

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»
(ФАКУЛЬТЕТ ВМК МГУ)

УДК 004.9, 519.6

№ госрегистрации 01201176783

Инв.№

УТВЕРЖДАЮ
Декан, академик РАН

_____ Е.И. Моисеев
« ___ » _____ 2013 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследования и разработка методов автоматического обнаружения и подавления артефакта ложного оконтуривания для современных технологий компьютерной обработки изображений.

по теме:

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТАВЛЕННЫХ ПЕРЕД НИР
ЗАДАЧ
(промежуточный)

Шифр: «2011-1.9-519-020»

Руководитель темы

_____ 01.02.13 А.С. Крылов
подпись, дата

Москва 2013

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,

д. ф.-м. н., профессор _____ 01.02.13 А.С. Крылов (введение, раздел 1,
подпись, дата приложение А, заключение)

Исполнители темы:

д. ф.-м. н., профессор _____ 01.02.13 А.М. Денисов (раздел 1)
подпись, дата

к. ф.-м. н., ст. преп. _____ 01.02.13 М.М. Мизотин (раздел 1)
подпись, дата

к. ф.-м. н., н.с. _____ 01.02.13 Е.В. Никитина (введение, раздел 1,
подпись, дата заключение)

к. ф.-м. н., м.н.с. _____ 01.02.13 А.В. Насонов (введение, раздел 1,
подпись, дата приложение А, заключение)

математик _____ 01.02.13 И.Т. Ситдииков (раздел 2)
подпись, дата

математик _____ 01.02.13 А.А. Насонова (раздел 2)
подпись, дата

Нормоконтролёр:

к. ф.-м. н., н.с. _____ 01.02.13 Е.В. Никитина
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Отчет 80 с., 1 ч., 7 рис., 14 табл., 2 источника.

АРТЕФАКТ ЛОЖНОГО ОКОНТУРИВАНИЯ, ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ, ЭФФЕКТ ГИББСА, АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На третьем этапе работ «Экспериментальные исследования поставленных перед НИР задач» по проекту «Исследования и разработка методов автоматического обнаружения и подавления артефакта ложного оконтуривания для современных технологий компьютерной обработки изображений» было произведено тестирование разработанных алгоритмов обнаружения и алгоритмов подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях из созданной на предыдущем этапе работ тестовой базы данных.

Тестирование осуществлялось на изображениях трёх классов: фотографические изображения, широко используемые для тестирования алгоритмов обработки изображений; телевизионные изображения, полученные путём аналоговой передачи видеосигнала; синтетические радиально-симметричные изображения.

Для оценки разработанных алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания были взяты изображения с моделированным эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием с помощью различных способов, покрывающих большинство источников возникновения данного артефакта: получение эффекта Гиббса в чистом виде путём воздействия низкочастотных фильтров на изображение; моделирование эффекта ложного оконтуривания при повышении разрешения изображений; моделирование эффекта ложного оконтуривания при подавлении размытия; моделирование эффекта ложного оконтуривания при повышении локального контраста с помощью нерезкого маскирования.

В общей сложности было проведено 2606 тестов, на основании которых был сделан вывод о соответствии результатов тестирования разработанных алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания техническому заданию.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Тестирование работы алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях	9
1.1 Общая структура базы данных изображений с эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием	9
1.2 Описание тестируемых алгоритмов определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях	11
1.2.1 Многомасштабный анализ значений взвешенной полной вариации профилей контуров на основе вычислительного эксперимента	11
1.2.2 Определение уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания	17
1.3 Тестирование алгоритмов определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях	18
1.4 Описание алгоритмов подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях	28
1.5 Тестирование алгоритмов подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях	31
1.6 Результаты тестирования алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания	38
1.6.1 Анализ результатов тестирования	38
1.6.2 Детальные результаты тестирования	41
2 Разработка и тестирование алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами	42
2.1 Разработка алгоритмов обнаружения эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами	42
2.2 Описание алгоритма нахождения базовых контуров и областей базовых контуров	43

2.2.1	Нахождение базовых контуров	43
2.2.2	Нахождение областей базовых контуров	45
2.3	Тестирование алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами	46
	Заключение	49
	Список использованных источников	51
	Приложение А	52

ВВЕДЕНИЕ

Артефакт ложного оконтуривания представляет собой волны или осцилляции от высококонтрастных контуров на изображениях. Этот артефакт вызван искажением или потерей высокочастотной информации на изображениях и встречается в широком наборе классов изображений, например, на изображениях, полученных в результате подавления эффекта размытия, на изображениях магнитно-резонансной томографии, на изображениях, подвергнутых передаче через аналоговые каналы связи, и многих других. В математических методах обработки изображений этот артефакт также называют эффектом Гиббса.

Существует множество путей для возникновения эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях. Их объединяет общая причина — потеря или искажение высокочастотной информации. Тем не менее, вид эффекта ложного оконтуривания может отличаться при различных искажениях высокочастотной информации. При полном отсечении высокочастотной информации возле каждого контура возникает большое число осцилляций равной ширины с уменьшающейся по мере удаления от контура амплитудой, форма и амплитуда осцилляций может быть вычислена аналитически. На практике чаще встречается искажение высокочастотной информации, а не полная её потеря. В этом случае обычно присутствует не более одной или двух осцилляции нерегулярной формы и амплитуды.

Эффект Гиббса и ложное оконтуривание обычно возникают после действия различных алгоритмов обработки изображений. Наиболее часто артефакт ложного оконтуривания возникает после сжатия с потерями. В основе многих используемых в настоящее время алгоритмах сжатия изображений и видео лежит преобразование изображения из пространственного представления в частотное с последующим кодированием частотных коэффициентов. При высоких требованиях к коэффициенту компрессии происходит сильное квантование высокочастотных коэффициентов, приводящее к потере высокочастотной информации. В зависимости от класса сжимаемых изображений, уровня и алгоритма компрессии, данный артефакт может быть как практически незаметным, так и раздражающим. Чрезмерно сильное повышение резкости контуров на размытых изображениях может также привести к неприятным окаймлениям возле контуров.

В некоторых случаях на исходных изображениях уже присутствует артефакт ложного оконтуривания, например на изображениях магнитно-резонансной томографии. Результатом томографии является частотно-фазовая информация об изображении. При реконструкции магнитно-резонансных изображений в пространственных координатах эффект Гиббса возникает при недостаточной частоте дискретизации. В аналоговых стандартах телевидения, таких как NTSC, PAL, SECAM, передаваемый сигнал состоит из яркостной компоненты (Y) и цветowych компонент (U и V). По сравнению с яркостной компонентой, частотная полоса, отводимая под цветowe компоненты, существенно уже. Ограниченная полоса пропускания сигнала приводит к потере высокочастотной информации в цветowych компонентах и цветowому окаймлению контуров. Помимо этого, при недостаточно качественном сигнале, возможно появление окаймления и в яркостном канале (Y). Также многие современные телевизоры обладают фильтрами повышения резкости изображений, в реальной ситуации же эти фильтры приводят к чрезмерному контрастированию контуров с появлением артефакта ложного оконтуривания.

Для создания эффективных алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях важно проведение экспериментального анализа алгоритмов эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, возникающего в результате действия различных процессов, например, при передаче изображения по аналоговому каналу при телевидении, при обработке изображений различными методами повышения резкости, при компрессии и т.д., при этом важно охватить максимально возможное число источников возникновения эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Быстрый прогресс в области компьютерной техники позволяет применять для решения задач обработки и анализа изображений всё более современные математические методы. Более того, многие достижения в области обработки и анализа изображений во многом связаны именно с применением математических методов. Математические методы, ранее возникшие и развившиеся при решении задач в различных прикладных областях, являются ценным источником для создания новых мультимедийных алгоритмов, в частности для создания

алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях.

Высокая производительность компьютеров в настоящее время даёт возможность в реальном времени использовать сложные итерационные методы обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Ключевым моментом для тестирования алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях является использование базы данных изображений с эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием. База данных содержит набор тестовых изображений, для каждого из которых был применён набор алгоритмов моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания. База данных позволит выявить характеристики, общие как большого класса типов артефакта ложного оконтуривания, так и характеристики, специфичные для конкретных типов артефакта ложного оконтуривания. В базу данных включены всевозможные источники возникновения эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, но при этом количество методов моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания не является избыточным.

Целью проекта «Исследования и разработка методов автоматического обнаружения и подавления артефакта ложного оконтуривания для современных технологий компьютерной обработки изображений» является разработка алгоритмов оценки и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях в автоматическом режиме.

Целью третьего этапа работ «Экспериментальные исследования поставленных перед НИР задач» является тестирование разработанных алгоритмов обнаружения и алгоритмов подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях из созданной на предыдущем этапе работ тестовой базы данных изображений с эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием. Это позволяет выявить характеристики, общие как большого класса типов артефакта ложного оконтуривания, так и характеристики, специфичные для конкретных типов артефакта ложного оконтуривания, и создать алгоритмы обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, наиболее эффективные для определённых классов изображений.

1 Тестирование работы алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях

1.1 Общая структура базы данных изображений с эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием

Тестирование разработанных на прошлом этапе работ алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания осуществлялось на изображениях из референсной части созданной базы данных изображений с эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием.

База данных состоит из двух основных частей:

- а) Референсная часть: содержит набор качественных референсных изображений и изображений с моделированным эффектом ложного оконтуривания по референсным изображениям. Также содержит таблицу со значениями метрик для каждого изображения. Состоит из следующих подгрупп:
 - 1) Общая подгруппа: набор фотографических изображений из стандартных баз изображений, используемых в обработке изображений, и высококачественных магнитно-резонансных изображений.
 - 2) Подгруппа телевизионных изображений: для каждого из референсных изображений дана низкокачественная версия, полученная при захвате аналогового телесигнала.
 - 3) Подгруппа радиально-симметричных изображений: помимо общих методов моделирования эффекта ложного оконтуривания, к данным изображениям применяется метод разложения по функциям Лагерра.
- б) Нереференсная часть: содержит изображения с эффектом ложного оконтуривания, для которых нет референсного изображения высокого качества. Моделирование эффекта ложного оконтуривания на данных изображениях не производится.

Для моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для референсной части базы данных были выбраны алгоритмы обработки изображений, используемые на практике. Основным условием выбора алгоритмов моделирования было покрытие большинства источников эффекта Гиббса и ложного оконтуривания. При создании базы данных были использованы следующие алгоритмы моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания:

- а) Получение эффекта Гиббса в чистом виде путём воздействия низкочастотных фильтров на изображение:
 - 1) Отсечение высокочастотных коэффициентов после дискретного преобразования Фурье.
 - 2) Отсечение высокочастотных коэффициентов после разложения по функциям Эрмита.
- б) Моделирование эффекта ложного оконтуривания при повышении разрешения изображений. Изображение уменьшается в определённое число раз, затем увеличивается до исходного размера. Были использованы коэффициенты масштабирования 2, 4 и 8. В качестве алгоритмов увеличения изображений были использованы:
 - 1) билинейная интерполяция;
 - 2) бикубическая интерполяция;
 - 3) интерполяция Ланцоша 3 порядка;
 - 4) регуляризирующий метод повышения разрешения изображений с тремя параметрами регуляризации.
- в) Моделирование эффекта ложного оконтуривания при подавлении размытия. Изображение подвергается действию оператора размытия, затем к изображению добавляется шум, после чего к изображению применяются алгоритмы повышения резкости. Были рассмотрены следующие алгоритмы:
 - 1) Нерезкое маскирование;
 - 2) Регуляризирующий метод подавления размытия.
- г) Моделирование эффекта ложного оконтуривания при повышении локального контраста с помощью нерезкого маскирования.

1.2 Описание тестируемых алгоритмов определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях

1.2.1 Многомасштабный анализ значений взвешенной полной вариации профилей контуров на основе вычислительного эксперимента

Существует взаимосвязь между эффектом Гиббса и полной вариацией [1]. В случае возникновения эффекта Гиббса при действии идеального частотного фильтра на некоторую функцию с ограниченной полной вариацией, полная вариация этой функции становится бесконечно большой. Ещё одной проблемой является наличие шума, например, равномерного шума, при котором полная вариация также становится бесконечно большой.

Размерность реальных изображений конечна, а вместо идеального фильтра обычно используется его аппроксимация с финитным ядром, поэтому полная вариация изображения высокого разрешения становится значительно выше полной вариации изображения низкого разрешения, но при этом она остаётся конечной.

С субъективной точки зрения, наиболее значимыми являются несколько первых осцилляций эффекта Гиббса возле контуров, тогда как последующие осцилляции либо отсутствуют, либо их амплитуда ниже уровня шума. Для того, чтобы учитывать только значимые осцилляции, будем использовать *взвешенную полную вариацию*:

$$WTV(f, w) = \int_{-\infty}^{+\infty} |\nabla f(t)| w(t) dt, \quad (1)$$

где $w(t)$ — весовая функция.

Для выбора весовой функции и критериев определения наличия эффекта Гиббса, нами был произведён многомасштабный анализ эффекта Гиббса при повышении разрешения изображения, содержащего только один ступенчатый контур.

Осцилляции эффекта Гиббса располагаются параллельно породившему их контуру, поэтому для определения наличия эффекта Гиббса возле контура

достаточно использовать профили контура — сечения контура прямой, перпендикулярной направлению контура.

Рассмотрим задачу определения наличия эффекта Гиббса при повышении разрешения ступенчатого контура, профиль которого представлен функцией

$$p_0[i] = \begin{cases} 1, & i > 0, \\ 0, & i \leq 0. \end{cases} \quad (2)$$

Целью исследования является выделение характеристик, по которым можно определить, присутствует ли эффект Гиббса в окрестности произвольного контура при известной ширине осцилляций эффекта Гиббса d .

Добавим к контуру с профилем (2) эффект Гиббса:

$$p_d[i] = \sum_{j=1}^{+\infty} \text{sinc}(i - jd), \quad (3)$$

где

$$\text{sinc } x = \frac{\sin \pi x}{\pi x}. \quad (4)$$

Для моделирования произвольных методов повышения разрешения изображений будем прибавлять равномерно распределённый шум со случайным параметром к результатам базовых методов:

$$\begin{aligned} p_{0,n_0}[i] &= p_0[i] + \xi_n[i], \\ p_{d,n_0}[i] &= p_d[i] + \xi_n[i], \end{aligned} \quad (5)$$

где $\xi_n[i]$ — случайная величина с равномерным распределением, принимающая значения из отрезка $\left[-\frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right]$. Значение уровня шума n постоянно для каждого профиля контура и выбирается случайным образом из отрезка $[0, n_0]$, где —

максимальный рассматриваемый уровень искажений. Такой подход позволяет учесть при анализе как контуры с малым уровнем искажения, так и контуры с большим уровнем искажения.

Для фиксированных d и n_0 было сгенерировано 10000 профилей контуров без эффекта Гиббса p_{0,n_0} и 10000 профилей контуров с эффектом Гиббса p_{d,n_0} . Для каждого из них были вычислены значения взвешенной полной вариации на разных разрешениях σ :

$$TV(p, \sigma, w_{\alpha d}) = WTV(p * G_{\sigma}, w_{\alpha d}) \quad (6)$$

где

$$w_{\alpha d}(t) = \exp\left(-\frac{t^2}{2(\alpha d)^2}\right) \quad (7)$$

при различных α и σ . Параметр α определяет количество учитываемых осцилляций эффекта Гиббса. Мы использовали $\alpha = 3$.

Пример значений $TV(p, \sigma, w_{\alpha d})$ для $n_0 = 25$ и $d = 10$ приведён на рисунке 1. На данном примере видно, что существует множество значений σ , при которых по значению $TV(p, \sigma, w_{\alpha d})$ можно определить, был ли контур с эффектом Гиббса или нет.

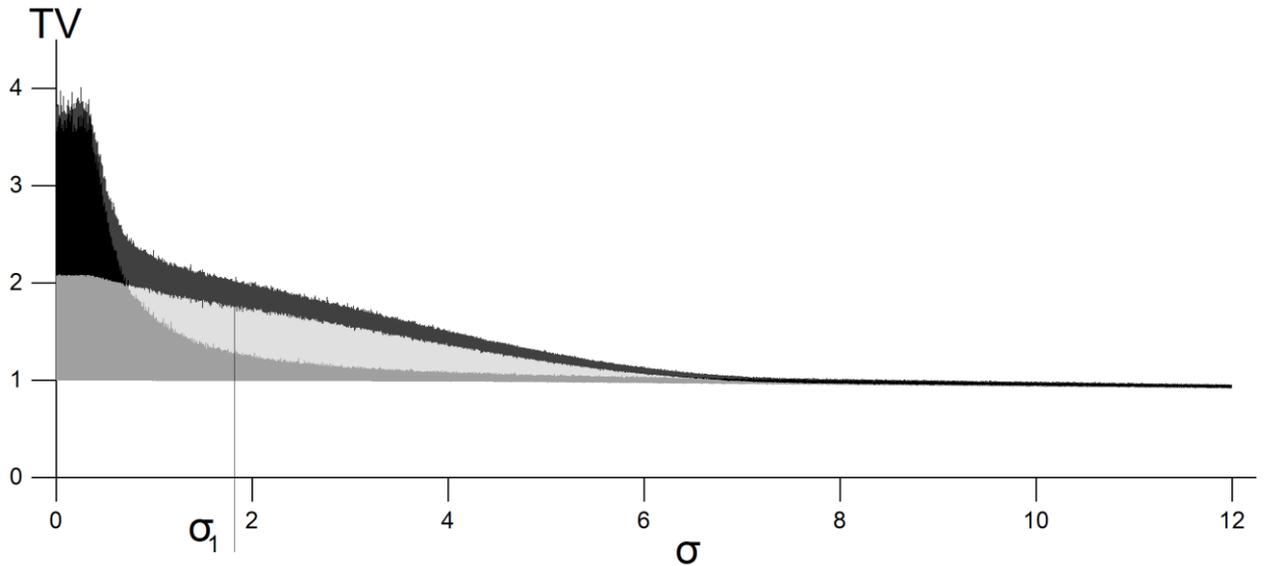


Рисунок 1 — Значения $TV(p, \sigma, w_{\alpha d})$ для $n_0 = 25$ и $d = 10$. Серым цветом обозначено множество значений $TV(p, \sigma, w_{\alpha d})$ для профилей контуров без эффекта Гиббса, тёмно-серым — для профилей контуров с эффектом Гиббса. Пересечение этих множеств обозначено чёрным цветом. Светло-серым цветом обозначено множество значений, которые $TV(p, \sigma, w_{\alpha d})$ не принимает для рассматриваемых профилей контуров.

Введём обозначения:

$$\begin{aligned}
 g^*(d, \sigma, n_0) &= \min_{p=P_{d, n_0}} TV(p, \sigma, w_{\alpha d}), \\
 g_*(d, \sigma, n_0) &= \max_{p=P_{0, n_0}} TV(p, \sigma, w_{\alpha d}).
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Функция $g^*(d, \sigma, n_0)$ представляет собой нижнюю границу множества значений $TV(p, \sigma, w_{\alpha d})$ для профилей контуров с эффектом Гиббса (тёмно-серая область на рисунке 1, а $g_*(d, \sigma, n_0)$ — верхнюю границу соответствующего множества значений для профилей контуров без эффекта Гиббса (серая область на рисунке 1).

Если при некотором σ значение $g^*(d, \sigma, n_0)$ больше, чем $g_*(d, \sigma, n_0)$, то это σ можно использовать для определения наличия эффекта Гиббса по значению

$TV(p, \sigma, w_{\alpha d})$. Найдём σ_1 , при котором различие между $g^*(d, \sigma, n_0)$ и $g_*(d, \sigma, n_0)$ наибольшее:

$$\sigma_1(d, n_0) = \arg \max_{\sigma} (g^*(d, \sigma, n_0) - g_*(d, \sigma, n_0)). \quad (9)$$

На рисунке 2 показана зависимость $\sigma_1(d, n_0)$ от d при $n_0 = 25$. Экспериментальный анализ для тестового множества сгенерированных профилей контуров показал, что функцию $\sigma_1(d, n_0)$ можно аппроксимировать линейной функцией

$$\sigma_2(d, n_0) = m(n_0, \alpha)d, \quad (10)$$

при этом значения σ_2 можно использовать для определения наличия эффекта Гиббса при тех же d , что и σ_1 . Для $n_0 = 25$ и $\alpha = 3$ мы используем $m(n_0, \alpha) = 0,19$, для $n_0 = 50$ — $m(n_0, \alpha) = 0,25$. Также было отмечено, что при $\alpha > 2$ значения $m(n_0, \alpha)$ практически не зависят от α , поэтому можно считать функцию $m(n_0, \alpha)$ зависящей только от n_0 :

$$\sigma_2(d, n_0) = m(n_0)d. \quad (11)$$

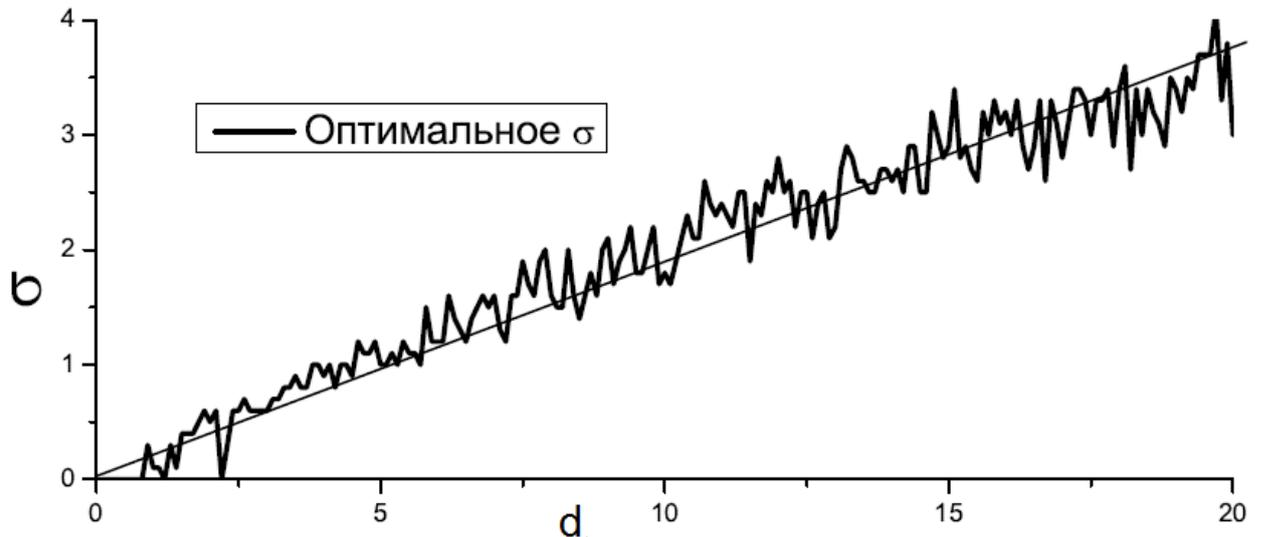


Рисунок 2 — Зависимость значений $\sigma_1(d, n_0)$ от d при $n_0 = 25$, $\alpha = 3$. Тонкой прямой показана линейная аппроксимация функции $\sigma_1(d, n_0)$.

Таким образом, если известна ширина осцилляций эффекта Гиббса d , то для определения наличия эффекта Гиббса на контуре с профилем p достаточно вычислить значение

$$TV_R(p) = WTV(p, m(n_0)d, w_{\alpha d}) \quad (12)$$

и сравнить его с $G^*(d, n_0)$ и $G_*(d, n_0)$, где

$$\begin{aligned} G^*(d, n_0) &= g^*(d, m(n_0)d, n_0), \\ G_*(d, n_0) &= g_*(d, m(n_0)d, n_0). \end{aligned} \quad (13)$$

На рисунке 3 приведены графики функций $G^*(d, n_0)$ и $G_*(d, n_0)$ при $n_0 = 25$, $\alpha = 3$.

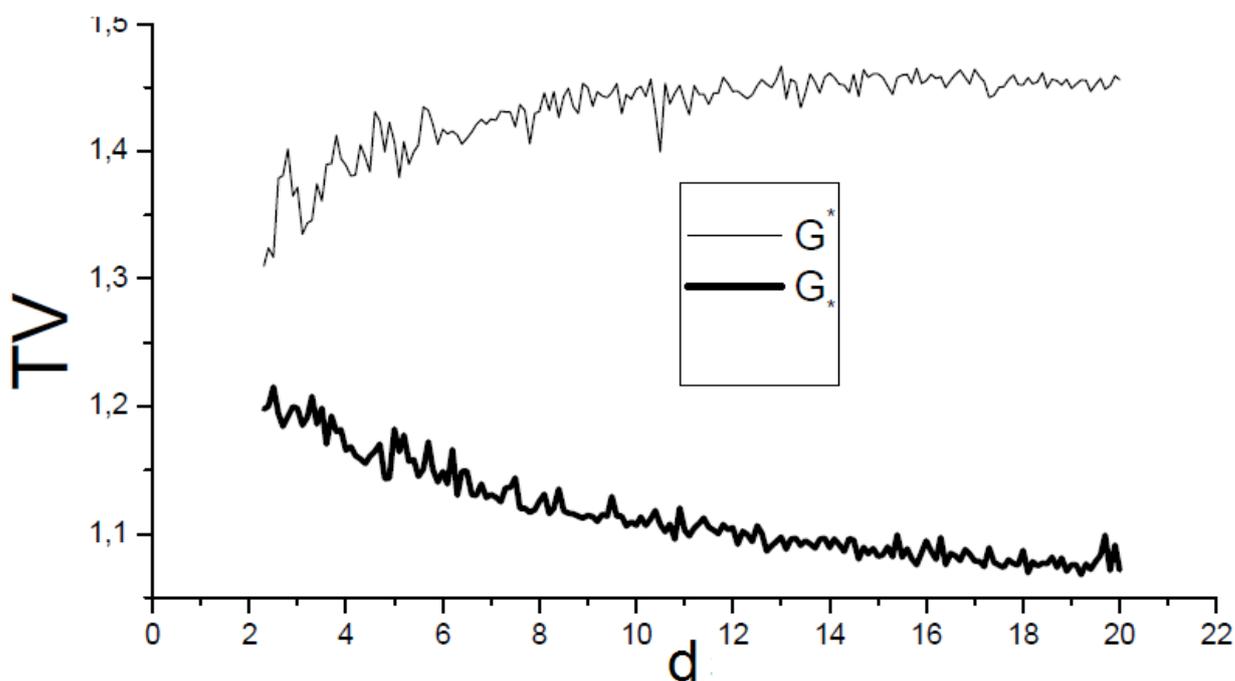


Рисунок 3 — Зависимость значений $G^*(d, n_0)$ и $G_*(d, n_0)$ от d при $n_0 = 25$, $\alpha = 3$.

1.2.2 Определение уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания

Многомасштабный анализ был проведён для контура с величиной перепада, равной 1, тогда как величина перепада контуров на реальных изображениях не является фиксированной. В этом случае произведём нормирование контура так, чтобы величина перепада получившегося контура стала равна 1. Для этого воспользуемся результатами проведённого многомасштабного анализа. Заметим, что значения $TV(d, \sigma, w_{\alpha s})$ стремятся к значению перепада контура при $\sigma \rightarrow \infty$. Реальные контуры же имеют конечные размеры, поэтому для оценки перепада необходимо использовать как можно меньшее σ . Хорошие результаты получаются при аппроксимации высоты значением $TV(d, \sigma, w_{\alpha s})$ при $\sigma = d$.

Таким образом, для произвольного контура с профилем p значение TV_R вычисляется в виде

$$TV_R(p, d, n_0) = \frac{TV(p, m(n_0)d, w_{\alpha d})}{TV(p, d, w_{\alpha d})} \quad (14)$$

Введём значение R_E — оценку уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания:

$$R_E = 2 \frac{TV_R(p, d, n_0) - G_*(d, n_0)}{G^*(d, n_0) - G_*(d, n_0)} - 1 \quad (15)$$

Для контуров с эффектом Гиббса значения R_E будут не меньше 1, для контуров без эффекта Гиббса значения R_E будут не больше -1 . Появление промежуточных значений $-1 < R_E < 1$ возможно в случае, если значение n_0 оказалось меньше, чем реальный уровень искажения контура, или если эффект ложного оконтуривания выражен слабо.

Для изображений, содержащих несколько контуров, мы выбираем базовые контуры с наибольшим значением модуля градиента, затем строим несколько профилей для отобранных контуров и вычисляем среднее значение R_E [2].

1.3 Тестирование алгоритмов определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях

Для тестирования разработанных алгоритмов определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания был использован следующий сценарий.

Для каждого изображения из референсной части базы данных, включая само референсное изображение, осуществляется оценка уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания TV_R . При этом в качестве параметра ширины контура используются априори известные значения, представленные в таблице 1.

Таблица 1 — Значения ширин контуров для используемых изображений из тестовой базы данных изображений с эффектом Гиббса и ложного оконтуривания.

Названия изображений	Значение ширины контура
jpeg_1.png, jpeg_2.png, jpeg_3.png, fourier_2.png, hermite_2.png, x2_bicubic.png, x2_bilinear.png, x2_lanczos3.png, x2_reg_high.png,	2

x2_reg_low.png, x2_reg_med.png, sharp2.png, sharp3.png, sharp4.png, sharp5.png, noise01.png, noise01_lag100.png, noise01_lag200.png, noise03.png, noise03_lag100.png, noise03_lag200.png, tv.png, reference.png	
wavelet_w1_q1.png, wavelet_w1_q2.png, wavelet_w1_q3.png	3
fourier_4.png, hermite_4.png, x4_bicubic.png, x4_bilinear.png, x4_lanczos3.png, x4_reg_high.png, x4_reg_low.png, x4_reg_med.png	4
regdeblur_sigma2_noise3.png, unsharpmask_sigma2_alpha3.png, unsharpmask_sigma2_alpha3.png, unsharpmask_sigma2_alpha5.png, blurred_gauss2.png, blurred_gauss2_noise3.png	6
fourier_8.png, x8_bicubic.png, x8_bilinear.png, x8_lanczos3.png	8
regdeblur_sigma4_noise5.png, unsharpmask_sigma4_alpha3.png, unsharpmask_sigma4_alpha5.png, blurred_gauss4.png, blurred_gauss4_noise5.png	12

Полученное значение TV_R сравнивается со значением TV_R , вычисленным для референсного изображения. Тест считается пройденным успешно, если на изображении с моделированным эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием значение TV_R выше, чем значение TV_R , вычисленное для референсного изображения. Для методов, не приводящих к возникновению эффекта Гиббса и ложного оконтуривания — повышение разрешения изображений с помощью билинейной или бикубической интерполяции — успешным прохождением теста является сохранение R_E ниже порогового значения -1 , т.е. $TV_R < G_*$.

Общее количество тестов для алгоритма определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания составляет: 40 тестов для 24 изображений основной подгруппы, 41 тест для 5 изображений из подгруппы телевизионных изображений и 46 теста для 3 изображений из подгруппы радиально-симметричных изображений, итого 1303 теста.

По завершении тестирования вычисляется статистика среди полученных значений уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания. Для каждого из способов моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания вычисляется среднее значение, среднеквадратичное отклонение, максимальное и минимальные значения по каждой из трёх групп изображений и для всех изображений сразу.

В таблицах 2, 3, 4 приведены статистические результаты тестирования алгоритмов определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из основной подгруппы, подгруппы радиально-симметричных изображений и подгруппы телевизионных изображений.

Таблица 2 — Статистические значения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из основной подгруппы

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
blurred_gauss2.png	1.096	1.820	1.383	0.238
blurred_gauss2_noise3.png	1.106	1.845	1.393	0.241
blurred_gauss4.png	1.116	2.724	1.783	0.429
blurred_gauss4_noise5.png	1.177	2.814	1.843	0.404
hermite_2.png	1.077	1.960	1.465	0.227
hermite_4.png	1.156	2.077	1.604	0.247
reference.png	1.096	1.607	1.232	0.135
regdeblur_sigma2_noise3.png	1.204	2.562	1.813	0.377
regdeblur_sigma4_noise5.png	1.465	6.412	3.006	1.063
sharp2.png	1.356	2.756	1.820	0.403
sharp3.png	1.384	3.594	2.267	0.580
sharp4.png	1.576	4.231	2.575	0.676
sharp5.png	1.638	4.755	2.813	0.784
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	1.242	2.527	1.727	0.393
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	1.383	3.283	2.142	0.513

unsharpmask_sigma4_alpha3.png	1.252	4.789	2.397	0.823
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	1.449	6.765	3.000	1.128
x2_bicubic.png	1.086	1.491	1.197	0.097
x2_bilinear.png	1.090	1.456	1.165	0.098
x2_lanczos3.png	1.087	1.571	1.247	0.118
x2_reg_high.png	1.165	2.228	1.478	0.279
x2_reg_low.png	1.247	2.405	1.610	0.309
x2_reg_med.png	1.189	2.299	1.531	0.294
x4_bicubic.png	1.108	1.487	1.250	0.126
x4_bilinear.png	1.090	1.416	1.201	0.111
x4_lanczos3.png	1.112	1.534	1.271	0.122
x4_reg_high.png	1.110	1.738	1.370	0.189
x4_reg_low.png	1.060	2.019	1.467	0.242
x4_reg_med.png	1.114	1.780	1.384	0.193
x8_bicubic.png	1.118	2.098	1.369	0.255
x8_bilinear.png	1.069	1.884	1.299	0.213
x8_lanczos3.png	1.171	2.217	1.417	0.284

Таблица 3 — Статистические значения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из подгруппы радиально-симметричных изображений

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
blurred_gauss2.png	1.071	5.188	2.504	1.900
blurred_gauss2_noise3.png	1.077	5.169	2.499	1.889
blurred_gauss4.png	4.449	48.892	21.081	19.791
blurred_gauss4_noise5.png	7.519	58.269	24.903	23.600
fourier_2.png	1.094	1.243	1.153	0.064
fourier_4.png	1.076	1.520	1.236	0.201
fourier_8.png	2.539	24.460	10.179	10.107
hermite_2.png	1.112	1.331	1.202	0.093
hermite_4.png	1.204	1.671	1.374	0.211
noise01.png	1.103	1.161	1.122	0.027
noise01_lag100.png	1.104	1.209	1.140	0.049
noise01_lag200.png	1.100	1.167	1.136	0.027
noise03.png	1.191	1.313	1.237	0.054
noise03_lag100.png	1.091	1.201	1.148	0.045
noise03_lag200.png	1.121	1.186	1.158	0.027
reference.png	1.057	1.060	1.059	0.001
regdeblur_sigma2_noise3.png	1.073	5.199	2.466	1.933
regdeblur_sigma4_noise5.png	8.808	63.093	30.380	23.520

sharp2.png	1.069	1.191	1.110	0.057
sharp3.png	1.070	1.226	1.122	0.074
sharp4.png	1.069	1.238	1.126	0.080
sharp5.png	1.069	1.243	1.127	0.082
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	1.063	5.544	2.586	2.092
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	1.060	5.112	2.429	1.897
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	5.977	58.107	24.443	23.841
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	6.073	58.266	24.410	23.968
x2_bicubic.png	1.071	1.128	1.090	0.027
x2_bilinear.png	1.068	1.095	1.078	0.012
x2_lanczos3.png	1.079	1.197	1.122	0.053
x2_reg_high.png	1.095	1.349	1.192	0.112
x2_reg_low.png	1.121	1.449	1.248	0.144
x2_reg_med.png	1.102	1.394	1.213	0.129
x4_bicubic.png	1.097	2.046	1.418	0.444
x4_bilinear.png	1.115	1.569	1.273	0.209
x4_lanczos3.png	1.108	2.089	1.439	0.460
x4_reg_high.png	1.097	1.847	1.354	0.349
x4_reg_low.png	1.183	1.919	1.438	0.340
x4_reg_med.png	1.112	1.869	1.374	0.350
x8_bicubic.png	2.481	20.780	8.653	8.575
x8_bilinear.png	2.406	13.814	6.294	5.319

x8_lanczos3.png	2.550	22.456	9.248	9.340
-----------------	-------	--------	-------	-------

Таблица 4 — Статистические значения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из подгруппы телевизионных изображений

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
blurred_gauss2.png	1.250	1.762	1.491	0.203
blurred_gauss2_noise3.png	1.255	1.784	1.510	0.208
blurred_gauss4.png	1.230	2.228	1.737	0.416
blurred_gauss4_noise5.png	1.235	2.217	1.725	0.417
fourier_2.png	1.176	1.356	1.279	0.063
fourier_4.png	1.226	1.646	1.426	0.133
fourier_8.png	1.352	2.695	1.985	0.568
hermite_2.png	1.226	1.478	1.353	0.089
hermite_4.png	1.286	2.008	1.505	0.258
reference.png	1.101	1.212	1.164	0.041
regdeblur_sigma2_noise3.png	1.513	2.482	1.889	0.336
regdeblur_sigma4_noise5.png	1.695	3.754	2.563	0.808
sharp2.png	1.379	1.681	1.545	0.103
sharp3.png	1.619	2.101	1.862	0.175
sharp4.png	1.715	2.603	2.086	0.305
sharp5.png	1.822	2.944	2.254	0.374
tv.png	1.296	1.363	1.326	0.022

unsharpmask_sigma2_alpha3.png	1.508	2.307	1.922	0.327
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	1.454	2.689	2.212	0.444
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	1.474	3.353	2.216	0.758
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	1.631	3.976	2.640	0.905
x2_bicubic.png	1.142	1.206	1.172	0.020
x2_bilinear.png	1.123	1.176	1.144	0.018
x2_lanczos3.png	1.148	1.240	1.204	0.031
x2_reg_high.png	1.134	1.459	1.303	0.106
x2_reg_low.png	1.180	1.563	1.399	0.142
x2_reg_med.png	1.148	1.497	1.334	0.114
x4_bicubic.png	1.145	1.273	1.229	0.044
x4_bilinear.png	1.120	1.214	1.185	0.034
x4_lanczos3.png	1.174	1.336	1.268	0.058
x4_reg_high.png	1.233	1.475	1.372	0.093
x4_reg_low.png	1.296	1.609	1.447	0.128
x4_reg_med.png	1.259	1.594	1.390	0.126
x8_bicubic.png	1.201	1.738	1.459	0.223
x8_bilinear.png	1.099	1.667	1.382	0.221
x8_lanczos3.png	1.296	1.839	1.526	0.235

Результаты тестирования показали соответствие полученного результата теоретически предсказанному: для всех алгоритмов моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания наблюдалось повышение уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания относительно исходного референсного изображения, за

исключением алгоритмов билинейной и бикубической интерполяции. Билинейная интерполяция была использована в качестве контрольного метода, не приводящего к возникновению эффекта Гиббса и ложного оконтуривания. Бикубическая интерполяция при увеличении изображения в два раза на ряде изображений приводит к повышению уровня размытия при отсутствии эффекта ложного оконтуривания, что приводит к снижению уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Большие значения и разбор оценки уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для радиально-симметричных изображений связан с тем, что при определённом уровне размытия изображений, состоящих из набора колец, эти кольца становятся трудноотличимы от эффекта Гиббса.

Статистические значения для изображений основной подгруппы и телевизионной мало отличаются, поэтому в дальнейшем статистика будет считаться по совокупности этих групп изображений. Статистические результаты для данной совокупности представлены в таблице 5.

Таблица 5 — Статистические значения параметра уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из основной подгруппы и подгруппы телевизионных изображений.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
blurred_gauss2.png	1.096	1.820	1.402	0.236
blurred_gauss2_noise3.png	1.106	1.845	1.413	0.239
blurred_gauss4.png	1.116	2.724	1.775	0.427
blurred_gauss4_noise5.png	1.177	2.814	1.822	0.409
hermite_2.png	1.077	1.960	1.445	0.214
hermite_4.png	1.156	2.077	1.587	0.252
reference.png	1.096	1.607	1.220	0.126

regdeblur_sigma2_noise3.png	1.204	2.562	1.826	0.372
regdeblur_sigma4_noise5.png	1.465	6.412	2.930	1.037
sharp2.png	1.356	2.756	1.773	0.383
sharp3.png	1.384	3.594	2.197	0.554
sharp4.png	1.576	4.231	2.491	0.655
sharp5.png	1.638	4.755	2.717	0.760
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	1.242	2.527	1.761	0.390
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	1.383	3.283	2.154	0.503
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	1.252	4.789	2.366	0.815
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	1.449	6.765	2.938	1.101
x2_bicubic.png	1.086	1.491	1.192	0.089
x2_bilinear.png	1.090	1.456	1.161	0.090
x2_lanczos3.png	1.087	1.571	1.240	0.109
x2_reg_high.png	1.134	2.228	1.448	0.266
x2_reg_low.png	1.180	2.405	1.574	0.298
x2_reg_med.png	1.148	2.299	1.497	0.281
x4_bicubic.png	1.108	1.487	1.246	0.117
x4_bilinear.png	1.090	1.416	1.198	0.102
x4_lanczos3.png	1.112	1.534	1.270	0.114
x4_reg_high.png	1.110	1.738	1.370	0.177
x4_reg_low.png	1.060	2.019	1.463	0.227
x4_reg_med.png	1.114	1.780	1.385	0.184

x8_bicubic.png	1.118	2.098	1.384	0.252
x8_bilinear.png	1.069	1.884	1.314	0.216
x8_lanczos3.png	1.171	2.217	1.436	0.279

1.4 Описание алгоритмов подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях

Для подавления эффекта Гиббса на изображениях мы используем проектирование на множество изображений с ограниченной полной вариацией:

$$z_q = \arg \min_{z \in M_q} \|z - z_0\|_2, \quad (16)$$

где z_0 — исходное изображение с эффектом Гиббса, z_q — результирующее изображение, множество M_q — множество изображений с ограниченной полной вариацией:

$$M_q = \{z : \|z\|_V \leq q \|z_0\|_V\}, \quad (17)$$

$$\|z\|_V = \sum_{i,j} |\nabla z_{i,j}|. \quad (18)$$

Параметр $q : 0 < q \leq 1$ задаёт уровень подавления эффекта Гиббса. Высокие значения приводят к меньшему подавлению эффекта Гиббса.

Параметр q подбирается в автоматическом режиме: искомое значение q — это максимально возможное значение, при котором R_E изображения не превышает требуемое значение.

Примеры использования данного алгоритма для изображения “barbara” приведены на рисунке 4. Значение SSIM — это метрика SSIM, между референсным

изображением и текущим, вычисленная по всему изображению, $SSIM(BEP)$ и $SSIM(BEN)$ — значения $SSIM$, вычисленные по областям BEP и BEN , введённым в п. 2.2.2. Повышение значений метрик было достигнуто при достижении значения $R_E = 1$.



Исходное изображение с эффектом Гиббса,

значение $R_E = 1.7$.

SSIM = 0.9500, SSIM(BEP) = 0.9523,

SSIM(BEN) = 0.9725.



Результат подавления эффекта Гиббса,

требуемое значение $R_E = -1$.

SSIM = 0.9456, SSIM(BEP) = 0.9481,

SSIM(BEN) = 0.9718.



Результат подавления эффекта Гиббса,

требуемое значение $R_E = 0$.

SSIM = 0.9495, SSIM(BEP) = 0.9519,

SSIM(BEN) = 0.9733.



Результат подавления эффекта Гиббса,

требуемое значение $R_E = 1$.

SSIM = 0.9505, SSIM(BEP) = 0.9529,

SSIM(BEN) = 0.9735.

Рисунок 4 — Пример подавления эффекта Гиббса для изображений.

1.5 Тестирование алгоритмов подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях

Для тестирования разработанных алгоритмов определения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания был использован следующий сценарий.

Для каждого изображения из референсной части базы данных, применяется алгоритм подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений общего типа, заключающийся в проектировании на множество изображений с ограниченной полной вариацией:

$$z_q = \arg \min_{z \in M_q} \|z - z_0\|_2, \quad (19)$$

где z_0 — исходное изображение с эффектом Гиббса, z_q — результирующее изображение, множество M_q — множество изображений с ограниченной полной вариацией:

$$M_q = \{z : \|z\|_V \leq q \|z_0\|_V\}, \quad (20)$$

$$\|z\|_V = \sum_{i,j} |\nabla z_{i,j}|. \quad (21)$$

Параметр $q: 0 < q \leq 1$ задаёт уровень подавления эффекта Гиббса. Высокие значения приводят к меньшему подавлению эффекта Гиббса.

Подбор параметра q осуществляется таким образом, чтобы добиться наименьшего среднеквадратичного отклонения результата от референсного изображения.

Далее для полученного в результате подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания изображения вычисляется уровень эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Сравнивается полученное значение TV_R после подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания со значением TV_R исходного изображения. Тест считается успешно пройденным, если после подавления эффекта Гиббса и ложного

оконтуривания значение TV_R уменьшилось или осталось прежним, и среднеквадратичное отклонение от референсного изображения также уменьшилось или осталось прежним.

Общее количество тестов для алгоритма подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания составляет: 40 тестов для 24 изображений основной подгруппы, 41 тест для 5 изображений из подгруппы телевизионных изображений и 46 теста для 3 изображений из подгруппы радиально-симметричных изображений, итого 1303 теста.

По окончании тестирования вычисляется статистика среди полученных значений уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания аналогично подразделу 1.3. Помимо значения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания после подавления вычисляется статистика для параметра q и для отношения среднеквадратичного отклонения между исходным изображением и референсным к среднеквадратичному отклонению между полученным изображением и референсным. Данную величину обозначим за IMSE.

В таблицах 6, 7, 8 приведены статистические результаты тестирования алгоритмов подавления уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из совокупности основной подгруппы и подгруппы телевизионных изображений для параметров уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, q и IMSE.

Таблица 6 — Статистические значения параметра уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из основной подгруппы и подгруппы телевизионных изображений после подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
blurred_gauss2.png	1.096	1.820	1.402	0.236
blurred_gauss2_noise3.png	1.105	1.845	1.405	0.240
blurred_gauss4.png	1.116	2.724	1.775	0.427

blurred_gauss4_noise5.png	1.168	2.807	1.811	0.407
hermite_2.png	1.077	1.864	1.342	0.198
hermite_4.png	1.144	1.913	1.394	0.242
reference.png	1.096	1.607	1.220	0.126
regdeblur_sigma2_noise3.png	1.204	2.150	1.626	0.298
regdeblur_sigma4_noise5.png	1.289	5.361	2.359	0.904
sharp2.png	1.097	2.090	1.325	0.220
sharp3.png	1.063	1.852	1.254	0.191
sharp4.png	1.062	1.678	1.229	0.169
sharp5.png	1.056	1.765	1.231	0.173
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	1.242	2.527	1.753	0.386
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	1.162	2.831	1.758	0.459
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	1.252	4.789	2.365	0.816
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	1.234	5.486	2.357	0.915
x2_bicubic.png	1.086	1.491	1.192	0.089
x2_bilinear.png	1.090	1.456	1.161	0.090
x2_lanczos3.png	1.087	1.571	1.240	0.109
x2_reg_high.png	1.075	1.674	1.253	0.174
x2_reg_low.png	1.084	1.781	1.268	0.183
x2_reg_med.png	1.084	1.742	1.259	0.179
x4_bicubic.png	1.108	1.487	1.246	0.117
x4_bilinear.png	1.090	1.416	1.198	0.102

x4_lanczos3.png	1.112	1.534	1.270	0.114
x4_reg_high.png	1.080	1.696	1.307	0.178
x4_reg_low.png	1.038	1.739	1.264	0.182
x4_reg_med.png	1.076	1.640	1.276	0.167
x8_bicubic.png	1.118	2.098	1.384	0.252
x8_bilinear.png	1.069	1.884	1.314	0.216
x8_lanczos3.png	1.171	2.217	1.436	0.279

Таблица 7 — Статистические значения параметра q — коэффициента подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из основной подгруппы и подгруппы телевизионных изображений.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
blurred_gauss2.png	1.000	1.000	1.000	0.000
blurred_gauss2_noise3.png	0.450	1.000	0.791	0.147
blurred_gauss4.png	1.000	1.000	1.000	0.000
blurred_gauss4_noise5.png	0.250	0.600	0.422	0.106
hermite_2.png	0.550	1.000	0.817	0.102
hermite_4.png	0.500	0.900	0.736	0.102
reference.png	1.000	1.000	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	0.400	1.000	0.800	0.165
regdeblur_sigma4_noise5.png	0.150	0.700	0.407	0.162
sharp2.png	0.400	0.700	0.495	0.077

sharp3.png	0.200	0.500	0.302	0.080
sharp4.png	0.150	0.400	0.231	0.066
sharp5.png	0.100	0.350	0.191	0.053
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	0.900	1.000	0.990	0.027
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	0.500	1.000	0.690	0.112
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	0.950	1.000	0.998	0.009
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	0.300	0.950	0.576	0.136
x2_bicubic.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x2_bilinear.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x2_lanczos3.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x2_reg_high.png	0.550	0.950	0.710	0.080
x2_reg_low.png	0.500	0.800	0.617	0.080
x2_reg_med.png	0.550	0.900	0.676	0.075
x4_bicubic.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x4_bilinear.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x4_lanczos3.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x4_reg_high.png	0.750	1.000	0.910	0.063
x4_reg_low.png	0.600	0.900	0.747	0.060
x4_reg_med.png	0.700	1.000	0.847	0.059
x8_bicubic.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x8_bilinear.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x8_lanczos3.png	1.000	1.000	1.000	0.000

Таблица 8 — Статистические значения параметра IMSE — коэффициента уменьшения MSE (среднеквадратичного отклонения от референсного изображения) после подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений из основной подгруппы и подгруппы телевизионных изображений.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
blurred_gauss2.png	1.000	1.000	1.000	0.000
blurred_gauss2_noise3.png	1.000	1.151	1.011	0.027
blurred_gauss4.png	1.000	1.000	1.000	0.000
blurred_gauss4_noise5.png	1.005	1.181	1.029	0.034
hermite_2.png	1.000	1.327	1.065	0.079
hermite_4.png	1.002	1.251	1.048	0.056
regdeblur_sigma2_noise3.png	1.000	1.972	1.094	0.183
regdeblur_sigma4_noise5.png	1.022	2.115	1.217	0.210
sharp2.png	1.409	4.219	2.520	0.615
sharp3.png	1.939	7.534	4.272	1.238
sharp4.png	2.480	10.085	5.997	1.799
sharp5.png	3.058	12.088	7.549	2.253
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	1.000	1.007	1.001	0.002
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	1.000	1.672	1.162	0.188
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	1.000	1.000	1.000	0.000
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	1.000	1.416	1.119	0.104
x2_bicubic.png	1.000	1.000	1.000	0.000

x2_bilinear.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x2_lanczos3.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x2_reg_high.png	1.033	1.380	1.184	0.076
x2_reg_low.png	1.134	1.632	1.359	0.100
x2_reg_med.png	1.062	1.462	1.242	0.083
x4_bicubic.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x4_bilinear.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x4_lanczos3.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x4_reg_high.png	1.000	1.063	1.010	0.014
x4_reg_low.png	1.021	1.187	1.059	0.038
x4_reg_med.png	1.000	1.102	1.023	0.022
x8_bicubic.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x8_bilinear.png	1.000	1.000	1.000	0.000
x8_lanczos3.png	1.000	1.000	1.000	0.000

Алгоритм подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания отработал успешно на всех тестах. Во всех случаях было достигнуто сохранение или уменьшение MSE — среднеквадратичного отклонения от референсного изображения одновременно с понижением, либо сохранением уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

1.6 Результаты тестирования алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания

1.6.1 Анализ результатов тестирования

На основании полученных результатов тестирования алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания был проведён анализ результатов тестирования.

В таблице 9 приведены сводные значения для величин, полученных в процессе тестирования для изображений из подгруппы основных изображений и подгруппы телевизионных изображений для всех методов моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Таблица 9 — Сводная таблица средних значений уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания до подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания (TVR1), после подавления (TVR2), коэффициента (q) (16) и коэффициента снижения среднеквадратичного отклонения изображения от референсного изображения после подавления (IMSE) для изображений из подгруппы основных изображений и подгруппы телевизионных изображений.

Имя метода	TVR1	TVR2	q	IMSE
blurred_gauss2.png	1.402	1.402	1.000	1.000
blurred_gauss2_noise3.png	1.413	1.405	0.791	1.011
blurred_gauss4.png	1.775	1.775	1.000	1.000
blurred_gauss4_noise5.png	1.822	1.811	0.422	1.029
hermite_2.png	1.445	1.342	0.817	1.065
hermite_4.png	1.587	1.394	0.736	1.048
jpeg_1.png	1.433	1.209	0.698	1.185
jpeg_2.png	1.425	1.289	0.807	1.136

jpeg_3.png	1.390	1.296	0.847	1.133
reference.png	1.220	1.220	1.000	—
regdeblur_sigma2_noise3.png	1.826	1.626	0.800	1.094
regdeblur_sigma4_noise5.png	2.930	2.359	0.407	1.217
sharp2.png	1.773	1.325	0.495	2.520
sharp3.png	2.197	1.254	0.302	4.272
sharp4.png	2.491	1.229	0.231	5.997
sharp5.png	2.717	1.231	0.191	7.549
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	1.761	1.753	0.990	1.001
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	2.154	1.758	0.690	1.162
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	2.366	2.365	0.998	1.000
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	2.938	2.357	0.576	1.119
wavelet_w1_q1.png	1.386	1.269	0.816	1.032
wavelet_w1_q2.png	1.428	1.336	0.855	1.036
wavelet_w1_q3.png	1.399	1.345	0.902	1.035
x2_bicubic.png	1.192	1.192	1.000	1.000
x2_bilinear.png	1.161	1.161	1.000	1.000
x2_lanczos3.png	1.240	1.240	1.000	1.000
x2_reg_high.png	1.448	1.253	0.710	1.184
x2_reg_low.png	1.574	1.268	0.617	1.359
x2_reg_med.png	1.497	1.259	0.676	1.242
x4_bicubic.png	1.246	1.246	1.000	1.000

x4_bilinear.png	1.198	1.198	1.000	1.000
x4_lanczos3.png	1.270	1.270	1.000	1.000
x4_reg_high.png	1.370	1.307	0.910	1.010
x4_reg_low.png	1.463	1.264	0.747	1.059
x4_reg_med.png	1.385	1.276	0.847	1.023
x8_bicubic.png	1.384	1.384	1.000	1.000
x8_bilinear.png	1.314	1.314	1.000	1.000
x8_lanczos3.png	1.436	1.436	1.000	1.000

На рисунке 7 на график нанесены пары значений (TVR1, q) из таблицы 9. На основании полученных результатов были сделаны следующие наблюдения:

- а) При значении TVR меньше 1.4 подавление эффекта Гиббса и ложного оконтуривания не является необходимым. Это соответствует проведённому анализу в п. 1.2.1. Таким образом, в качестве порогового значения для уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, требующего подавления, можно взять значение $G^*(d, n_0)$ (13).
- б) Наблюдается зависимость второго порядка, связывающая q и TVR1. Эта зависимость может быть использована для автоматического выбора коэффициента подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания в зависимости от используемого метода обработки изображений, приводящего к возникновению эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, или оцениваемого уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания с помощью разработанного алгоритма.

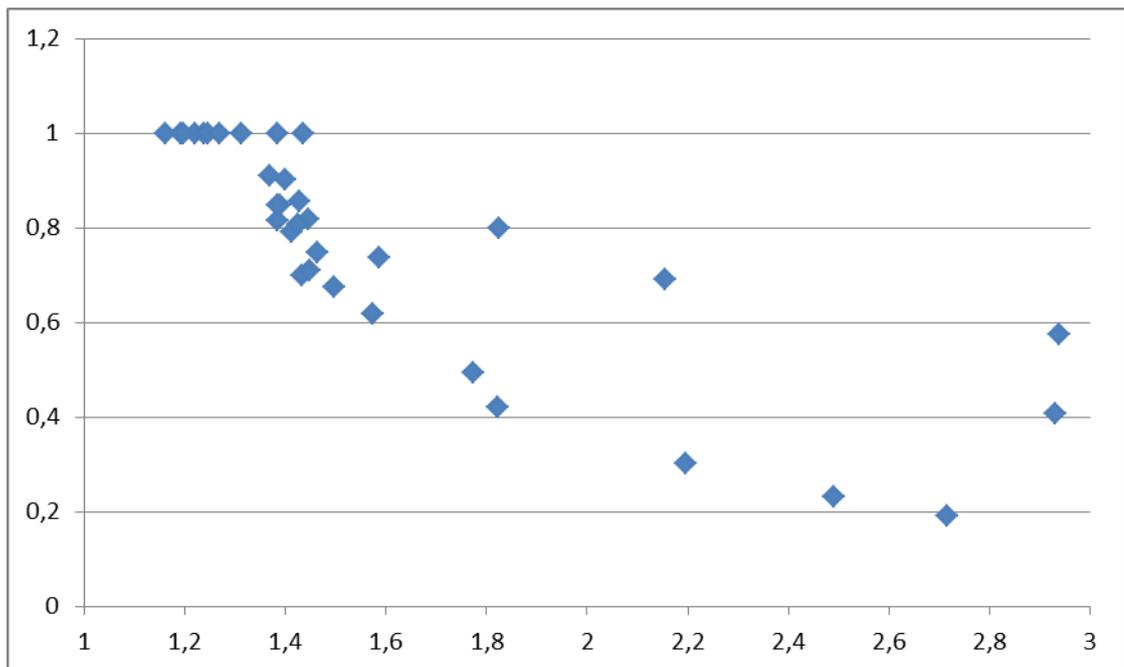


Рисунок 7 — соответствие между значением уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания до подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания и коэффициентом подавления уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, приводящим к минимизации среднеквадратичного отклонения результата от референсного изображения.

1.6.2 Детальные результаты тестирования

В таблице А.1 приложения А приведены результаты тестирования алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для всех изображений из тестовой базы данных.

2 Разработка и тестирование алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами

2.1 Разработка алгоритмов обнаружения эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами

Для обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания были использованы те же алгоритмы, что и для обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений общего типа.

Особенностью алгоритмов сжатия JPEG и JPEG2000 является хранение информации об уровне сжатия, тесно связанным с шириной осцилляций эффекта Гиббса и ложного оконтуривания. Алгоритм обнаружения эффекта Гиббса и ложного оконтуривания для изображений, сжатых JPEG, JPEG2000 и другими алгоритмами, состоит из следующих шагов:

- а) Подавление артефактов, специфичных для конкретного алгоритма сжатия изображений, мешающих определению уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, например, подавление блочного эффекта.
- б) Нахождение базовых контуров с учётом найденной ширины контуров. Базовые контуры — это контуры с достаточно высоким значением модуля, удалённые от других контуров. В окрестности данных контуров эффект Гиббса претерпевает наименьшие искажения, поэтому логично анализировать наличие эффекта Гиббса и ложного оконтуривания именно в этих областях.
- в) Извлечение нескольких профилей базовых контуров и проведение анализа взвешенной полной вариации при свёртке профиля контура с фильтром Гаусса с различным радиусом.

2.2 Описание алгоритма нахождения базовых контуров и областей базовых контуров

Эффект Гиббса наблюдается возле контуров с большим перепадом интенсивности. Для обнаружения эффекта Гиббса наиболее эффективно использовать окрестности контуров, в которых на эффект Гиббса накладывается минимальное количество наводок от прочих эффектов.

Алгоритм нахождения контуров и областей базовых контуров был подробно описан в отчёте за предыдущий этап, в данном отчёте приведено краткое описание используемого алгоритма.

2.2.1 Нахождение базовых контуров

Для анализа эффекта Гиббса и ложного оконтуривания мы используем только контуры, удовлетворяющие следующим условиям:

- а) Контуров должны быть легко детектируемыми как на тестовых изображениях, так и на изображениях после моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.
- б) Контур не должен смещаться или исчезать при снижении качества изображения.
- в) Не должно быть наводок от других контуров.

Будем называть контуры, удовлетворяющие этим условиям, *базовыми контурами*. Для нахождения базовых контуров на изображении ставятся следующие условия:

- а) Точка контура не маскирована другими контурами:

$$g_{i_0, j_0} > \max_{i, j} g_{i, j} \varphi((i - i_0)^2 + (j - j_0)^2), \quad (22)$$

где $g_{i, j}$ — модуль градиента в точке (i, j) , функция $\varphi(t)$ — функция маскирования. Мы используем

$$\varphi(t) = h e^{-\frac{t^2}{2d^2}},$$

где

$$h = \frac{1}{2}. \quad (23)$$

- б) Расстояние от точки контура до ближайшего контура больше r . Для анализа моделированного эффекта ложного оконтуривания важно, чтобы не происходило смещения контуров. В этом случае мы используем значение $r = 2d$. При анализе изображений с ложным оконтуриванием при отсутствии референсного изображения мы используем $r = d$.
- в) Хотя бы с одной стороны от точки контура до ближайшего контура расстояние больше $R = 3d$.
- г) Модуль градиента $g_{i,j}$ выше порога g_0 . Это условие используется для снижения влияния шума на эффект ложного оконтуривания.

На рисунке 5 приведён пример результата нахождения базовых контуров.



а) исходное изображение



б) результат выделения контуров

Рисунок 5 — Результат выделения контуров на изображении. На изображении справа чёрный цвет — пиксели фона, оттенками серого обозначены найденные контуры: чем светлее контур, тем больше модуль градиента в точке контура.

2.2.2 Нахождение областей базовых контуров

Дальнейшим этапом является нахождение областей, прилегающих к базовым контурам, наиболее пригодных для анализа эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

В окрестности базовых контуров находятся две области:

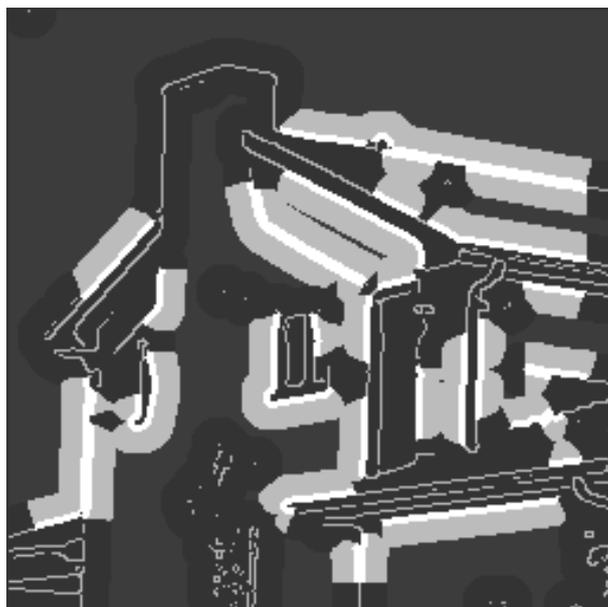
M_{BEP} — область базовых контуров, состоит из пикселей, для которых базовые контуры являются ближайшими, а расстояние для ближайшего контура не превышает r .

M_{BEN} — окрестность базовых контуров, состоит из пикселей, для которых базовые контуры являются ближайшими, а расстояние для ближайшего контура находится в интервале от r до R

На рисунке 6 приведён пример нахождения областей базовых контуров на изображении.



а) Исходное изображение



б) Результат выделения областей базовых контуров на изображении. Белым цветом обозначены пиксели множества M_{BEP} , светло-серым — M_{BEN} , серые линии — контуры, не являющиеся базовыми.

Рисунок 6 — Пример нахождения областей базовых контуров на изображении.

2.3 Тестирование алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами

Тестирование алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами, осуществлялось по тем же сценариям, что и для остальных изображений, описанным в подразделах 1.3 и 1.5.

Статистические значения уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания исходных изображений до и после подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, коэффициента подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания и коэффициента снижения среднеквадратичного отклонения от референсного изображения приведены в таблицах 10–13.

Таблица 10 — Статистические значения параметра уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания до подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
jpeg_1.png	1.079	1.829	1.433	0.173
jpeg_2.png	1.186	1.878	1.425	0.185
jpeg_3.png	1.087	1.819	1.390	0.198
wavelet_w1_q1.png	1.121	1.807	1.386	0.170
wavelet_w1_q2.png	1.129	2.097	1.428	0.237
wavelet_w1_q3.png	1.135	2.040	1.399	0.200

Таблица 11 — Статистические значения параметра уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания после подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
jpeg_1.png	1.070	1.545	1.209	0.118
jpeg_2.png	1.118	1.635	1.289	0.143
jpeg_3.png	1.079	1.682	1.296	0.164
wavelet_w1_q1.png	1.106	1.684	1.269	0.147
wavelet_w1_q2.png	1.104	1.934	1.336	0.208
wavelet_w1_q3.png	1.130	1.987	1.345	0.192

Таблица 12 — Статистические значения параметра q — коэффициента подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
jpeg_1.png	0.600	0.750	0.698	0.036
jpeg_2.png	0.750	0.900	0.807	0.036
jpeg_3.png	0.800	0.900	0.847	0.037
wavelet_w1_q1.png	0.700	0.900	0.816	0.048
wavelet_w1_q2.png	0.750	0.950	0.855	0.040
wavelet_w1_q3.png	0.850	0.950	0.902	0.031

Таблица 13 — Статистические значения параметра IMSE — коэффициента уменьшения MSE (среднеквадратичного отклонения от референсного изображения) после подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Имя метода	Мин.	Макс.	Среднее	СКО
jpeg_1.png	1.087	1.339	1.185	0.062
jpeg_2.png	1.077	1.270	1.136	0.043
jpeg_3.png	1.069	1.279	1.133	0.042
wavelet_w1_q1.png	1.006	1.066	1.032	0.017
wavelet_w1_q2.png	1.011	1.088	1.036	0.019
wavelet_w1_q3.png	1.011	1.083	1.035	0.017

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На третьем этапе работ «Экспериментальные исследования поставленных перед НИР задач» по проекту «Исследования и разработка методов автоматического обнаружения и подавления артефакта ложного оконтуривания для современных технологий компьютерной обработки изображений» было произведено тестирование разработанных алгоритмов обнаружения и алгоритмов подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях из созданной на предыдущем этапе работ тестовой базы данных.

Тестирование осуществлялось на изображениях трёх классов: фотографические изображения, широко используемые для тестирования алгоритмов обработки изображений; телевизионные изображения, полученные путём аналоговой передачи видеосигнала; синтетические радиально-симметричные изображения.

Для оценки разработанных алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания были взяты изображения с моделированным эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием с помощью различных способов, покрывающих большинство источников возникновения данного артефакта: получение эффекта Гиббса в чистом виде путём воздействия низкочастотных фильтров на изображение; моделирование эффекта ложного оконтуривания при повышении разрешения изображений; моделирование эффекта ложного оконтуривания при подавлении размытия; моделирование эффекта ложного оконтуривания при повышении локального контраста с помощью нерезкого маскирования.

В общей сложности было проведено 2606 тестов, на основании которых был сделан вывод о соответствии результатов тестирования разработанных алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания техническому заданию. Все контрольные тесты были выполнены успешно. Результаты испытаний в полной мере соответствовали теоретическим ожиданиям: при моделировании эффекта Гиббса и ложного оконтуривания алгоритм оценки уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания показывал стабильное его повышение, после применения алгоритма подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания происходило понижение уровня эффекта Гиббса и ложного

оконтуривания одновременно с повышением качества изображения, оцениваемого с помощью среднеквадратичного отклонения от референсного изображения.

Получены статистические значения для коэффициента подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания и уровней эффекта Гиббса и ложного оконтуривания до и после подавления данного эффекта для различных методов моделирования эффекта Гиббса и ложного оконтуривания. Эти значения могут быть использованы для автоматического выбора коэффициента подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания в зависимости от используемого метода обработки изображений, приводящего к возникновению эффекта Гиббса и ложного оконтуривания, или оцениваемого уровня эффекта Гиббса и ложного оконтуривания с помощью разработанного алгоритма.

Составной частью отчета являются следующие результаты, полученные иностранным партнером - институтом СБИС Чжецзянского университета, Китай:

- разработка и тестирование алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях, сжатых JPEG2000 и другими алгоритмами

Выводы по этапу: разработанные алгоритмы обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания успешно прошли тестирование и могут быть включены в прототип программы для ЭВМ для обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания на изображениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов, М.: Мир, 2005, – 671 с.
- 2 A. V. Nasonov, A. S. Krylov. “Adaptive Image Deringing” // In: 19-th International Conference on Computer Graphics GraphiCon'2009. Moscow, Russia, 2009, pp. 151–154.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 — результаты тестирования алгоритмов обнаружения и подавления эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.

Изображение “baboon”					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
reference.png	0.0000	1.3623	1.3623	1.0000	0.0000
jpeg_1.png	314.3746	1.7305	1.4304	0.7000	289.2355
jpeg_2.png	120.7904	1.7734	1.6182	0.8500	112.1339
jpeg_3.png	60.7694	1.8191	1.6587	0.8500	55.6850
wavelet_w1_q1.png	528.6213	1.4913	1.4176	0.8500	525.3550
wavelet_w1_q2.png	342.4131	2.0972	1.8200	0.8500	338.2157
wavelet_w1_q3.png	203.9053	1.7942	1.7085	0.9000	201.5878
regdeblur_sigma2_noise3.png	456.9716	2.0099	2.0099	1.0000	456.9716
regdeblur_sigma4_noise5.png	648.7867	3.5703	3.2103	0.6000	633.4213
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	400.3915	2.1167	2.1167	1.0000	400.3915
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	415.5372	2.6355	2.6355	1.0000	415.5372
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	590.5411	2.8043	2.8043	1.0000	590.5411
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	623.2103	2.4633	2.4345	0.9500	623.1451
blurred_gauss2.png	493.9013	1.7388	1.7388	1.0000	493.9013
blurred_gauss2_noise3.png	498.0387	1.7184	1.7184	1.0000	498.0387
blurred_gauss4.png	656.2905	1.8796	1.8796	1.0000	656.2905
blurred_gauss4_noise5.png	667.4396	1.8918	1.8781	0.4500	661.7484
fourier_2.png	128.5576	1.7585	1.7585	1.0000	128.5576
fourier_4.png	262.2401	2.0089	1.9631	0.9500	262.1923
fourier_8.png	391.3970	2.4408	2.4190	0.9500	391.3219
hermite_2.png	257.5147	1.7133	1.6673	0.9500	257.1649
hermite_4.png	504.1756	1.8417	1.7499	0.9000	503.3786
x2_bicubic.png	299.5288	1.4652	1.4652	1.0000	299.5288
x2_bilinear.png	316.5438	1.4271	1.4271	1.0000	316.5438
x2_lanczos3.png	284.8345	1.5069	1.5069	1.0000	284.8345
x2_reg_high.png	339.6890	1.8399	1.4711	0.6000	286.8082
x2_reg_low.png	366.0468	2.0646	1.5383	0.5500	278.0468
x2_reg_med.png	348.2730	1.9789	1.5407	0.6000	283.2109
x4_bicubic.png	530.7267	1.4296	1.4296	1.0000	530.7267
x4_bilinear.png	551.4670	1.3910	1.3910	1.0000	551.4670
x4_lanczos3.png	520.6864	1.4812	1.4812	1.0000	520.6864
x4_reg_high.png	493.5728	1.6762	1.6376	0.9500	493.3703
x4_reg_low.png	500.7599	1.8655	1.5857	0.7500	490.5028
x4_reg_med.png	494.5767	1.7304	1.5933	0.8500	492.2401
x8_bicubic.png	680.2391	1.4008	1.4008	1.0000	680.2391
x8_bilinear.png	699.4507	1.2930	1.2930	1.0000	699.4507
x8_lanczos3.png	673.0664	1.5145	1.5145	1.0000	673.0664
sharp2.png	263.4817	2.5231	1.6139	0.4500	68.2394

sharp3.png	847.8036	3.2580	1.6765	0.3000	115.6744
sharp4.png	1447.3361	3.7129	1.6618	0.2500	143.5067
sharp5.png	1981.0096	3.9666	1.7010	0.2000	163.8867

Изображение "barbara"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	283.601	1.182	1.182	1.000	283.601
blurred_gauss2_noise3.png	287.645	1.193	1.190	0.850	287.269
blurred_gauss4.png	393.641	1.728	1.728	1.000	393.641
blurred_gauss4_noise5.png	405.206	1.716	1.706	0.450	398.593
fourier_2.png	76.541	1.239	1.209	0.950	76.113
fourier_4.png	194.325	1.341	1.320	0.950	194.118
fourier_8.png	225.452	1.461	1.436	0.900	225.077
hermite_2.png	147.033	1.223	1.160	0.850	145.617
hermite_4.png	298.752	1.394	1.220	0.750	294.576
jpeg_1.png	183.032	1.276	1.103	0.700	161.670
jpeg_2.png	44.720	1.277	1.155	0.850	41.499
jpeg_3.png	19.956	1.226	1.154	0.900	18.671
reference.png	0.000	1.139	1.139	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	267.704	1.480	1.375	0.850	265.501
regdeblur_sigma4_noise5.png	415.025	2.528	1.929	0.400	357.375
sharp2.png	162.171	1.637	1.097	0.450	38.436
sharp3.png	537.689	2.201	1.107	0.300	71.371
sharp4.png	969.637	2.698	1.131	0.250	96.272
sharp5.png	1381.126	3.097	1.162	0.200	119.918
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	238.610	1.375	1.375	1.000	238.610
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	266.330	1.650	1.354	0.650	261.388
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	329.692	2.160	2.160	1.000	329.692
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	396.274	2.634	2.014	0.550	353.948
wavelet_w1_q1.png	234.280	1.246	1.183	0.900	232.258
wavelet_w1_q2.png	106.815	1.276	1.217	0.900	105.671
wavelet_w1_q3.png	46.933	1.272	1.243	0.950	46.243
x2_bicubic.png	183.615	1.138	1.138	1.000	183.615
x2_bilinear.png	187.278	1.122	1.122	1.000	187.278
x2_lanczos3.png	185.253	1.159	1.159	1.000	185.253
x2_reg_high.png	243.794	1.165	1.081	0.550	199.236
x2_reg_low.png	260.581	1.247	1.085	0.500	195.051
x2_reg_med.png	250.985	1.189	1.084	0.550	198.047
x4_bicubic.png	291.313	1.140	1.140	1.000	291.313
x4_bilinear.png	304.491	1.115	1.115	1.000	304.491
x4_lanczos3.png	288.135	1.161	1.161	1.000	288.135
x4_reg_high.png	285.806	1.177	1.133	0.900	284.723
x4_reg_low.png	298.812	1.267	1.128	0.750	290.713
x4_reg_med.png	289.447	1.202	1.130	0.850	286.472

x8_bicubic.png	403.307	1.262	1.262	1.000	403.307
x8_bilinear.png	431.468	1.335	1.335	1.000	431.468
x8_lanczos3.png	393.339	1.312	1.312	1.000	393.339

Изображение "bikes"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	441.909	1.820	1.820	1.000	441.909
blurred_gauss2_noise3.png	445.848	1.845	1.845	1.000	445.848
blurred_gauss4.png	752.613	2.724	2.724	1.000	752.613
blurred_gauss4_noise5.png	764.063	2.814	2.807	0.600	760.326
hermite_2.png	127.443	1.549	1.487	0.900	124.905
hermite_4.png	388.553	2.019	1.825	0.800	383.475
jpeg_1.png	219.993	1.536	1.308	0.700	191.108
jpeg_2.png	68.687	1.444	1.351	0.800	59.978
jpeg_3.png	34.034	1.452	1.386	0.850	29.293
reference.png	0.000	1.254	1.254	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	358.021	1.204	1.204	1.000	358.021
regdeblur_sigma4_noise5.png	654.252	3.621	3.012	0.700	629.175
sharp2.png	145.061	1.740	1.434	0.550	48.670
sharp3.png	467.034	2.463	1.553	0.350	97.857
sharp4.png	857.531	2.693	1.419	0.250	137.725
sharp5.png	1266.027	2.848	1.468	0.250	174.879
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	303.877	2.527	2.527	1.000	303.877
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	351.817	2.957	2.404	0.700	333.484
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	585.629	3.079	3.079	1.000	585.629
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	646.715	3.715	3.016	0.650	615.640
wavelet_w1_q1.png	463.856	1.683	1.537	0.800	454.005
wavelet_w1_q2.png	249.277	1.499	1.418	0.850	242.738
wavelet_w1_q3.png	133.488	1.551	1.459	0.850	129.951
x2_bicubic.png	179.574	1.256	1.256	1.000	179.574
x2_bilinear.png	206.409	1.175	1.175	1.000	206.409
x2_lanczos3.png	165.754	1.318	1.318	1.000	165.754
x2_reg_high.png	179.595	1.533	1.348	0.700	139.553
x2_reg_low.png	209.336	1.624	1.356	0.600	140.286
x2_reg_med.png	188.870	1.587	1.355	0.650	138.970
x4_bicubic.png	462.073	1.337	1.337	1.000	462.073
x4_bilinear.png	507.592	1.252	1.252	1.000	507.592
x4_lanczos3.png	446.154	1.429	1.429	1.000	446.154
x4_reg_high.png	380.542	1.711	1.544	0.900	378.361
x4_reg_low.png	409.168	1.704	1.461	0.750	389.721
x4_reg_med.png	388.081	1.617	1.487	0.850	381.564
x8_bicubic.png	781.995	1.635	1.635	1.000	781.995
x8_bilinear.png	842.728	1.584	1.584	1.000	842.728
x8_lanczos3.png	758.890	1.688	1.688	1.000	758.890

Изображение "boats"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	163.523	1.196	1.196	1.000	163.523
blurred_gauss2_noise3.png	167.390	1.205	1.199	0.800	166.963
blurred_gauss4.png	291.474	1.127	1.127	1.000	291.474
blurred_gauss4_noise5.png	302.567	1.370	1.364	0.400	296.202
fourier_2.png	20.784	1.309	1.261	0.900	20.235
fourier_4.png	51.761	1.374	1.326	0.850	50.790
fourier_8.png	95.859	1.469	1.431	0.850	94.584
hermite_2.png	63.999	1.325	1.165	0.700	58.511
hermite_4.png	175.007	1.627	1.187	0.600	162.784
jpeg_1.png	101.704	1.368	1.111	0.650	86.105
jpeg_2.png	33.281	1.291	1.174	0.800	29.016
jpeg_3.png	18.706	1.245	1.135	0.800	16.108
reference.png	0.000	1.109	1.109	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	134.223	1.534	1.377	0.800	131.621
regdeblur_sigma4_noise5.png	296.965	1.692	1.362	0.350	262.908
sharp2.png	65.556	1.637	1.147	0.450	21.650
sharp3.png	250.604	2.251	1.208	0.250	46.951
sharp4.png	505.462	2.584	1.151	0.200	64.480
sharp5.png	778.013	2.783	1.095	0.150	72.608
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	107.440	1.417	1.417	1.000	107.440
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	138.071	1.782	1.437	0.650	128.447
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	224.459	1.367	1.367	1.000	224.459
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	272.677	1.706	1.380	0.550	259.495
wavelet_w1_q1.png	146.859	1.160	1.110	0.800	143.135
wavelet_w1_q2.png	74.386	1.161	1.104	0.800	71.781
wavelet_w1_q3.png	35.320	1.308	1.207	0.850	33.579
x2_bicubic.png	65.235	1.117	1.117	1.000	65.235
x2_bilinear.png	73.859	1.092	1.092	1.000	73.859
x2_lanczos3.png	60.865	1.160	1.160	1.000	60.865
x2_reg_high.png	70.459	1.355	1.142	0.650	58.139
x2_reg_low.png	85.599	1.485	1.151	0.550	61.065
x2_reg_med.png	74.919	1.400	1.164	0.650	58.542
x4_bicubic.png	173.547	1.134	1.134	1.000	173.547
x4_bilinear.png	190.477	1.110	1.110	1.000	190.477
x4_lanczos3.png	168.054	1.159	1.159	1.000	168.054
x4_reg_high.png	168.382	1.237	1.155	0.850	166.412
x4_reg_low.png	196.148	1.400	1.152	0.650	181.988
x4_reg_med.png	176.510	1.294	1.144	0.750	171.298
x8_bicubic.png	306.742	1.155	1.155	1.000	306.742
x8_bilinear.png	330.441	1.145	1.145	1.000	330.441

x8_lanczos3.png	298.575	1.173	1.173	1.000	298.575
-----------------	---------	-------	-------	-------	---------

Изображение "cameraman"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	358.461	1.096	1.096	1.000	358.461
blurred_gauss2_noise3.png	362.267	1.106	1.105	0.850	361.986
blurred_gauss4.png	622.435	2.092	2.092	1.000	622.435
blurred_gauss4_noise5.png	632.737	2.081	2.068	0.500	627.497
fourier_2.png	59.223	1.375	1.295	0.850	57.450
fourier_4.png	133.247	1.421	1.307	0.800	130.488
fourier_8.png	224.136	1.252	1.178	0.750	220.249
hermite_2.png	118.572	1.410	1.263	0.700	108.384
hermite_4.png	334.467	1.536	1.271	0.600	309.718
jpeg_1.png	156.230	1.433	1.195	0.700	135.639
jpeg_2.png	53.709	1.358	1.200	0.750	45.631
jpeg_3.png	27.804	1.254	1.159	0.800	23.142
reference.png	0.000	1.119	1.119	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	273.188	1.497	1.304	0.800	268.634
regdeblur_sigma4_noise5.png	536.374	3.656	2.989	0.450	487.846
sharp2.png	115.452	1.592	1.220	0.450	43.126
sharp3.png	336.936	1.958	1.254	0.300	76.789
sharp4.png	590.659	1.954	1.158	0.200	97.872
sharp5.png	851.209	1.986	1.207	0.200	112.998
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	247.877	1.394	1.394	1.000	247.877
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	277.550	1.667	1.370	0.650	257.884
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	471.318	3.338	3.338	1.000	471.318
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	521.213	3.843	3.118	0.550	482.540
wavelet_w1_q1.png	315.695	1.312	1.169	0.750	302.326
wavelet_w1_q2.png	125.527	1.320	1.183	0.750	116.138
wavelet_w1_q3.png	52.507	1.257	1.192	0.850	48.923
x2_bicubic.png	162.888	1.153	1.153	1.000	162.888
x2_bilinear.png	180.314	1.098	1.098	1.000	180.314
x2_lanczos3.png	153.716	1.208	1.208	1.000	153.716
x2_reg_high.png	156.032	1.460	1.178	0.650	130.064
x2_reg_low.png	179.035	1.546	1.177	0.550	134.537
x2_reg_med.png	162.561	1.490	1.168	0.600	130.828
x4_bicubic.png	375.708	1.167	1.167	1.000	375.708
x4_bilinear.png	411.302	1.102	1.102	1.000	411.302
x4_lanczos3.png	362.968	1.222	1.222	1.000	362.968
x4_reg_high.png	333.703	1.357	1.177	0.800	322.392
x4_reg_low.png	371.427	1.449	1.148	0.650	338.100
x4_reg_med.png	345.040	1.402	1.173	0.750	327.161
x8_bicubic.png	640.109	1.122	1.122	1.000	640.109

x8_bilinear.png	696.051	1.081	1.081	1.000	696.051
x8_lanczos3.png	617.966	1.182	1.182	1.000	617.966

Изображение "caps"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	66.851	1.194	1.194	1.000	66.851
blurred_gauss2_noise3.png	70.857	1.215	1.198	0.500	68.971
blurred_gauss4.png	117.138	1.165	1.165	1.000	117.138
blurred_gauss4_noise5.png	128.229	1.177	1.169	0.250	119.720
hermite_2.png	29.234	1.418	1.272	0.700	27.411
hermite_4.png	70.833	1.519	1.228	0.600	67.085
jpeg_1.png	59.074	1.418	1.115	0.600	49.273
jpeg_2.png	18.749	1.399	1.241	0.750	16.341
jpeg_3.png	10.397	1.377	1.266	0.800	9.082
reference.png	0.000	1.204	1.204	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	63.317	1.814	1.322	0.450	53.761
regdeblur_sigma4_noise5.png	137.973	1.876	1.360	0.150	92.338
sharp2.png	26.557	1.806	1.283	0.450	9.630
sharp3.png	99.302	2.262	1.166	0.250	19.899
sharp4.png	208.894	2.706	1.113	0.150	28.353
sharp5.png	345.195	2.751	1.128	0.150	35.332
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	46.704	1.475	1.475	1.000	46.704
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	58.310	1.908	1.381	0.550	51.664
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	86.756	1.424	1.404	0.950	86.731
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	108.847	1.820	1.379	0.350	89.755
wavelet_w1_q1.png	55.123	1.381	1.214	0.750	52.794
wavelet_w1_q2.png	24.677	1.417	1.328	0.850	23.813
wavelet_w1_q3.png	10.200	1.412	1.360	0.900	9.798
x2_bicubic.png	29.263	1.164	1.164	1.000	29.263
x2_bilinear.png	32.833	1.126	1.126	1.000	32.833
x2_lanczos3.png	27.779	1.211	1.211	1.000	27.779
x2_reg_high.png	28.701	1.372	1.171	0.700	25.257
x2_reg_low.png	36.092	1.518	1.173	0.550	26.553
x2_reg_med.png	30.805	1.423	1.174	0.650	25.514
x4_bicubic.png	73.044	1.170	1.170	1.000	73.044
x4_bilinear.png	79.921	1.121	1.121	1.000	79.921
x4_lanczos3.png	68.743	1.217	1.217	1.000	68.743
x4_reg_high.png	58.346	1.253	1.223	0.950	58.307
x4_reg_low.png	68.887	1.422	1.166	0.700	65.451
x4_reg_med.png	61.029	1.305	1.200	0.850	60.411
x8_bicubic.png	126.685	1.143	1.143	1.000	126.685
x8_bilinear.png	138.647	1.107	1.107	1.000	138.647
x8_lanczos3.png	120.953	1.191	1.191	1.000	120.953

Изображение "house"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	140.334	1.136	1.136	1.000	140.334
blurred_gauss2_noise3.png	144.355	1.147	1.142	0.750	143.684
blurred_gauss4.png	211.215	2.221	2.221	1.000	211.215
blurred_gauss4_noise5.png	222.423	2.320	2.296	0.300	214.677
hermite_2.png	52.258	1.573	1.478	0.850	50.955
hermite_4.png	140.016	1.457	1.275	0.700	137.018
jpeg_1.png	104.881	1.521	1.194	0.650	91.835
jpeg_2.png	36.793	1.722	1.518	0.800	33.454
jpeg_3.png	21.343	1.675	1.531	0.850	19.406
reference.png	0.000	1.426	1.426	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	119.688	1.514	1.431	0.850	118.935
regdeblur_sigma4_noise5.png	220.412	2.984	2.488	0.350	191.614
sharp2.png	55.322	2.103	1.412	0.450	20.331
sharp3.png	199.670	2.563	1.339	0.250	42.431
sharp4.png	404.473	2.139	1.084	0.200	58.121
sharp5.png	647.140	2.637	1.074	0.150	68.564
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	104.159	1.325	1.325	1.000	104.159
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	113.707	1.616	1.488	0.800	113.112
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	176.606	2.336	2.336	1.000	176.606
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	190.653	3.052	2.577	0.700	187.829
wavelet_w1_q1.png	118.238	1.320	1.188	0.750	115.508
wavelet_w1_q2.png	68.664	1.346	1.263	0.850	67.244
wavelet_w1_q3.png	39.010	1.367	1.309	0.900	38.363
x2_bicubic.png	66.244	1.217	1.217	1.000	66.244
x2_bilinear.png	72.508	1.153	1.153	1.000	72.508
x2_lanczos3.png	62.708	1.288	1.288	1.000	62.708
x2_reg_high.png	70.175	1.766	1.477	0.700	62.722
x2_reg_low.png	81.028	1.820	1.395	0.550	62.778
x2_reg_med.png	73.353	1.731	1.425	0.650	62.476
x4_bicubic.png	146.828	1.126	1.126	1.000	146.828
x4_bilinear.png	155.640	1.109	1.109	1.000	155.640
x4_lanczos3.png	143.881	1.178	1.178	1.000	143.881
x4_reg_high.png	136.259	1.181	1.181	1.000	136.259
x4_reg_low.png	144.730	1.306	1.183	0.750	141.455
x4_reg_med.png	138.165	1.217	1.181	0.900	137.892
x8_bicubic.png	219.791	1.231	1.231	1.000	219.791
x8_bilinear.png	230.840	1.284	1.284	1.000	230.840
x8_lanczos3.png	214.967	1.275	1.275	1.000	214.967

Изображение "house2"

Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	120.364	1.749	1.749	1.000	120.364
blurred_gauss2_noise3.png	124.308	1.759	1.746	0.700	123.178
blurred_gauss4.png	293.387	2.131	2.131	1.000	293.387
blurred_gauss4_noise5.png	303.965	2.151	2.139	0.450	298.397
fourier_2.png	10.489	1.382	1.313	0.900	10.280
fourier_4.png	29.756	1.408	1.302	0.800	28.812
fourier_8.png	50.570	3.112	2.999	0.750	48.387
hermite_2.png	46.775	1.524	1.167	0.550	36.494
hermite_4.png	132.692	1.670	1.177	0.500	106.089
jpeg_1.png	67.112	1.465	1.159	0.700	53.559
jpeg_2.png	20.431	1.447	1.216	0.750	17.792
jpeg_3.png	11.828	1.449	1.275	0.800	10.189
reference.png	0.000	1.159	1.159	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	98.179	2.547	1.888	0.600	73.955
regdeblur_sigma4_noise5.png	257.948	4.275	3.463	0.350	206.197
sharp2.png	38.766	1.864	1.220	0.400	20.256
sharp3.png	142.746	2.550	1.064	0.200	34.606
sharp4.png	285.330	3.100	1.062	0.150	42.924
sharp5.png	451.705	3.568	1.072	0.150	53.115
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	62.739	1.443	1.370	0.900	62.490
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	109.041	1.861	1.162	0.500	69.481
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	186.521	3.421	3.421	1.000	186.521
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	238.577	4.268	3.494	0.550	200.805
wavelet_w1_q1.png	148.154	1.518	1.195	0.700	138.936
wavelet_w1_q2.png	47.142	1.428	1.262	0.800	43.797
wavelet_w1_q3.png	21.174	1.451	1.329	0.850	19.896
x2_bicubic.png	37.285	1.204	1.204	1.000	37.285
x2_bilinear.png	44.388	1.153	1.153	1.000	44.388
x2_lanczos3.png	34.446	1.264	1.264	1.000	34.446
x2_reg_high.png	40.037	1.361	1.106	0.650	34.183
x2_reg_low.png	51.880	1.517	1.099	0.550	37.514
x2_reg_med.png	43.153	1.402	1.138	0.650	34.850
x4_bicubic.png	126.948	1.162	1.162	1.000	126.948
x4_bilinear.png	151.535	1.104	1.104	1.000	151.535
x4_lanczos3.png	116.137	1.231	1.231	1.000	116.137
x4_reg_high.png	111.119	1.301	1.080	0.750	104.572
x4_reg_low.png	142.728	1.468	1.067	0.600	120.213
x4_reg_med.png	120.682	1.346	1.076	0.700	109.486
x8_bicubic.png	330.356	1.685	1.685	1.000	330.356
x8_bilinear.png	367.130	1.496	1.496	1.000	367.130
x8_lanczos3.png	306.350	1.883	1.883	1.000	306.350

Изображение "lena"

Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	94.341	1.387	1.387	1.000	94.341
blurred_gauss2_noise3.png	98.423	1.402	1.392	0.750	97.522
blurred_gauss4.png	213.881	1.250	1.250	1.000	213.881
blurred_gauss4_noise5.png	224.859	1.249	1.242	0.400	218.406
fourier_2.png	8.355	1.220	1.213	0.950	8.310
fourier_4.png	20.691	1.442	1.417	0.900	20.489
fourier_8.png	43.659	1.775	1.701	0.850	42.996
hermite_2.png	22.160	1.276	1.230	0.800	20.068
hermite_4.png	80.417	1.563	1.384	0.700	74.147
jpeg_1.png	64.979	1.311	1.146	0.700	54.160
jpeg_2.png	20.079	1.243	1.180	0.800	18.007
jpeg_3.png	12.399	1.229	1.196	0.850	11.283
reference.png	0.000	1.103	1.103	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	81.459	1.992	1.601	0.750	73.480
regdeblur_sigma4_noise5.png	215.514	2.163	1.414	0.350	162.821
sharp2.png	30.278	1.404	1.222	0.450	14.495
sharp3.png	109.407	1.638	1.161	0.250	28.374
sharp4.png	220.544	1.834	1.176	0.200	37.996
sharp5.png	351.755	1.946	1.127	0.150	45.060
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	53.214	1.825	1.825	1.000	53.214
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	85.634	2.108	1.489	0.600	69.877
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	140.421	1.687	1.687	1.000	140.421
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	197.755	2.208	1.436	0.450	159.739
wavelet_w1_q1.png	84.385	1.314	1.213	0.800	81.595
wavelet_w1_q2.png	34.911	1.297	1.240	0.850	33.778
wavelet_w1_q3.png	17.695	1.313	1.284	0.900	17.240
x2_bicubic.png	27.955	1.165	1.165	1.000	27.955
x2_bilinear.png	34.731	1.136	1.136	1.000	34.731
x2_lanczos3.png	24.493	1.182	1.182	1.000	24.493
x2_reg_high.png	30.340	1.236	1.154	0.750	26.469
x2_reg_low.png	37.552	1.266	1.157	0.650	27.351
x2_reg_med.png	32.074	1.255	1.152	0.700	26.340
x4_bicubic.png	95.166	1.226	1.226	1.000	95.166
x4_bilinear.png	112.869	1.182	1.182	1.000	112.869
x4_lanczos3.png	87.745	1.273	1.273	1.000	87.745
x4_reg_high.png	81.626	1.314	1.258	0.900	80.802
x4_reg_low.png	100.216	1.407	1.241	0.750	91.923
x4_reg_med.png	86.943	1.339	1.251	0.850	84.303
x8_bicubic.png	223.351	1.246	1.246	1.000	223.351
x8_bilinear.png	255.984	1.163	1.163	1.000	255.984
x8_lanczos3.png	209.117	1.304	1.304	1.000	209.117

Изображение "lighthouse"

Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	285.431	1.246	1.246	1.000	285.431
blurred_gauss2_noise3.png	289.313	1.277	1.274	0.850	289.077
blurred_gauss4.png	440.324	1.436	1.436	1.000	440.324
blurred_gauss4_noise5.png	451.764	1.502	1.494	0.350	445.057
hermite_2.png	96.932	1.699	1.503	0.800	94.737
hermite_4.png	273.706	1.641	1.397	0.700	268.843
jpeg_1.png	123.061	1.701	1.325	0.700	106.877
jpeg_2.png	40.493	1.878	1.557	0.800	36.245
jpeg_3.png	22.985	1.754	1.586	0.850	20.546
reference.png	0.000	1.607	1.607	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	235.459	1.777	1.777	1.000	235.459
regdeblur_sigma4_noise5.png	405.312	1.975	1.511	0.350	373.551
sharp2.png	107.487	2.756	1.512	0.400	45.932
sharp3.png	343.194	3.594	1.081	0.200	87.689
sharp4.png	614.892	4.231	1.085	0.150	113.705
sharp5.png	889.106	4.755	1.229	0.150	133.931
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	208.797	1.618	1.618	1.000	208.797
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	225.264	1.991	1.967	0.950	225.212
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	359.334	1.698	1.698	1.000	359.334
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	378.559	1.924	1.576	0.650	369.214
wavelet_w1_q1.png	149.423	1.607	1.385	0.850	145.070
wavelet_w1_q2.png	70.985	1.583	1.427	0.850	68.623
wavelet_w1_q3.png	35.930	1.546	1.463	0.900	34.955
x2_bicubic.png	132.245	1.220	1.220	1.000	132.245
x2_bilinear.png	143.977	1.165	1.165	1.000	143.977
x2_lanczos3.png	125.381	1.418	1.418	1.000	125.381
x2_reg_high.png	139.401	2.228	1.632	0.650	120.768
x2_reg_low.png	150.222	2.405	1.600	0.550	118.836
x2_reg_med.png	142.694	2.299	1.596	0.600	119.796
x4_bicubic.png	303.989	1.268	1.268	1.000	303.989
x4_bilinear.png	321.352	1.191	1.191	1.000	321.352
x4_lanczos3.png	299.956	1.275	1.275	1.000	299.956
x4_reg_high.png	282.362	1.360	1.261	0.850	281.018
x4_reg_low.png	297.905	1.500	1.247	0.700	288.402
x4_reg_med.png	286.882	1.401	1.258	0.800	283.417
x8_bicubic.png	461.894	1.215	1.215	1.000	461.894
x8_bilinear.png	483.838	1.186	1.186	1.000	483.838
x8_lanczos3.png	455.514	1.273	1.273	1.000	455.514

Изображение "lighthouse2"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	232.737	1.217	1.217	1.000	232.737
blurred_gauss2_noise3.png	236.791	1.229	1.226	0.850	236.471

blurred_gauss4.png	373.209	1.605	1.605	1.000	373.209
blurred_gauss4_noise5.png	384.116	1.610	1.602	0.400	377.761
hermite_2.png	86.556	1.560	1.355	0.800	84.301
hermite_4.png	225.027	1.711	1.387	0.700	220.142
jpeg_1.png	134.526	1.415	1.174	0.700	119.149
jpeg_2.png	46.623	1.663	1.346	0.800	42.173
jpeg_3.png	25.738	1.531	1.332	0.850	22.969
reference.png	0.000	1.389	1.389	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	193.019	1.628	1.501	0.850	191.671
regdeblur_sigma4_noise5.png	356.558	2.755	2.242	0.400	325.759
sharp2.png	92.511	2.313	1.308	0.450	29.999
sharp3.png	314.849	3.057	1.150	0.250	59.369
sharp4.png	594.135	3.286	1.285	0.200	78.938
sharp5.png	888.856	3.713	1.279	0.150	94.805
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	168.462	1.543	1.543	1.000	168.462
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	192.685	1.900	1.562	0.700	186.412
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	299.095	2.236	2.236	1.000	299.095
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	331.650	2.732	2.258	0.650	320.967
wavelet_w1_q1.png	181.838	1.391	1.254	0.850	179.169
wavelet_w1_q2.png	95.666	1.515	1.368	0.850	93.715
wavelet_w1_q3.png	45.515	1.419	1.313	0.900	43.927
x2_bicubic.png	106.841	1.200	1.200	1.000	106.841
x2_bilinear.png	116.924	1.208	1.208	1.000	116.924
x2_lanczos3.png	102.081	1.260	1.260	1.000	102.081
x2_reg_high.png	120.427	1.444	1.150	0.650	98.971
x2_reg_low.png	134.658	1.698	1.191	0.550	97.757
x2_reg_med.png	125.098	1.502	1.144	0.600	98.384
x4_bicubic.png	245.383	1.229	1.229	1.000	245.383
x4_bilinear.png	263.792	1.181	1.181	1.000	263.792
x4_lanczos3.png	238.551	1.275	1.275	1.000	238.551
x4_reg_high.png	222.052	1.358	1.258	0.900	221.361
x4_reg_low.png	234.737	1.570	1.240	0.750	226.559
x4_reg_med.png	225.526	1.439	1.268	0.850	223.007
x8_bicubic.png	390.592	1.156	1.156	1.000	390.592
x8_bilinear.png	415.529	1.069	1.069	1.000	415.529
x8_lanczos3.png	382.311	1.171	1.171	1.000	382.311

Изображение "monarch"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	178.975	1.412	1.412	1.000	178.975
blurred_gauss2_noise3.png	182.866	1.714	1.709	0.850	182.367
blurred_gauss4.png	437.991	2.569	2.569	1.000	437.991
blurred_gauss4_noise5.png	448.812	2.602	2.585	0.550	444.732
hermite_2.png	24.708	1.276	1.162	0.750	20.844

hermite_4.png	114.416	2.038	1.823	0.750	106.806
jpeg_1.png	80.549	1.300	1.112	0.700	61.322
jpeg_2.png	22.611	1.268	1.153	0.800	17.798
jpeg_3.png	12.271	1.224	1.126	0.800	9.591
reference.png	0.000	1.111	1.111	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	127.082	2.401	2.150	0.800	112.465
regdeblur_sigma4_noise5.png	332.065	6.412	5.361	0.600	293.655
sharp2.png	45.757	1.498	1.128	0.500	20.244
sharp3.png	135.298	1.659	1.068	0.350	40.382
sharp4.png	228.754	1.758	1.068	0.300	54.490
sharp5.png	321.260	1.812	1.067	0.250	62.061
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	95.632	2.406	2.304	0.900	95.194
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	163.683	3.283	2.342	0.600	106.995
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	267.266	4.789	4.789	1.000	267.266
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	322.258	6.765	5.486	0.650	285.756
wavelet_w1_q1.png	128.240	1.534	1.421	0.800	120.834
wavelet_w1_q2.png	47.932	1.499	1.371	0.800	44.062
wavelet_w1_q3.png	17.151	1.411	1.377	0.900	15.844
x2_bicubic.png	49.279	1.107	1.107	1.000	49.279
x2_bilinear.png	62.022	1.091	1.091	1.000	62.022
x2_lanczos3.png	43.019	1.134	1.134	1.000	43.019
x2_reg_high.png	41.901	1.268	1.124	0.750	30.362
x2_reg_low.png	51.964	1.498	1.138	0.650	31.843
x2_reg_med.png	44.817	1.430	1.117	0.700	30.659
x4_bicubic.png	180.723	1.129	1.129	1.000	180.723
x4_bilinear.png	219.210	1.125	1.125	1.000	219.210
x4_lanczos3.png	164.845	1.112	1.112	1.000	164.845
x4_reg_high.png	119.519	1.110	1.105	0.850	115.276
x4_reg_low.png	140.576	1.144	1.095	0.750	124.823
x4_reg_med.png	125.642	1.116	1.095	0.800	118.163
x8_bicubic.png	465.105	1.766	1.766	1.000	465.105
x8_bilinear.png	524.281	1.678	1.678	1.000	524.281
x8_lanczos3.png	437.631	1.807	1.807	1.000	437.631

Изображение "mri1"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	114.951	1.684	1.684	1.000	114.951
blurred_gauss2_noise3.png	118.889	1.696	1.683	0.750	118.133
blurred_gauss4.png	236.352	2.200	2.200	1.000	236.352
blurred_gauss4_noise5.png	246.994	2.200	2.182	0.400	240.795
hermite_2.png	27.286	1.724	1.708	0.950	27.105
hermite_4.png	90.831	1.221	1.181	0.850	89.857
jpeg_1.png	79.125	1.707	1.441	0.700	68.822
jpeg_2.png	28.340	1.737	1.635	0.800	25.970

jpeg_3.png	17.942	1.763	1.682	0.800	16.481
reference.png	0.000	1.323	1.323	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	101.359	2.562	2.081	0.700	93.664
regdeblur_sigma4_noise5.png	223.492	4.112	3.344	0.350	189.278
sharp2.png	41.497	2.307	1.910	0.450	18.335
sharp3.png	150.979	2.625	1.585	0.200	39.738
sharp4.png	306.798	2.931	1.547	0.150	53.351
sharp5.png	492.499	2.994	1.320	0.100	66.251
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	70.481	2.280	2.280	1.000	70.481
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	105.100	2.831	2.086	0.600	90.218
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	163.964	3.169	3.169	1.000	163.964
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	204.604	4.207	3.520	0.600	185.298
wavelet_w1_q1.png	81.925	1.807	1.684	0.850	79.857
wavelet_w1_q2.png	38.787	2.007	1.934	0.900	38.053
wavelet_w1_q3.png	22.073	2.040	1.988	0.900	21.669
x2_bicubic.png	40.907	1.273	1.273	1.000	40.907
x2_bilinear.png	47.981	1.321	1.321	1.000	47.981
x2_lanczos3.png	37.406	1.303	1.303	1.000	37.406
x2_reg_high.png	46.348	1.904	1.668	0.700	40.556
x2_reg_low.png	51.524	1.968	1.659	0.600	38.406
x2_reg_med.png	47.855	1.925	1.638	0.650	39.746
x4_bicubic.png	117.715	1.442	1.442	1.000	117.715
x4_bilinear.png	135.665	1.375	1.375	1.000	135.665
x4_lanczos3.png	110.161	1.499	1.499	1.000	110.161
x4_reg_high.png	95.176	1.438	1.393	0.950	94.789
x4_reg_low.png	97.588	1.060	1.038	0.800	93.455
x4_reg_med.png	95.619	1.161	1.125	0.900	94.240
x8_bicubic.png	242.558	2.098	2.098	1.000	242.558
x8_bilinear.png	271.891	1.884	1.884	1.000	271.891
x8_lanczos3.png	230.104	2.217	2.217	1.000	230.104

Изображение "mri2"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	45.460	1.142	1.142	1.000	45.460
blurred_gauss2_noise3.png	49.302	1.147	1.142	0.700	48.294
blurred_gauss4.png	128.549	1.977	1.977	1.000	128.549
blurred_gauss4_noise5.png	139.001	1.984	1.966	0.400	132.727
fourier_2.png	0.740	1.082	1.082	1.000	0.740
fourier_4.png	1.822	1.179	1.171	0.950	1.812
fourier_8.png	14.664	1.281	1.271	0.950	14.526
hermite_2.png	3.297	1.077	1.077	1.000	3.297
hermite_4.png	33.278	1.156	1.144	0.900	33.035
jpeg_1.png	45.292	1.079	1.078	0.750	37.137
jpeg_2.png	8.899	1.236	1.198	0.800	7.408

jpeg_3.png	4.035	1.087	1.080	0.850	3.483
reference.png	0.000	1.096	1.096	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	49.633	1.322	1.208	0.700	44.598
regdeblur_sigma4_noise5.png	154.485	3.231	2.311	0.200	105.167
sharp2.png	9.594	1.356	1.249	0.650	4.794
sharp3.png	36.684	1.474	1.220	0.450	12.786
sharp4.png	79.787	1.576	1.205	0.350	21.497
sharp5.png	136.724	1.638	1.164	0.250	29.376
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	21.098	1.242	1.242	1.000	21.098
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	47.944	1.384	1.221	0.650	41.981
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	72.582	2.754	2.754	1.000	72.582
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	136.553	3.193	2.317	0.350	102.725
wavelet_w1_q1.png	37.424	1.121	1.106	0.900	36.788
wavelet_w1_q2.png	13.726	1.129	1.113	0.900	13.472
wavelet_w1_q3.png	4.704	1.136	1.130	0.950	4.592
x2_bicubic.png	8.076	1.086	1.086	1.000	8.076
x2_bilinear.png	12.119	1.090	1.090	1.000	12.119
x2_lanczos3.png	5.205	1.087	1.087	1.000	5.205
x2_reg_high.png	11.047	1.219	1.192	0.850	9.965
x2_reg_low.png	10.652	1.247	1.202	0.800	7.708
x2_reg_med.png	10.942	1.229	1.193	0.800	9.216
x4_bicubic.png	50.678	1.108	1.108	1.000	50.678
x4_bilinear.png	61.634	1.099	1.099	1.000	61.634
x4_lanczos3.png	45.013	1.120	1.120	1.000	45.013
x4_reg_high.png	41.354	1.114	1.114	1.000	41.354
x4_reg_low.png	39.214	1.127	1.112	0.900	38.404
x4_reg_med.png	40.400	1.114	1.114	1.000	40.400
x8_bicubic.png	142.371	1.145	1.145	1.000	142.371
x8_bilinear.png	171.477	1.126	1.126	1.000	171.477
x8_lanczos3.png	127.633	1.175	1.175	1.000	127.633

Изображение "mri3"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	95.821	1.772	1.772	1.000	95.821
blurred_gauss2_noise3.png	99.594	1.745	1.736	0.800	98.989
blurred_gauss4.png	247.124	2.180	2.180	1.000	247.124
blurred_gauss4_noise5.png	258.827	2.185	2.170	0.450	253.263
fourier_2.png	1.638	1.432	1.422	0.950	1.513
fourier_4.png	10.955	1.918	1.878	0.900	10.576
fourier_8.png	35.098	2.792	2.724	0.850	34.292
hermite_2.png	7.109	1.421	1.410	0.950	6.958
hermite_4.png	56.283	1.745	1.691	0.900	55.519
jpeg_1.png	56.616	1.463	1.330	0.750	47.510
jpeg_2.png	11.287	1.463	1.401	0.850	9.594

jpeg_3.png	5.348	1.440	1.408	0.900	4.523
reference.png	0.000	1.145	1.145	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	82.708	2.461	2.077	0.750	72.991
regdeblur_sigma4_noise5.png	217.948	3.881	3.143	0.450	186.135
sharp2.png	22.206	1.650	1.409	0.600	9.733
sharp3.png	82.704	1.881	1.420	0.450	23.515
sharp4.png	172.525	2.066	1.396	0.350	37.196
sharp5.png	283.223	2.264	1.302	0.250	49.552
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	45.152	2.221	2.221	1.000	45.152
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	92.721	2.706	2.115	0.650	70.787
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	150.767	3.082	3.082	1.000	150.767
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	198.250	3.941	3.193	0.650	181.645
wavelet_w1_q1.png	59.119	1.576	1.482	0.850	56.618
wavelet_w1_q2.png	16.989	1.684	1.621	0.900	16.305
wavelet_w1_q3.png	5.226	1.724	1.697	0.950	5.055
x2_bicubic.png	20.857	1.192	1.192	1.000	20.857
x2_bilinear.png	28.685	1.138	1.138	1.000	28.685
x2_lanczos3.png	16.400	1.262	1.262	1.000	16.400
x2_reg_high.png	22.265	1.453	1.360	0.800	18.268
x2_reg_low.png	24.022	1.549	1.396	0.700	16.410
x2_reg_med.png	22.512	1.475	1.351	0.750	17.365
x4_bicubic.png	98.763	1.487	1.487	1.000	98.763
x4_bilinear.png	121.003	1.407	1.407	1.000	121.003
x4_lanczos3.png	89.394	1.534	1.534	1.000	89.394
x4_reg_high.png	72.109	1.641	1.627	0.950	71.833
x4_reg_low.png	72.806	1.810	1.689	0.850	69.813
x4_reg_med.png	72.024	1.704	1.640	0.900	71.048
x8_bicubic.png	261.922	1.703	1.703	1.000	261.922
x8_bilinear.png	298.530	1.586	1.586	1.000	298.530
x8_lanczos3.png	245.682	1.838	1.838	1.000	245.682

Изображение "оcean"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	103.786	1.376	1.376	1.000	103.786
blurred_gauss2_noise3.png	107.625	1.336	1.323	0.600	106.429
blurred_gauss4.png	148.376	1.901	1.901	1.000	148.376
blurred_gauss4_noise5.png	159.786	1.829	1.807	0.250	151.247
hermite_2.png	47.562	1.267	1.240	0.850	46.789
hermite_4.png	112.530	1.449	1.325	0.700	109.737
jpeg_1.png	89.172	1.779	1.379	0.650	78.103
jpeg_2.png	30.413	1.457	1.346	0.800	27.400
jpeg_3.png	17.174	1.437	1.363	0.850	15.414
reference.png	0.000	1.202	1.202	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	95.534	1.943	1.755	0.700	92.605

regdeblur_sigma4_noise5.png	171.674	2.853	2.217	0.250	138.049
sharp2.png	51.927	1.598	1.213	0.450	15.725
sharp3.png	196.752	2.117	1.300	0.250	33.159
sharp4.png	407.889	2.664	1.296	0.150	45.757
sharp5.png	660.001	2.948	1.420	0.150	57.315
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	81.727	1.722	1.722	1.000	81.727
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	89.155	2.316	2.152	0.800	88.694
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	125.325	2.490	2.490	1.000	125.325
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	140.987	2.972	2.239	0.600	135.657
wavelet_w1_q1.png	85.641	1.378	1.264	0.800	84.331
wavelet_w1_q2.png	46.641	1.413	1.333	0.850	45.222
wavelet_w1_q3.png	22.004	1.154	1.130	0.900	21.322
x2_bicubic.png	55.843	1.161	1.161	1.000	55.843
x2_bilinear.png	58.946	1.118	1.118	1.000	58.946
x2_lanczos3.png	55.130	1.179	1.179	1.000	55.130
x2_reg_high.png	63.497	1.645	1.386	0.650	56.362
x2_reg_low.png	71.260	1.969	1.497	0.550	55.523
x2_reg_med.png	65.993	1.825	1.503	0.650	55.991
x4_bicubic.png	116.440	1.420	1.420	1.000	116.440
x4_bilinear.png	121.710	1.382	1.382	1.000	121.710
x4_lanczos3.png	111.881	1.339	1.339	1.000	111.881
x4_reg_high.png	109.678	1.547	1.547	1.000	109.678
x4_reg_low.png	119.288	1.511	1.354	0.750	116.664
x4_reg_med.png	111.848	1.411	1.363	0.900	111.626
x8_bicubic.png	162.264	1.197	1.197	1.000	162.264
x8_bilinear.png	170.081	1.180	1.180	1.000	170.081
x8_lanczos3.png	158.527	1.219	1.219	1.000	158.527
blurred_gauss2.png	103.786	1.376	1.376	1.000	103.786
blurred_gauss2_noise3.png	107.625	1.336	1.323	0.600	106.429
blurred_gauss4.png	148.376	1.901	1.901	1.000	148.376

Изображение "paintedhouse"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	310.558	1.388	1.388	1.000	310.558
blurred_gauss2_noise3.png	314.750	1.403	1.398	0.900	314.691
blurred_gauss4.png	457.590	1.797	1.797	1.000	457.590
blurred_gauss4_noise5.png	469.087	1.817	1.801	0.400	462.905
hermite_2.png	150.252	1.960	1.630	0.850	147.953
hermite_4.png	325.927	1.809	1.514	0.700	319.735
jpeg_1.png	182.187	1.280	1.140	0.700	165.351
jpeg_2.png	60.002	1.658	1.464	0.800	54.640
jpeg_3.png	29.815	1.733	1.524	0.850	26.553
reference.png	0.000	1.445	1.445	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	267.023	1.854	1.854	1.000	267.023

regdeblur_sigma4_noise5.png	437.349	2.989	2.707	0.500	408.120
sharp2.png	113.290	1.685	1.134	0.500	41.608
sharp3.png	366.518	2.568	1.102	0.300	85.283
sharp4.png	675.822	3.221	1.114	0.250	117.408
sharp5.png	1004.674	3.392	1.176	0.200	144.469
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	239.369	1.878	1.878	1.000	239.369
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	260.323	2.441	2.017	0.750	257.658
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	381.752	2.335	2.335	1.000	381.752
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	413.472	3.178	2.684	0.650	401.734
wavelet_w1_q1.png	276.576	1.197	1.163	0.850	274.484
wavelet_w1_q2.png	151.871	1.530	1.408	0.850	148.647
wavelet_w1_q3.png	76.522	1.616	1.561	0.900	74.414
x2_bicubic.png	156.963	1.255	1.255	1.000	156.963
x2_bilinear.png	170.707	1.229	1.229	1.000	170.707
x2_lanczos3.png	149.246	1.388	1.388	1.000	149.246
x2_reg_high.png	163.046	1.205	1.075	0.700	141.412
x2_reg_low.png	182.418	1.445	1.089	0.600	142.230
x2_reg_med.png	169.177	1.249	1.091	0.650	141.187
x4_bicubic.png	324.257	1.231	1.231	1.000	324.257
x4_bilinear.png	343.815	1.169	1.169	1.000	343.815
x4_lanczos3.png	317.312	1.272	1.272	1.000	317.312
x4_reg_high.png	295.544	1.352	1.311	0.950	295.347
x4_reg_low.png	308.225	1.398	1.239	0.750	300.635
x4_reg_med.png	298.433	1.411	1.276	0.850	296.764
x8_bicubic.png	476.716	1.463	1.463	1.000	476.716
x8_bilinear.png	500.432	1.207	1.207	1.000	500.432
x8_lanczos3.png	469.180	1.281	1.281	1.000	469.180

Изображение "parrots"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	71.379	1.259	1.259	1.000	71.379
blurred_gauss2_noise3.png	75.463	1.302	1.290	0.550	73.875
blurred_gauss4.png	125.510	1.388	1.388	1.000	125.510
blurred_gauss4_noise5.png	136.625	1.397	1.380	0.250	128.131
hermite_2.png	14.140	1.388	1.304	0.750	12.836
hermite_4.png	59.954	1.386	1.237	0.700	56.777
jpeg_1.png	46.372	1.528	1.187	0.700	38.103
jpeg_2.png	12.825	1.367	1.266	0.800	11.377
jpeg_3.png	7.471	1.370	1.303	0.850	6.725
reference.png	0.000	1.227	1.227	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	59.883	1.807	1.590	0.600	54.073
regdeblur_sigma4_noise5.png	149.558	2.341	1.687	0.200	111.653
sharp2.png	22.174	1.694	1.303	0.400	11.909
sharp3.png	71.681	2.063	1.245	0.250	23.217

sharp4.png	135.318	2.340	1.216	0.200	31.050
sharp5.png	208.073	2.986	1.192	0.150	35.135
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	45.458	1.563	1.563	1.000	45.458
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	52.668	1.819	1.622	0.750	50.607
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	98.574	1.707	1.707	1.000	98.574
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	120.017	2.194	1.665	0.450	109.682
wavelet_w1_q1.png	37.802	1.210	1.145	0.850	36.623
wavelet_w1_q2.png	14.456	1.232	1.192	0.900	14.160
wavelet_w1_q3.png	6.390	1.241	1.221	0.950	6.274
x2_bicubic.png	24.274	1.143	1.143	1.000	24.274
x2_bilinear.png	29.273	1.099	1.099	1.000	29.273
x2_lanczos3.png	21.378	1.185	1.185	1.000	21.378
x2_reg_high.png	24.408	1.424	1.258	0.750	21.575
x2_reg_low.png	28.284	1.519	1.276	0.650	21.987
x2_reg_med.png	25.508	1.492	1.219	0.700	21.601
x4_bicubic.png	75.077	1.179	1.179	1.000	75.077
x4_bilinear.png	82.727	1.138	1.138	1.000	82.727
x4_lanczos3.png	72.223	1.204	1.204	1.000	72.223
x4_reg_high.png	65.403	1.316	1.292	0.950	65.302
x4_reg_low.png	72.625	1.436	1.245	0.750	69.731
x4_reg_med.png	67.277	1.332	1.244	0.850	66.670
x8_bicubic.png	129.694	1.329	1.329	1.000	129.694
x8_bilinear.png	141.136	1.232	1.232	1.000	141.136
x8_lanczos3.png	125.586	1.321	1.321	1.000	125.586

Изображение "peppers"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	102.252	1.195	1.195	1.000	102.252
blurred_gauss2_noise3.png	106.146	1.192	1.187	0.750	105.082
blurred_gauss4.png	241.437	1.435	1.435	1.000	241.437
blurred_gauss4_noise5.png	252.200	1.432	1.428	0.500	246.592
fourier_2.png	14.811	1.236	1.208	0.900	14.590
fourier_4.png	31.512	1.327	1.278	0.850	30.823
fourier_8.png	55.079	1.329	1.306	0.850	53.816
hermite_2.png	47.776	1.257	1.196	0.800	46.328
hermite_4.png	104.829	1.321	1.190	0.750	100.933
jpeg_1.png	68.774	1.332	1.114	0.700	54.894
jpeg_2.png	24.697	1.275	1.179	0.800	22.111
jpeg_3.png	16.934	1.218	1.158	0.800	15.689
reference.png	0.000	1.128	1.128	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	86.811	1.533	1.309	0.750	73.854
regdeblur_sigma4_noise5.png	241.817	1.909	1.580	0.400	183.263
sharp2.png	31.349	1.498	1.288	0.450	17.683
sharp3.png	108.570	1.845	1.160	0.200	31.780

sharp4.png	213.596	2.046	1.130	0.150	41.547
sharp5.png	337.417	2.214	1.245	0.150	56.628
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	58.121	1.392	1.392	1.000	58.121
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	93.672	1.638	1.303	0.650	71.022
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	151.637	1.532	1.532	1.000	151.637
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	219.546	1.679	1.421	0.500	177.912
wavelet_w1_q1.png	112.293	1.248	1.138	0.800	107.078
wavelet_w1_q2.png	46.511	1.272	1.183	0.850	44.689
wavelet_w1_q3.png	25.783	1.238	1.195	0.900	25.062
x2_bicubic.png	38.798	1.133	1.133	1.000	38.798
x2_bilinear.png	43.926	1.120	1.120	1.000	43.926
x2_lanczos3.png	33.825	1.164	1.164	1.000	33.825
x2_reg_high.png	34.213	1.277	1.162	0.750	30.824
x2_reg_low.png	43.874	1.330	1.159	0.650	35.307
x2_reg_med.png	36.693	1.296	1.153	0.700	31.817
x4_bicubic.png	108.825	1.159	1.159	1.000	108.825
x4_bilinear.png	125.845	1.141	1.141	1.000	125.845
x4_lanczos3.png	97.485	1.194	1.194	1.000	97.485
x4_reg_high.png	104.022	1.250	1.160	0.850	101.724
x4_reg_low.png	125.724	1.336	1.151	0.750	115.225
x4_reg_med.png	110.727	1.277	1.181	0.850	106.229
x8_bicubic.png	265.935	1.219	1.219	1.000	265.935
x8_bilinear.png	304.526	1.173	1.173	1.000	304.526
x8_lanczos3.png	245.438	1.272	1.272	1.000	245.438

Изображение "plane"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	140.087	1.235	1.235	1.000	140.087
blurred_gauss2_noise3.png	143.501	1.240	1.234	0.650	142.717
blurred_gauss4.png	251.933	1.116	1.116	1.000	251.933
blurred_gauss4_noise5.png	262.267	2.037	2.031	0.350	257.202
hermite_2.png	58.835	1.432	1.246	0.650	55.430
hermite_4.png	138.507	1.505	1.234	0.600	131.889
jpeg_1.png	77.615	1.342	1.155	0.650	67.121
jpeg_2.png	25.788	1.365	1.210	0.750	22.680
jpeg_3.png	14.452	1.301	1.196	0.800	12.639
reference.png	0.000	1.196	1.196	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	114.663	1.587	1.372	0.600	106.291
regdeblur_sigma4_noise5.png	245.889	1.465	1.289	0.150	210.356
sharp2.png	44.657	1.595	1.259	0.450	19.509
sharp3.png	142.631	1.898	1.173	0.250	38.450
sharp4.png	268.874	2.130	1.163	0.200	50.991
sharp5.png	413.183	2.238	1.114	0.150	59.863
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	94.207	1.394	1.394	1.000	94.207

unsharpmask_sigma2_alpha5.png	112.302	1.651	1.333	0.600	102.846
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	188.988	1.252	1.252	1.000	188.988
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	225.126	1.449	1.279	0.300	204.497
wavelet_w1_q1.png	74.765	1.284	1.155	0.750	71.074
wavelet_w1_q2.png	33.613	1.277	1.191	0.800	32.010
wavelet_w1_q3.png	14.717	1.238	1.205	0.900	14.128
x2_bicubic.png	59.881	1.141	1.141	1.000	59.881
x2_bilinear.png	66.308	1.100	1.100	1.000	66.308
x2_lanczos3.png	54.838	1.188	1.188	1.000	54.838
x2_reg_high.png	55.833	1.446	1.200	0.650	47.988
x2_reg_low.png	68.380	1.537	1.203	0.550	52.006
x2_reg_med.png	59.679	1.503	1.208	0.600	49.120
x4_bicubic.png	149.594	1.183	1.183	1.000	149.594
x4_bilinear.png	162.705	1.152	1.152	1.000	162.705
x4_lanczos3.png	140.004	1.228	1.228	1.000	140.004
x4_reg_high.png	141.745	1.294	1.211	0.800	140.559
x4_reg_low.png	159.928	1.346	1.163	0.650	151.736
x4_reg_med.png	147.008	1.318	1.197	0.750	144.074
x8_bicubic.png	270.739	1.118	1.118	1.000	270.739
x8_bilinear.png	293.387	1.149	1.149	1.000	293.387
x8_lanczos3.png	253.753	1.172	1.172	1.000	253.753

Изображение "sailboat"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	209.763	1.203	1.203	1.000	209.763
blurred_gauss2_noise3.png	213.683	1.217	1.216	0.950	213.641
blurred_gauss4.png	455.058	1.632	1.632	1.000	455.058
blurred_gauss4_noise5.png	466.762	1.644	1.638	0.550	462.521
fourier_2.png	24.627	1.199	1.175	0.950	24.427
fourier_4.png	54.251	1.255	1.196	0.900	53.590
fourier_8.png	104.559	1.319	1.293	0.900	103.339
hermite_2.png	70.155	1.273	1.231	0.900	69.167
hermite_4.png	192.905	1.402	1.255	0.800	189.624
jpeg_1.png	116.444	1.333	1.116	0.700	98.473
jpeg_2.png	41.786	1.253	1.127	0.800	38.012
jpeg_3.png	27.721	1.198	1.134	0.850	25.578
reference.png	0.000	1.110	1.110	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	164.180	1.350	1.264	0.900	162.940
regdeblur_sigma4_noise5.png	411.699	2.181	1.755	0.550	369.377
sharp2.png	69.237	1.525	1.148	0.450	31.153
sharp3.png	240.730	1.890	1.111	0.250	57.530
sharp4.png	458.466	2.147	1.119	0.200	75.234
sharp5.png	691.589	2.318	1.088	0.150	85.415
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	119.653	1.375	1.375	1.000	119.653

unsharpmask_sigma2_alpha5.png	180.756	1.891	1.341	0.650	153.475
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	312.473	1.967	1.967	1.000	312.473
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	388.125	2.256	1.841	0.650	356.221
wavelet_w1_q1.png	240.885	1.253	1.157	0.800	233.579
wavelet_w1_q2.png	113.842	1.281	1.171	0.850	109.852
wavelet_w1_q3.png	66.452	1.236	1.140	0.850	64.153
x2_bicubic.png	70.959	1.129	1.129	1.000	70.959
x2_bilinear.png	84.053	1.099	1.099	1.000	84.053
x2_lanczos3.png	62.680	1.163	1.163	1.000	62.680
x2_reg_high.png	73.495	1.226	1.103	0.700	62.106
x2_reg_low.png	85.317	1.329	1.135	0.650	63.338
x2_reg_med.png	76.861	1.262	1.121	0.700	62.022
x4_bicubic.png	224.009	1.153	1.153	1.000	224.009
x4_bilinear.png	257.791	1.090	1.090	1.000	257.791
x4_lanczos3.png	206.272	1.198	1.198	1.000	206.272
x4_reg_high.png	190.640	1.194	1.111	0.850	188.088
x4_reg_low.png	213.100	1.308	1.133	0.750	198.571
x4_reg_med.png	197.048	1.226	1.109	0.800	191.226
x8_bicubic.png	488.993	1.167	1.167	1.000	488.993
x8_bilinear.png	541.308	1.118	1.118	1.000	541.308
x8_lanczos3.png	463.088	1.213	1.213	1.000	463.088

Изображение "stream"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	559.927	1.784	1.784	1.000	559.927
blurred_gauss2_noise3.png	564.062	1.770	1.770	1.000	564.062
blurred_gauss4.png	780.102	1.710	1.710	1.000	780.102
blurred_gauss4_noise5.png	791.215	1.756	1.746	0.500	786.262
hermite_2.png	251.168	1.707	1.631	0.900	250.181
hermite_4.png	549.302	1.925	1.889	0.900	548.341
jpeg_1.png	329.161	1.326	1.193	0.700	300.302
jpeg_2.png	124.257	1.357	1.255	0.800	114.260
jpeg_3.png	62.511	1.373	1.279	0.850	55.699
reference.png	0.000	1.214	1.214	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	497.208	2.022	2.022	1.000	497.208
regdeblur_sigma4_noise5.png	724.603	3.185	2.744	0.650	708.886
sharp2.png	217.611	1.640	1.328	0.500	73.636
sharp3.png	700.905	1.858	1.274	0.300	144.034
sharp4.png	1280.627	2.216	1.443	0.250	194.628
sharp5.png	1880.257	2.351	1.406	0.200	241.329
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	441.510	2.363	2.363	1.000	441.510
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	462.916	2.940	2.831	0.900	462.352
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	676.514	2.770	2.770	1.000	676.514
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	703.960	3.225	2.770	0.750	700.238

wavelet_w1_q1.png	535.930	1.686	1.525	0.800	529.719
wavelet_w1_q2.png	338.853	1.862	1.747	0.850	332.715
wavelet_w1_q3.png	208.829	1.302	1.263	0.900	206.155
x2_bicubic.png	301.961	1.147	1.147	1.000	301.961
x2_bilinear.png	323.895	1.115	1.115	1.000	323.895
x2_lanczos3.png	291.467	1.185	1.185	1.000	291.467
x2_reg_high.png	332.525	1.403	1.185	0.650	280.982
x2_reg_low.png	370.032	1.507	1.203	0.550	280.732
x2_reg_med.png	344.711	1.437	1.183	0.600	280.367
x4_bicubic.png	588.030	1.471	1.471	1.000	588.030
x4_bilinear.png	617.281	1.416	1.416	1.000	617.281
x4_lanczos3.png	579.797	1.190	1.190	1.000	579.797
x4_reg_high.png	536.376	1.738	1.696	0.950	535.796
x4_reg_low.png	550.594	2.019	1.739	0.750	538.536
x4_reg_med.png	539.582	1.780	1.637	0.850	536.225
x8_bicubic.png	810.668	1.596	1.596	1.000	810.668
x8_bilinear.png	838.996	1.361	1.361	1.000	838.996
x8_lanczos3.png	799.808	1.722	1.722	1.000	799.808

Изображение "tv1"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	88.223	1.335	1.335	1.000	88.223
blurred_gauss2_noise3.png	92.129	1.346	1.342	0.850	91.519
blurred_gauss4.png	270.984	1.646	1.646	1.000	270.984
blurred_gauss4_noise5.png	281.952	1.697	1.691	0.600	277.321
fourier_2.png	1.591	1.256	1.235	0.950	1.589
fourier_4.png	7.660	1.226	1.218	0.950	7.325
fourier_8.png	26.344	1.543	1.529	0.900	25.167
hermite_2.png	14.126	1.281	1.216	0.850	12.638
hermite_4.png	72.356	1.286	1.201	0.800	67.846
jpeg_1.png	53.447	1.369	1.182	0.750	41.286
jpeg_2.png	9.864	1.263	1.215	0.900	8.425
jpeg_3.png	4.750	1.243	1.203	0.900	4.160
reference.png	0.000	1.138	1.138	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	71.882	1.687	1.549	0.850	63.308
regdeblur_sigma4_noise5.png	255.124	2.224	1.805	0.600	185.204
sharp2.png	18.256	1.582	1.370	0.700	9.951
sharp3.png	65.682	1.715	1.257	0.500	24.873
sharp4.png	133.654	1.715	1.195	0.400	39.230
sharp5.png	215.721	1.822	1.197	0.350	52.372
tv.png	612.110	1.328	1.274	0.800	610.547
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	38.000	1.583	1.568	0.950	37.743
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	100.611	2.098	1.677	0.650	60.159
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	144.345	1.906	1.906	1.000	144.345

unsharpmask_sigma4_alpha5.png	256.957	2.319	1.793	0.600	181.438
wavelet_w1_q1.png	67.808	1.311	1.215	0.850	64.623
wavelet_w1_q2.png	16.913	1.293	1.250	0.900	16.219
wavelet_w1_q3.png	5.623	1.227	1.213	0.950	5.490
x2_bicubic.png	16.187	1.171	1.171	1.000	16.187
x2_bilinear.png	23.241	1.149	1.149	1.000	23.241
x2_lanczos3.png	12.806	1.209	1.209	1.000	12.806
x2_reg_high.png	18.386	1.313	1.224	0.850	15.442
x2_reg_low.png	20.448	1.341	1.219	0.800	14.928
x2_reg_med.png	18.776	1.355	1.256	0.850	14.901
x4_bicubic.png	90.251	1.234	1.234	1.000	90.251
x4_bilinear.png	115.103	1.200	1.200	1.000	115.103
x4_lanczos3.png	79.816	1.235	1.235	1.000	79.816
x4_reg_high.png	63.457	1.291	1.268	0.950	62.517
x4_reg_low.png	75.725	1.296	1.233	0.850	68.961
x4_reg_med.png	66.838	1.298	1.251	0.900	64.325
x8_bicubic.png	287.881	1.345	1.345	1.000	287.881
x8_bilinear.png	345.919	1.264	1.264	1.000	345.919
x8_lanczos3.png	265.277	1.393	1.393	1.000	265.277

Изображение "tv2"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	245.784	1.762	1.762	1.000	245.784
blurred_gauss2_noise3.png	249.796	1.784	1.781	0.950	249.780
blurred_gauss4.png	537.405	2.210	2.210	1.000	537.405
blurred_gauss4_noise5.png	548.644	2.179	2.169	0.600	544.535
fourier_2.png	4.285	1.356	1.334	0.950	4.198
fourier_4.png	32.081	1.646	1.576	0.900	30.802
fourier_8.png	101.746	2.696	2.621	0.850	98.396
hermite_2.png	45.597	1.385	1.307	0.850	42.371
hermite_4.png	211.741	1.385	1.229	0.750	202.421
jpeg_1.png	95.053	1.351	1.191	0.750	78.153
jpeg_2.png	19.438	1.256	1.194	0.850	16.896
jpeg_3.png	8.913	1.332	1.289	0.900	7.919
reference.png	0.000	1.201	1.201	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	170.657	1.757	1.757	1.000	170.657
regdeblur_sigma4_noise5.png	455.734	3.271	2.736	0.600	408.730
sharp2.png	58.199	1.491	1.240	0.600	25.384
sharp3.png	199.808	1.896	1.235	0.400	57.195
sharp4.png	385.396	2.090	1.176	0.300	82.041
sharp5.png	594.226	2.179	1.137	0.250	101.276
tv.png	680.603	1.363	1.346	0.950	680.356
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	130.938	2.307	2.307	1.000	130.938
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	190.463	2.689	2.154	0.650	161.576

unsharpmask_sigma4_alpha3.png	365.122	2.855	2.855	1.000	365.122
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	452.777	3.409	2.520	0.600	402.008
wavelet_w1_q1.png	188.653	1.507	1.305	0.800	180.778
wavelet_w1_q2.png	69.390	1.626	1.540	0.900	67.156
wavelet_w1_q3.png	25.090	1.560	1.490	0.900	24.199
x2_bicubic.png	59.794	1.206	1.206	1.000	59.794
x2_bilinear.png	78.755	1.176	1.176	1.000	78.755
x2_lanczos3.png	49.367	1.241	1.241	1.000	49.367
x2_reg_high.png	60.139	1.344	1.198	0.750	44.466
x2_reg_low.png	70.684	1.547	1.283	0.700	45.437
x2_reg_med.png	63.117	1.376	1.189	0.700	44.389
x4_bicubic.png	267.594	1.251	1.251	1.000	267.594
x4_bilinear.png	306.165	1.205	1.205	1.000	306.165
x4_lanczos3.png	249.212	1.336	1.336	1.000	249.212
x4_reg_high.png	211.891	1.436	1.319	0.900	208.315
x4_reg_low.png	235.735	1.444	1.188	0.750	218.634
x4_reg_med.png	218.906	1.322	1.184	0.850	211.514
x8_bicubic.png	585.035	1.715	1.715	1.000	585.035
x8_bilinear.png	645.488	1.667	1.667	1.000	645.488
x8_lanczos3.png	593.299	1.782	1.782	1.000	593.299

Изображение "boats"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	15.698	1.406	1.406	1.000	15.698
blurred_gauss2_noise3.png	19.630	1.442	1.388	0.450	17.061
blurred_gauss4.png	47.458	1.230	1.230	1.000	47.458
blurred_gauss4_noise5.png	58.638	1.236	1.230	0.250	49.635
fourier_2.png	0.672	1.176	1.166	0.950	0.624
fourier_4.png	1.633	1.401	1.373	0.900	1.557
fourier_8.png	4.358	1.696	1.652	0.900	4.178
hermite_2.png	6.823	1.226	1.133	0.650	5.142
hermite_4.png	22.664	1.456	1.235	0.600	18.705
jpeg_1.png	22.050	1.242	1.070	0.700	16.462
jpeg_2.png	3.359	1.186	1.118	0.850	2.785
jpeg_3.png	1.720	1.182	1.150	0.900	1.479
reference.png	0.000	1.101	1.101	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	23.121	2.482	1.532	0.400	11.724
regdeblur_sigma4_noise5.png	76.019	1.870	1.490	0.150	35.947
sharp2.png	3.460	1.379	1.210	0.600	2.456
sharp3.png	11.998	1.619	1.170	0.400	6.187
sharp4.png	25.104	1.856	1.162	0.300	10.122
sharp5.png	41.840	2.083	1.215	0.250	13.681
tv.png	396.626	1.314	1.218	0.450	392.059
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	6.378	1.975	1.930	0.950	6.338

unsharpmask_sigma2_alpha5.png	17.389	2.191	1.506	0.600	11.344
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	26.599	1.475	1.475	1.000	26.599
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	47.566	1.867	1.502	0.350	35.703
wavelet_w1_q1.png	4.587	1.237	1.188	0.900	4.311
wavelet_w1_q2.png	1.420	1.219	1.198	0.950	1.345
wavelet_w1_q3.png	0.759	1.288	1.266	0.950	0.714
x2_bicubic.png	3.159	1.142	1.142	1.000	3.159
x2_bilinear.png	4.416	1.132	1.132	1.000	4.416
x2_lanczos3.png	2.481	1.148	1.148	1.000	2.481
x2_reg_high.png	4.218	1.134	1.119	0.950	4.084
x2_reg_low.png	5.520	1.180	1.109	0.800	4.870
x2_reg_med.png	4.471	1.148	1.117	0.900	4.210
x4_bicubic.png	16.477	1.273	1.273	1.000	16.477
x4_bilinear.png	20.672	1.214	1.214	1.000	20.672
x4_lanczos3.png	14.277	1.313	1.313	1.000	14.277
x4_reg_high.png	16.631	1.476	1.405	0.950	16.519
x4_reg_low.png	23.991	1.609	1.278	0.750	21.856
x4_reg_med.png	18.345	1.594	1.450	0.900	17.789
x8_bicubic.png	55.618	1.201	1.201	1.000	55.618
x8_bilinear.png	64.820	1.099	1.099	1.000	64.820
x8_lanczos3.png	50.315	1.296	1.296	1.000	50.315

Изображение "tv4"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	173.926	1.251	1.251	1.000	173.926
blurred_gauss2_noise3.png	177.898	1.255	1.249	0.750	177.279
blurred_gauss4.png	331.457	1.371	1.371	1.000	331.457
blurred_gauss4_noise5.png	342.075	1.298	1.292	0.400	335.979
fourier_2.png	4.078	1.271	1.239	0.950	3.921
fourier_4.png	35.621	1.438	1.371	0.850	34.513
fourier_8.png	97.131	1.352	1.291	0.800	94.712
hermite_2.png	42.434	1.478	1.369	0.850	41.112
hermite_4.png	158.194	1.389	1.262	0.750	154.445
jpeg_1.png	69.693	1.453	1.243	0.750	58.078
jpeg_2.png	15.135	1.364	1.233	0.850	12.936
jpeg_3.png	7.291	1.339	1.251	0.900	6.395
reference.png	0.000	1.170	1.170	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	126.932	1.513	1.384	0.800	123.194
regdeblur_sigma4_noise5.png	293.937	1.695	1.328	0.400	260.448
sharp2.png	44.443	1.594	1.125	0.550	22.650
sharp3.png	141.617	2.101	1.078	0.350	46.870
sharp4.png	264.475	2.603	1.101	0.250	66.032
sharp5.png	403.074	2.945	1.090	0.200	82.139
tv.png	360.854	1.296	1.190	0.800	359.152

unsharpmask_sigma2_alpha3.png	107.824	1.508	1.508	1.000	107.824
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	129.120	1.454	1.188	0.650	118.015
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	241.633	1.491	1.491	1.000	241.633
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	275.153	1.631	1.234	0.600	257.335
wavelet_w1_q1.png	95.793	1.312	1.198	0.800	92.124
wavelet_w1_q2.png	31.918	1.291	1.196	0.850	30.299
wavelet_w1_q3.png	11.395	1.298	1.238	0.900	10.855
x2_bicubic.png	57.194	1.172	1.172	1.000	57.194
x2_bilinear.png	67.822	1.139	1.139	1.000	67.822
x2_lanczos3.png	50.986	1.199	1.199	1.000	50.986
x2_reg_high.png	57.777	1.266	1.083	0.700	47.879
x2_reg_low.png	62.454	1.363	1.095	0.650	46.601
x2_reg_med.png	59.255	1.292	1.091	0.700	47.163
x4_bicubic.png	185.267	1.145	1.145	1.000	185.267
x4_bilinear.png	205.709	1.120	1.120	1.000	205.709
x4_lanczos3.png	176.480	1.174	1.174	1.000	176.480
x4_reg_high.png	148.833	1.233	1.193	0.900	148.151
x4_reg_low.png	157.638	1.316	1.204	0.800	151.302
x4_reg_med.png	151.118	1.259	1.190	0.850	148.974
x8_bicubic.png	353.467	1.296	1.296	1.000	353.467
x8_bilinear.png	385.160	1.265	1.265	1.000	385.160
x8_lanczos3.png	340.129	1.323	1.323	1.000	340.129

Изображение "tv5"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	245.173	1.701	1.701	1.000	245.173
blurred_gauss2_noise3.png	249.193	1.722	1.720	0.950	249.168
blurred_gauss4.png	530.353	2.228	2.228	1.000	530.353
blurred_gauss4_noise5.png	541.589	2.217	2.203	0.550	537.356
fourier_2.png	5.252	1.335	1.310	0.950	5.117
fourier_4.png	36.588	1.419	1.359	0.900	35.262
fourier_8.png	105.215	2.640	2.697	0.850	101.923
hermite_2.png	44.516	1.394	1.311	0.850	41.255
hermite_4.png	210.402	2.008	1.668	0.750	199.772
jpeg_1.png	100.072	1.407	1.222	0.750	82.989
jpeg_2.png	22.132	1.367	1.277	0.850	19.270
jpeg_3.png	10.477	1.341	1.284	0.900	9.319
reference.png	0.000	1.212	1.212	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	171.521	2.008	2.008	1.000	171.521
regdeblur_sigma4_noise5.png	452.966	3.754	3.034	0.650	405.919
sharp2.png	60.553	1.681	1.336	0.600	26.282
sharp3.png	207.678	1.980	1.295	0.400	57.443
sharp4.png	403.177	2.166	1.239	0.300	81.271
sharp5.png	625.876	2.242	1.192	0.250	100.349

tv.png	667.830	1.330	1.312	0.950	667.794
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	133.681	2.236	2.236	1.000	133.681
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	192.779	2.627	2.062	0.650	163.184
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	361.216	3.353	3.353	1.000	361.216
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	449.883	3.976	3.129	0.650	399.219
wavelet_w1_q1.png	197.195	1.278	1.170	0.800	190.026
wavelet_w1_q2.png	74.993	1.306	1.241	0.850	72.414
wavelet_w1_q3.png	28.535	1.309	1.271	0.900	27.656
x2_bicubic.png	62.505	1.171	1.171	1.000	62.505
x2_bilinear.png	81.083	1.123	1.123	1.000	81.083
x2_lanczos3.png	51.873	1.221	1.221	1.000	51.873
x2_reg_high.png	62.106	1.459	1.272	0.750	46.451
x2_reg_low.png	73.612	1.563	1.269	0.650	47.344
x2_reg_med.png	65.267	1.498	1.262	0.700	46.146
x4_bicubic.png	261.818	1.244	1.244	1.000	261.818
x4_bilinear.png	299.773	1.188	1.188	1.000	299.773
x4_lanczos3.png	247.687	1.279	1.279	1.000	247.687
x4_reg_high.png	208.838	1.425	1.321	0.900	205.182
x4_reg_low.png	233.880	1.571	1.294	0.750	216.591
x4_reg_med.png	216.269	1.479	1.312	0.850	208.750
x8_bicubic.png	555.734	1.738	1.738	1.000	555.734
x8_bilinear.png	619.086	1.618	1.618	1.000	619.086
x8_lanczos3.png	538.104	1.839	1.839	1.000	538.104

Изображение "woman"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	270.605	1.542	1.542	1.000	270.605
blurred_gauss2_noise3.png	274.681	1.315	1.313	0.950	274.646
blurred_gauss4.png	408.111	1.994	1.994	1.000	408.111
blurred_gauss4_noise5.png	419.308	1.921	1.906	0.400	412.963
hermite_2.png	115.621	1.920	1.864	0.900	114.735
hermite_4.png	257.353	2.077	1.914	0.850	255.722
jpeg_1.png	178.175	1.829	1.545	0.700	159.619
jpeg_2.png	62.692	1.613	1.325	0.800	57.094
jpeg_3.png	33.211	1.562	1.374	0.850	29.761
reference.png	0.000	1.377	1.377	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	228.172	1.995	1.995	1.000	228.172
regdeblur_sigma4_noise5.png	391.708	3.876	3.144	0.450	367.616
sharp2.png	101.733	2.750	2.090	0.500	33.867
sharp3.png	340.347	3.346	1.853	0.300	65.303
sharp4.png	647.388	3.747	1.678	0.200	89.064
sharp5.png	984.298	4.212	1.765	0.200	108.344
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	201.120	2.079	2.079	1.000	201.120
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	219.235	2.546	2.266	0.800	216.756

unsharpmask_sigma4_alpha3.png	341.931	2.624	2.624	1.000	341.931
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	364.203	3.598	3.040	0.700	360.094
wavelet_w1_q1.png	258.377	1.511	1.416	0.850	256.069
wavelet_w1_q2.png	152.477	1.159	1.141	0.850	149.328
wavelet_w1_q3.png	82.786	1.494	1.427	0.900	80.807
x2_bicubic.png	132.765	1.491	1.491	1.000	132.765
x2_bilinear.png	145.145	1.456	1.456	1.000	145.145
x2_lanczos3.png	126.434	1.571	1.571	1.000	126.434
x2_reg_high.png	143.694	2.033	1.674	0.650	123.763
x2_reg_low.png	161.573	2.246	1.781	0.600	123.534
x2_reg_med.png	149.379	2.122	1.742	0.650	123.285
x4_bicubic.png	283.305	1.456	1.456	1.000	283.305
x4_bilinear.png	302.351	1.318	1.318	1.000	302.351
x4_lanczos3.png	276.053	1.487	1.487	1.000	276.053
x4_reg_high.png	262.260	1.680	1.642	0.950	262.163
x4_reg_low.png	277.263	1.945	1.651	0.750	269.383
x4_reg_med.png	266.210	1.755	1.613	0.850	264.578
x8_bicubic.png	422.580	1.551	1.551	1.000	422.580
x8_bilinear.png	444.066	1.547	1.547	1.000	444.066
x8_lanczos3.png	414.541	1.527	1.527	1.000	414.541

Изображение "womanhat"					
Имя метода	MSE1	RE1	RE2	q	MSE2
blurred_gauss2.png	85.522	1.244	1.244	1.000	85.522
blurred_gauss2_noise3.png	89.578	1.251	1.242	0.650	88.399
blurred_gauss4.png	149.204	1.532	1.532	1.000	149.204
blurred_gauss4_noise5.png	160.462	1.536	1.522	0.300	152.636
hermite_2.png	39.540	1.181	1.123	0.800	38.502
hermite_4.png	88.366	1.492	1.333	0.750	86.490
jpeg_1.png	75.521	1.276	1.102	0.650	63.937
jpeg_2.png	26.437	1.334	1.222	0.750	23.663
jpeg_3.png	16.044	1.153	1.105	0.800	14.344
reference.png	0.000	1.125	1.125	1.000	0.000
regdeblur_sigma2_noise3.png	76.648	1.682	1.470	0.700	72.662
regdeblur_sigma4_noise5.png	167.208	2.619	1.772	0.200	128.924
sharp2.png	33.473	1.509	1.210	0.450	12.557
sharp3.png	122.149	1.384	1.063	0.250	26.032
sharp4.png	250.449	2.034	1.079	0.200	37.344
sharp5.png	405.922	2.092	1.056	0.150	45.673
unsharpmask_sigma2_alpha3.png	58.844	1.486	1.486	1.000	58.844
unsharpmask_sigma2_alpha5.png	72.362	1.883	1.531	0.650	69.501
unsharpmask_sigma4_alpha3.png	113.882	1.512	1.512	1.000	113.882
unsharpmask_sigma4_alpha5.png	138.647	2.971	2.022	0.450	126.107
wavelet_w1_q1.png	75.786	1.329	1.191	0.800	74.128

wavelet_w1_q2.png	41.155	1.389	1.300	0.850	40.026
wavelet_w1_q3.png	22.027	1.367	1.324	0.900	21.416
x2_bicubic.png	36.933	1.159	1.159	1.000	36.933
x2_bilinear.png	41.740	1.129	1.129	1.000	41.740
x2_lanczos3.png	34.018	1.150	1.150	1.000	34.018
x2_reg_high.png	37.138	1.219	1.131	0.750	33.680
x2_reg_low.png	43.379	1.309	1.145	0.600	32.850
x2_reg_med.png	38.790	1.245	1.134	0.700	33.215
x4_bicubic.png	90.100	1.192	1.192	1.000	90.100
x4_bilinear.png	99.129	1.154	1.154	1.000	99.129
x4_lanczos3.png	86.856	1.218	1.218	1.000	86.856
x4_reg_high.png	76.482	1.271	1.271	1.000	76.482
x4_reg_low.png	84.882	1.409	1.234	0.750	81.930
x4_reg_med.png	78.147	1.317	1.266	0.900	77.824
x8_bicubic.png	157.432	1.242	1.242	1.000	157.432
x8_bilinear.png	170.743	1.197	1.197	1.000	170.743
x8_lanczos3.png	153.097	1.281	1.281	1.000	153.097