{1}{N \cdot M}$  при любых  $i, j$ ). Значение восстановленного изображения  $\hat{f}(x, y)$  в произвольной точке  $(x, y)$  в определённом кадре, представляет собой среднее арифметическое значений функции исходного изображения  $g(i, j)$  в точках, внутри окрестности  $S_{xy}$ :

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{xy} \sum_{(i, j) \in S_{xy}} g(i, j), \quad (6)$$

где  $x, y$  – координаты пикселя в восстановленном кадре или поле;  $i, j$  – координаты пикселя в исходном кадре или поле;  $g(i, j)$  – исходное зашумлённое изображение;  $S_{xy}$  – прямоугольная окрестность – маска фильтра с центром в точке  $(x, y)$ .

Усредняющий фильтр просто сглаживает вариации яркости на изображении. Уменьшение шума происходит в результате этого сглаживания. Точно таким же способом можно реализовать фильтры, вычисляющие среднее геометрическое, среднее гармоническое значение и другие усредняющие функции. Фильтр, основанный на вычислении среднего арифметического, вместе с шумом, сглаживает и само изображение, в результате чего, изображение получается сильно размытым. Как показывает практика, хорошие результаты даёт усредняющий фильтр, импульсная характеристика которого построена по закону Гаусса.

$$h(x, y) = e^{\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (7)$$

Характеристика фильтра нормируются так, что сумма коэффициентов импульсной характеристики равны 1.

$$h_{norm}(x, y) = \frac{h(x, y)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M h(i, j)}, \quad (8)$$

где  $N, M$  — размер фильтра.

Другим вариантом пространственных фильтров являются нелинейные фильтры основанные на порядковых статистиках. Результат воздействия такого

фильтра определяется предварительным упорядочиванием значений пикселей внутри заданной области и последующим выбором значения, находящегося на определённой позиции упорядоченной последовательности. Фильтрация сводится к замещению исходного значения пикселя на полученное значение отклика фильтра. Наиболее известен медианный фильтр, который заменяет значение пикселя на значение медианы (значения яркости такого пикселя из  $S_{xy}$ , что половина пикселей в этой области темнее его, а половина - ярче) распределения яркостей всех пикселей в окрестности:

$$\hat{f}(x, y) = \text{med}\{g(i, j)\}, \quad (9)$$

где  $i, j \in S_{x, y}$ .

Следует отметить, что медианный фильтр, в отличие от фильтра, основанного на вычислении среднего арифметического, ищет не среднее значение яркости, а выбирает значение яркости пикселя из исходного сигнала изображения в пределах области обработки. Так, среднее арифметическое из чисел 8, 1, 6, 60, 5 равно 16, а медиана - 6 (1 и 5 меньше 6, а 8 и 60 - больше). Медианные фильтры весьма популярны потому, что для определённых типов случайных шумов они демонстрируют отличные возможности подавления шума при значительно меньшем эффекте размытия чем у линейных усредняющих фильтров. В частности, медианные фильтры эффективны для устранения импульсных шумов.

Пороговый пространственный фильтр относится к усредняющим пространственным нелинейным фильтрам. Аддитивный шум представляет собой небольшую флуктуацию яркости от огибающей изображения, а наибольшей информативностью обладают резкие перепады яркости, следовательно, малые перепады можно воспринимать как шум и, в последствии удалять его. Работа такого фильтра основывается на разделении пространственного спектра изображения на низкочастотную и высокочастотную составляющие и пороговом ограничении высокочастотной составляющей изображения. Такой подход позволяет в значительной степени сохранить контрастные границы на изображении.

Описать работу фильтра можно следующим образом:

$$\hat{f}(x, y) = f_{LO}(x, y) + \frac{1}{S} \int_S \widehat{f}_{HI}(x, y) dS, \quad (10)$$

где  $f_{LO}(x, y)$  - низкочастотная составляющая изображения;  $S$  – интегратор производит сглаживание по область  $S$ ;  $\widehat{f}_{HI}(x, y)$ - высокочастотная составляющая, прошедшая пороговую обработку:

$$\hat{f}(x, y) = \begin{cases} 0, & |f_{HI}(x, y)| \leq \theta \\ f_{HI}(x, y), & |f_{HI}(x, y)| > \theta, \end{cases} \quad (11)$$

где  $f_{HI}(x, y)$ - высокочастотная составляющая;  $\theta$  - порог фильтрации;

Исходный сигнал подаётся на пространственный фильтр нижних частот. Затем ограниченный по частоте спектр вычитается из исходного изображения. Оставшаяся часть сигнала изображения обладает, преимущественно высокочастотными составляющими, т.е. в результате получен фильтр высоких частот. Высокочастотные составляющие подаются на пороговый ограничитель, который обнуляет отсчёты со значениями по модулю меньше или равно



значению заданного порога, т.е.  $\widehat{f}_{HI}(x, y) = 0$ , если  $\widehat{f}_{HI}(x, y) \leq \theta$ .

Нулевые отсчёты, полученные в результате обнуления коррелированных продолжений резких перепадов яркости сглаживаются, чтобы вернуть к первоначальному виду. Далее сигнал складывается с отфильтрованным ранее сигналом низкочастотной составляющей. Всё сказанное выше, для наглядности проиллюстрируем на рисунке 3.

Рассмотренные до этого фильтры обладали одной общей особенностью – они применялись к изображению без учёта того, как свойства самого изображения меняются от точки к точке. Характеристики фильтров, которые адаптируются к свойствам самого изображения, т.е. адаптивных фильтров учитывают свойства самого изображения. Они подстраиваются к изображению, т.е. их характеристики меняются в зависимости от его статистических свойств внутри области действия фильтра. Адаптивные фильтры превосходят по возможностям обычные фильтры. Платой за усовершенствование методов фильтрации является увеличение их сложности и, соответственно, сложности их реализации. Вариантами таких фильтров являются адаптивный усредняющий и адаптивный медианный фильтры.

Следует отметить, что почти все используемые на сегодняшний день фильтры подавления шума являются адаптивными. Используется адаптивность как к пространственным свойствам изображения, так и к присутствующим в материале движениям. Современные технологии позволяют реализовать пространственные, временные и пространственно - временные адаптивные фильтры.

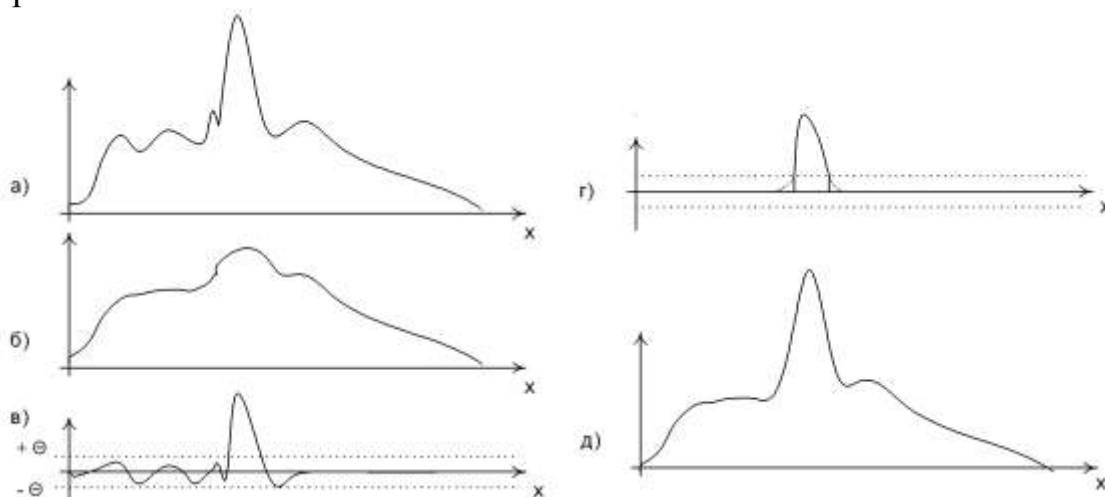


Рисунок 3. Одномерная модель, иллюстрирующая последовательность обработки изображения для подавления шума. а) – исходное изображение; б) – сигнал низкочастотной составляющей; в) – сигнал полученной высокочастотной составляющей; г) – высокочастотная составляющая с применённым порогом; д) – результирующее изображение.

Пространственные адаптивные фильтры строятся на основе статистических характеристик изображения в некоторой области  $S_{xy}$ . Отклик фильтра в центральной точке  $(x, y)$  окрестности  $S_{xy}$  должен определяться четырьмя величинами: значением изображения с шумом в точке  $(x, y)$ ;

дисперсией  $\sigma_{\eta}^2$  шума, превращающего изображение  $f(x,y)$  в искажённое изображение  $g(x,y)$ ; локальным средним  $m_L$  по значениям в окрестности  $S_{xy}$  и локальной дисперсией  $\sigma_L^2$  по значениям в окрестности  $S_{xy}$ . При этом поведение фильтра должно определяться следующими условиями:

1. Если дисперсия шума  $\sigma_L^2$  равна нулю, то отклик фильтра должен быть равен значению  $g(x,y)$ . Это отвечает тривиальному случаю нулевого шума, когда  $g(x,y)$  равно  $f(x,y)$ .

2. Если локальная дисперсия  $\sigma_L^2$  много больше, чем  $\sigma_{\eta}^2$ , то значение отклика фильтра должно быть порядка  $g(x,y)$ . Большое значение локальной дисперсии обычно связано с наличием контуров, которые должны быть сохранены.

3. Если обе дисперсии принимают значения одного порядка, то отклик фильтра должен быть равен среднему арифметическому значений в окрестности  $S_{xy}$ . Условие выполнено в том случае, когда статистические характеристики донной локальной области и изображения в целом совпадают, и локальный шум должен быть уменьшен, для чего используется простое усреднение.

Адаптивный фильтр, удовлетворяющий перечисленным условиям может быть задан следующим выражением:

$$\hat{f}(x,y) = g(x,y) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} [g(x,y) - m_L], \quad (12)$$

При этом, единственной величиной, которая должна быть заранее известна или оценена, является полная дисперсия шума  $\sigma_{\eta}^2$ . Остальные величины вычисляются для каждой точки  $(x,y)$ . Так как множество элементов  $S_{xy}$  является подмножеством элементов изображения, предполагаем, что  $\sigma_{\eta}^2 \leq \sigma_L^2$ . При нарушении этого условия, соответствующее отношение дисперсий приравнивают к единице. В результате метод становится нелинейным.

### Оценка качества подавления шума

Как правило, качество шумоподавления оценивается следующим образом: на незашумленное изображение накладывается искусственный шум, затем, полученное изображение фильтруется алгоритмом шумоподавления и сравнивается с исходным с помощью какой-нибудь метрики. Чаще всего для этой цели используют метрику PSNR (Peak Signal-To-Noise Ratio - пиковое соотношение сигнал/шум), которая определяется формулой:

$$PSNR(x,y) = 20 \cdot \log_{10} \frac{255}{\sqrt{(\frac{1}{N} \sum_{i=1..N} d(x_i,y_i)^2)}}, \quad (13)$$

где  $x_i, y_i$  -  $i$ -е пиксели двух сравниваемых изображений,  $N$  - общее число пикселей на каждом изображении, а  $d(x_i, y_i)$  - разность между значениями соответствующих пикселей (для цветных изображений – это евклидово расстояние между пикселями в трехмерном цветовом пространстве).

Соответственно, чем ближе отфильтрованное изображение к оригинальному, тем больше значение PSNR, и тем выше считается качество работы алгоритма.

## Домашнее задание

1. Для заданной матрицы рассчитать значения четырех центральных пикселей после обработки медианным фильтром размером 3x3.

Исходные данные:

1)	38	30	19	20
	42	46	40	24
	30	35	94	28
	26	37	40	39

2)	72	67	59	64
	71	65	57	60
	75	14	68	68
	74	64	70	70

3)	56	53	56	58
	60	21	65	68
	59	61	89	59
	57	56	59	61

4)	21	18	17	19
	22	21	16	20
	24	23	78	17
	15	16	18	21

5)	89	91	93	94
	91	9	88	89
	97	99	94	87
	98	79	94	76

6)	31	30	35	39
	32	31	98	45
	36	39	3	51
	45	38	41	35

2. Рассчитать импульсную характеристику размера 3x3 гауссовского фильтра.

Исходные данные: 1)  $\sigma = 0.3$ ; 2)  $\sigma = 0.7$ ; 3)  $\sigma = 0.8$ ; 4)  $\sigma = 1.2$ ; 5)  $\sigma = 1.7$ ; 6)  $\sigma = 2$ ;

### Интерфейс лабораторного стенда

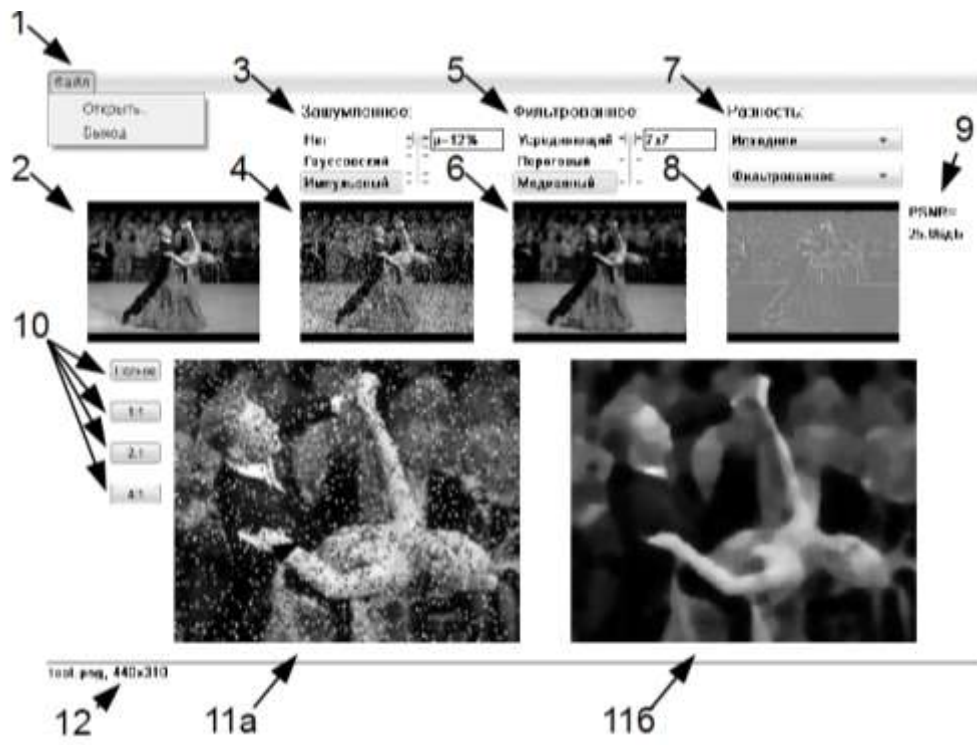


Рисунок 4. Основное окно лабораторного стенда: 1) меню, 2) эскиз исходного изображения, 3) настройки накладываемого шума, 4) эскиз зашумленного изображения, 5) настройки фильтрации, 6) эскиз фильтрованного изображения, 7) выбор изображений для сравнения, 8) эскиз разностного изображения, 9) значение метрики PSNR, 10) масштаб изображений, 11а), 11 б) изображения, 12) название и размер файла изображения.

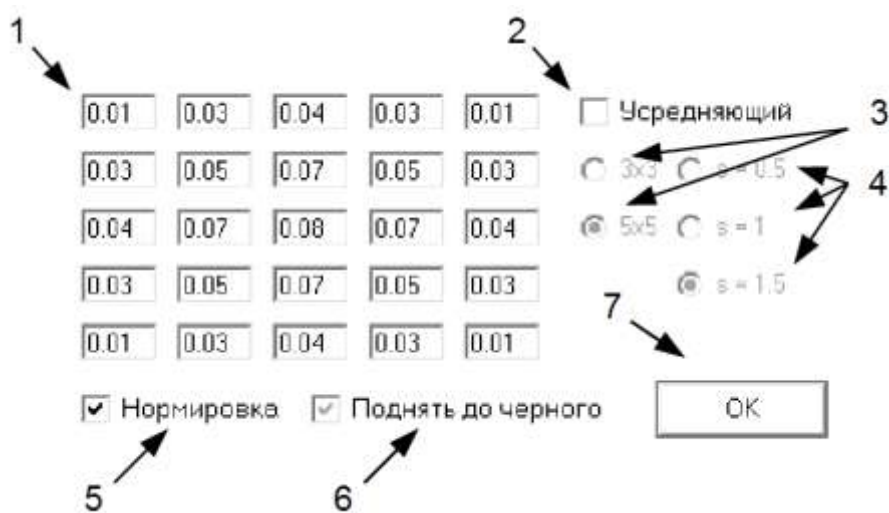


Рисунок 5. Выбор коэффициентов импульсной характеристики фильтра. 1)

Коэффициенты импульсной характеристики, 2) Режим установки коэффициентов импульсной характеристики усредняющего фильтра, 3) Размер окна усредняющего фильтра, 4) Среднеквадратическое отклонение усредняющего фильтра, 5) Нормировка коэффициентов импульсной характеристики фильтра, 6) Режим коррекции, при котором если после фильтрации появляются пиксели с отрицательными значениями яркости, то яркость изображения повышается так, чтобы самое маленькое значение яркости стало соответствовать значению черного.

#### Порядок выполнения работы

1. Запустить программу Filter.exe.
2. Загрузить в программу изображение перетаскиванием соответствующий файл в окно программы или нажав в меню «Файл -> Открыть...»
3. Включить гауссовский фильтр.
4. В настройках разности выбрать для сравнения исходное и зашумленное изображения.
5. В настройках шума включать разные значения среднеквадратического отклонения  $\sigma$ , записать пиковое отношение сигнал/шум. Для каждого случая и субъективно оценить качество изображения по пятибалльной шкале, используемой в рекомендации ITU-R BT.500 [3]:

Качество		Искажения	
5	Отлично	5	Незаметно
4	Хорошо	4	Заметно, но не раздражает
3	Удовлетворительно	3	Слегка раздражает
2	Плохо	2	Раздражает
1	Неприемлемо	1	Очень раздражает

Результаты измерений и оценки занести в таблицу. Возможные формы таблиц приведены в разделе «Содержание отчета».

6. Установить среднеквадратическое отклонение, при котором изображение максимально зашумлено.

7. В настройках разности выбрать для сравнения исходное и

фильтрованное изображения.

8. Выбрать усредняющий фильтр.
9. Провести фильтрацию с использованием фильтров с размером окна 5x5 и 3x3 со среднеквадратическим отклонением  $\sigma$ , равным 0.5, 1, 1.5, а также для фильтра, рассчитанного в домашнем задании, записать пиковое отношение сигнал/шум и провести субъективную оценку, по шкале, приведённой в п. 5.
10. Выбрать пороговый фильтр.
11. Провести фильтрацию при разных значениях порога, записать пиковое отношение сигнал/шум и провести субъективную оценку, по шкале, приведённой в п. 5.
12. Выбрать медианный фильтр.
13. Провести фильтрацию при разных размерах окна, записать пиковое отношение сигнал/шум.
14. Выполнить пункты 4-13 для импульсного шума.
15. Выполнить пункты 7-13 для случая, когда шум отсутствует.

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Домашнее задание.
3. Таблицы с результатами измерений.
4. Выводы по каждому пункту лабораторного задания.

Примеры таблиц для записи результатов измерения:

Гауссов-ский шум	$\sigma=3 \cdot 10^{-4}$	$\sigma=6 \cdot 10^{-4}$	$\sigma=9 \cdot 10^{-4}$	$\sigma=12 \cdot 10^{-4}$	$\sigma=15 \cdot 10^{-4}$	$\sigma=18 \cdot 10^{-4}$
Импульс-ный шум	p=2%	p=4%	p=6%	p=8%	p=10%	p=12%

Усредняющий фильтр							
Шум	3x3 $\sigma=0.5$	3x3 $\sigma=1$	3x3 $\sigma=1.5$	5x5 $\sigma=0.5$	5x5 $\sigma=1$	5x5 $\sigma=1.5$	Дом. рассчет
Гаусс.							
Имп.							
Без шума							

Пороговый фильтр						
Шум	min=3%	min=7%	min=11%	min=15%	min=19%	min=23%
Гаусс.						
Имп.						
Без шума						

Медианный фильтр			
Шум	3x3	5x5	7x7
Гаусс.			
Имп.			
Без шума			

### Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения белого гауссова шума?
2. Каковы причины возникновения импульсного шума?
3. Что определяет и как определяется значение пикового соотношения сигнал/шум?
4. Опишите работу пространственного усредняющего фильтра.
5. Опишите работу пространственного медианного фильтра.
6. Каковы причины создания адаптивных фильтров и в чём их основные особенности?
7. Какой вид противозумовой обработки дают лучшие результаты при гауссовском шуме, при импульсном шуме?

### Литература

1. Телевидение. Под ред. Джакони В.Е.-М.: Горячая линия-Телеком 2007.
2. Р.Гонсалес, Р.Вудс Цифровая обработка изображений. –М.: Техносфера, 2006.
3. Рек. МСЭ-R ВТ.500-13. Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений. <http://www.itu.int/rec/R-REC-BT.500-13-201201-I/en>