

Методы реставрации потерянных и искаженных участков изображений

А.О. Трубаков¹, Т.Д. Праздников¹
trubakovao@gmail.com|tanya.dmitrievna.2016@bk.ru

¹ Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

В данной статье демонстрируется сравнение методов восстановления искаженных участков изображения, проводится оценка эффективности данных методов, а также описывается модифицированный метод на основе минимизации энтропии ДКП и сравнение его результатов с остальными методами.

Ключевые слова: реставрация участков изображения, метод минимизации энтропии, ДКП, ПССШ, изотропная диффузия, косинусное преобразование, восстановление, реконструкция.

Restoration of distorted image areas

A.O. Trubakov¹, T.D. Prazdnikova¹
trubakovao@mail.ru|tanya.dmitrievna.2016@bk.ru
¹Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

This article demonstrates comparison of methods for recovered image areas that were distorted, and spends the evaluation of the effectiveness these methods, and describes the modified method that based on minimization the entropy of DCT and compare its results with other methods.

Keywords: restoration of image areas, the method of minimization of entropy, DCT, isotropic diffusion, cosine transformation.

1. Введение

В последнее время заметно вырос интерес к корректировке изображений, их ретушированию и реставрации. То, что недавно казалось невозможным, набирает популярность с довольно высокой скоростью. Часто в кадр попадает объект, который сразу бросается в глаза и портит картину, например, морщинки на прекрасном женском лице, выдающие ее возраст или, к примеру, мусор на красивом морском побережье или частицы пыли, появившиеся в результате сканирования изображения, или еще более серьезные проблемы, такие как восстановление рваных и мятых фотографий с потерянными участками. Такие объекты стараются убрать, заретушировать, а для этого необходимы качественные математические расчеты, для определения наиболее подходящих пикселей на основе доступных элементов изображения. На данный момент идеально восстановить пиксели не может ни один из методов, но со временем каждый из них модифицируется, добавляются новые подходы, обладающие большим качеством по сравнению с предыдущими.

2. Существующие подходы к восстановлению искаженных участков изображений

В данной работе для анализа были выбраны три наиболее популярных метода реставрации изображений:

- метод на основе минимизации энтропии ДКП [1];
- метод на основе синтеза текстуры [2];
- метод на основе изотропной диффузионной модели [3].

Для того чтобы оценить работу методов было выбрано полутоновое изображение Barbara (рис. 1.а), которое является одним из стандартных снимков, используемых для тестирования алгоритмов обработки и анализа изображений. Данная фотография впервые была использована в базе «Marco Schmidt's standard test images database». Привлекательность этого изображения состоит во множественных линиях, которые проверяют свойства сглаживающих алгоритмов, изменения размера, избавления от шума и алгоритмов сверхвысокого разрешения.

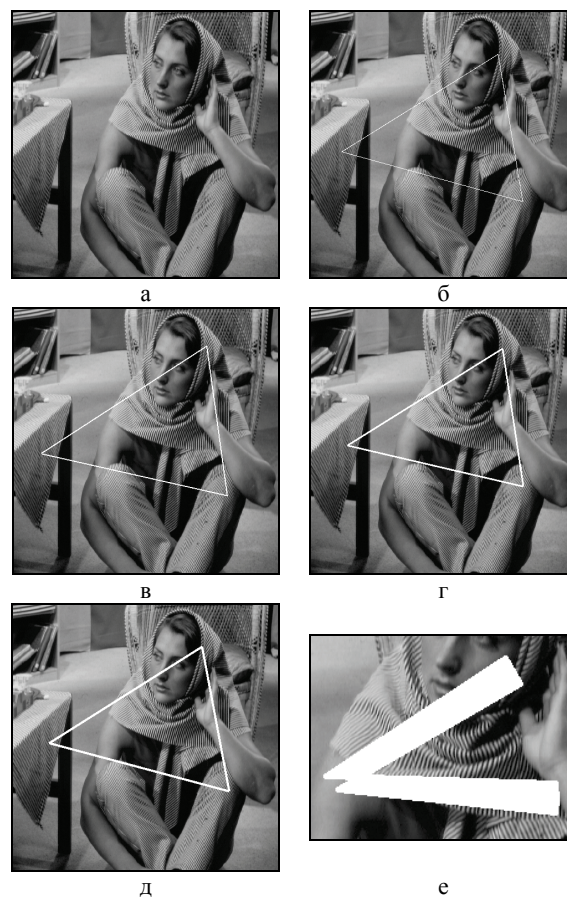


Рис. 1. Тестовое изображение Barbara: а – исходное изображение; б – 0,4% повреждения; в – 0,8% повреждения; г – 1,2% повреждения; д – 1,6% повреждения; е - 46% повреждения.

Для проведения экспериментов на фотографию были наложены повреждения разной степени сложности в виде белых линий. Данные линии располагаются таким образом, чтобы зона повреждения включала в себя однородные,

текстурные, шумоподобные участки, районы перепадов, а также мелкие детали изображения.

Далее полученные тестовые изображения были восстановлены каждым из трех методов.

3. Оценка эффективности методов восстановления поврежденных участков изображения

Сравнение методов проводилось на основе визуальных показателей, а также показателя пикового соотношения сигнал/шум (ПССШ) между истинными и восстановленными значениями пикселей изображений [4,5].

Данная величина определяется через нахождение среднеквадратичной ошибки. Это показатель для двух монохромных изображений, одно из которых считается зашумленным приближением другого. Чем больше значение ПССШ, тем лучше качество восстановления и эффективнее метод.

Для начала рассматривалась визуальная оценка восстановления поврежденных участков. С помощью неё можно сделать вывод о том, что для первых двух поврежденных изображений (малые повреждения) метод минимизации энтропии достаточно точно восстановил искаженные пиксели, а после реконструкции остальными методами зона повреждения осталась слегка заметной. Относительно следующих двух изображений (средние повреждения), наблюдается значительное ухудшение восстановления методом минимизации энтропии, в то время как остальные методы справляются примерно так же, как и ранее. Процесс реконструкции последнего поврежденного изображения (очень большие повреждения) происходит последовательно от краев потерянной области к центру. По результатам восстановления можно сделать вывод о том, что поврежденный участок слабо восстановился, следовательно данные методы совершенно не подходят для восстановления особо крупных областей.

Результат вычислений оценки с помощью ПССШ представлен в таблице 1.

Таблица 1. Результаты реконструкции поврежденных изображений различными методами

Изображение	Процент повреждения, %	ПССШ, дБ		
		Метод минимизации энтропии	Метод синтеза текстуры	Метод диффузионной модели
б	0,4	29.5806	21.1400	21.9957
в	0,8	27.4575	22.1025	21.8328
г	1,2	22.1818	21.5498	23.2900
д	1,6	18.2451	21.3076	22.0731
е	46	5.1990	6.8912	8.1896

По данным таблицы заметно, что для первых двух изображений наивысший показатель у метода минимизации энтропии, далее он значительно ухудшается, и лидирующим становится метод диффузионной модели.

4. Модифицированный метод на основе минимизации энтропии ДКП

1.1. Описание метода

Данный метод представляет собой усовершенствованный метод на основе минимизации энтропии ДКП. Он состоит в выполнении следующих шагов.

1. На первом этапе определяется маска изображения. Далее выбирается размер блока подсчета, внутри которого будет осуществляться поиск истинных значений для каждого пикселя. В данном случае блок будет равен 8x8. После этого по маске производится поиск поврежденных областей.

2. На основе окрестностей, осуществляется изотропная диффузия [9] внутри поврежденного участка. Сперва изображение фильтруется блоком А, затем блоком D (4).

$$A = \begin{bmatrix} a & b & a \\ b & 0 & b \\ a & b & a \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} c & c & c \\ c & 0 & c \\ c & c & c \end{bmatrix} \quad (4)$$

где $a = 0.073235$, $b = 0.176765$, $c = 0.125$.

Для определения оптимального количества повторений метода на основе диффузионной модели, был проведен ряд испытаний с коллекцией тестовых изображений, которые содержали от 0.4% до 46% поврежденных пикселей. На рисунке 2.9 изображен график зависимости показателя ПССШ от количества повторений метода.

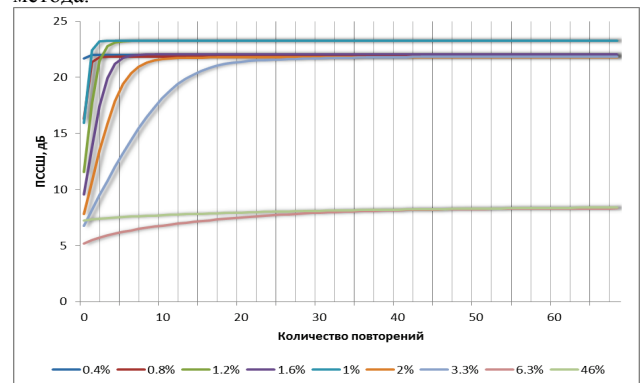


Рис. 4. Зависимость ПССШ от количества повторений (1)

По результатам испытаний было выявлено, что оптимальное количество повторений находится в диапазоне от 10 до 40 раз в зависимости от размера зоны повреждения. Больше количество повторений практически не улучшает результат.

3. На третьем шаге по маске последовательно выбирается каждый искаженный пиксель изображения и область поиска вокруг него (рис. 2.7).

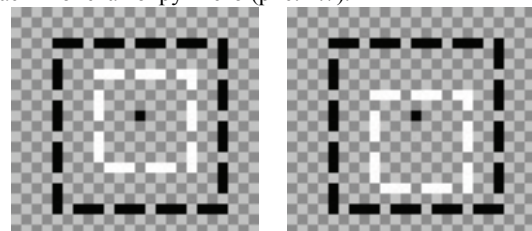


Рис. 3. Два возможных положения блока поиска пикселей (белая рамка) внутри области поиска (черная рамка) для оценки значения утерянного пикселя (черная точка)

4. Далее искомому пикселю присваивается минимально возможное значение.

5. Затем для выбранного блока по формуле (5) вычисляются коэффициенты ДКП [2]. В таблице 2 представлена матрица коэффициентов косинусного преобразования размером 8x8 [1].

$$DCT = D * A * D^T, \quad (5)$$

$$D_{pq} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{M}}, & i = 0; \\ \sqrt{\frac{2}{M}} \cos\left(\frac{\pi i(2j+1)}{2M}\right), & i > 0. \end{cases} \quad (6)$$

где D – матрица косинусного преобразования размером $M \times M$;

D^T – транспонированная матрица преобразования;

A – матрица пикселей изображения.

Таблица 2. Матрица коэффициентов косинусного преобразования размером 8×8

0.3535	0.3535	0.3535	0.3535	0.3535	0.3535	0.3535	0.3535
0.4903	0.4158	0.2779	0.0978	-0.0971	-0.2773	-0.4153	-0.4902
0.4619	0.1916	-0.1908	-0.4616	-0.4622	-0.1923	0.1901	0.4613
0.4148	-0.0971	-0.4902	-0.2786	0.2766	0.4907	0.0994	-0.4144
0.3536	-0.3531	-0.3542	0.3525	0.3548	-0.3520	-0.3553	0.3514
0.2779	-0.4902	0.0963	0.4167	-0.4144	-0.1002	0.4910	-0.2746
0.1916	-0.4622	0.4613	-0.1894	-0.1938	0.4631	-0.4604	0.1871
0.0978	-0.2786	0.4167	-0.4908	0.4897	-0.4135	0.2740	-0.0924

6. На шестом шаге по формуле (7) вычисляется значение энтропии для каждого возможного значения пикселя [3].

$$E = 3NM + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sqrt{|x_{ij}|} \quad (7)$$

где X_{ij} – значение коэффициента ДКТ блока;

N и M – размеры блока изображения.

После этого значение пикселя увеличивается на единицу и шаг 6 повторяется до тех пор, пока не будет вычислена энтропия для всех возможных значений пикселя. Далее из найденных значений выбирается то, с которым энтропия минимальна.

7. Шаги 5-6 повторяются для каждого положения блока поиска. Затем результаты усредняются и полученное значение присваивается искомому пикселю. Процесс повторяется для каждого поврежденного пикселя.

8. Для определения оптимального количества повторений шагов 3-7, был проведен ряд испытаний с коллекцией тестовых изображений, которые содержали от 0.4% до 46% поврежденных пикселей. На рисунке 2.10 изображен график зависимости показателя ПССШ от количества повторений метода.

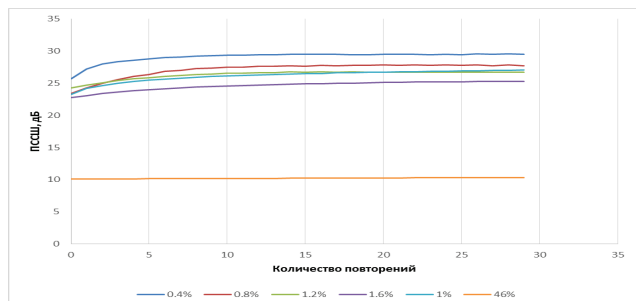


Рис. 4. Зависимость ПССШ от количества повторений (2)

По результатам испытаний было выявлено, что количество повторений зависит от размера области повреждения и вычисляется по формуле (8).

$$P = N * 10, \quad (8)$$

где N – толщина поврежденного участка.

В среднем достаточно 30 повторений для получения максимально возможного результата или близкого к нему.

1.2. Демонстрация

Для демонстрации метода была выполнена обработка всех тестовых изображений с разным процентом повреждения предложенным методом. Итоги обработки представлены на рис. 5.

Как и предполагалось, данный метод отлично справился с восстановлением потерянных участков и показал лучшие визуальные результаты по сравнению с остальными методами, проанализированными ранее.

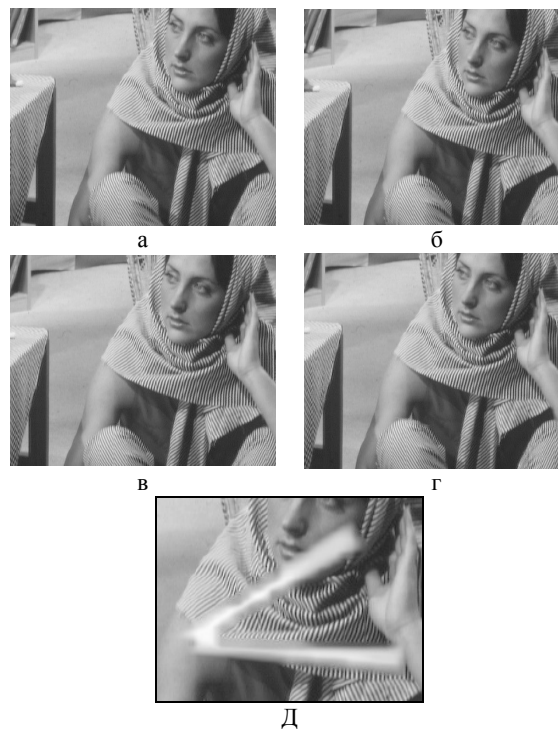


Рис. 5. Восстановленное изображение Barbara: а – 0,4% повреждения; б – 0,8% повреждения; в – 1,2% повреждения; г – 1,6% повреждения; д - 46% повреждения.

1.3. Сравнение эффективности модифицированного метода со стандартными методами восстановления

В завершении работы было проведено сравнение предложенного метода со стандартными методами восстановления на основе значения ПССШ. Результат вычислений представлен в таблице 3.

Таблица 3. Результаты реконструкции поврежденных изображений различными методами с добавлением предложенного метода

Изображение	Процент повреждения, %	ПССШ, дБ			
		Метод минимизации энтропии	Метод синтеза текстуры	Метод диффузной модели	Предложенный метод
б	0.4	29.5806	21.1400	21.9957	29.5981
в	0.8	27.4575	22.1025	21.8328	27.8876
г	1.2	22.1818	21.5498	23.2900	26.8148
д	1.6	18.2451	21.3076	22.0731	25.2899
е	46	5.1990	6.8912	8.1896	9.8673

Как и следовало ожидать, при незначительных поврежденных областях предложенный метод имеет практически такие же результаты, как и оригинальный вариант на основе минимизации энтропии ДКП. Это объяснимо, потому что основные алгоритмические приемы предложенного метода базируются на методе минимизации энтропии ДКП. Как и свой предшественник, он достаточно хорошо справился с тестовыми изображениями и показал наилучшие результаты (по сравнению с методом синтеза текстур и методом диффузионной модели).

Однако стоит заметить, что при увеличении объема поврежденных участков изображения, оригинальный метод минимизации энтропии ДКП очень сильно теряет в

качестве восстановления, что ограничивает его применение на практике в подобных ситуациях. Уже при повреждении в 1.5-2% процента качества восстановления становится сравнимым с двумя другими подходами. Предложенный же метод характеризуется тем, что качество его восстановления не так сильно падает с увеличением искаженных областей. При этом оно является максимальным среди всех исследованных алгоритмов, что подтверждает эффективность данного метода. В отличие от своего предшественника, предложенный метод может применяться в более широких диапазонах искажения, что расширяет рамки его использования на практике.

Из приведенной выше таблицы видно, что в действительности модифицированный метод минимизации энтропии ДКП обладает наивысшими показателями для всех протестированных изображений.

5. Заключение

В данной работе были продемонстрированы результаты восстановления искаженных пикселей для пяти тестовых изображений каждым из трех исследуемых методов. Также было проведено сравнение показателей ПССШ для реконструированных изображений. Полученные результаты показали, что для близкого к идеальному восстановлению мелких повреждений толщиной в 1-2 пикселя отлично подходит метод на основе минимизации энтропии ДКП. Что касается более серьезных искажений, для них лучшие результаты демонстрирует метод на основе изотропной диффузионной модели. Повреждения остаются заметны, но в меньшей степени.

Исходя из этого, был разработан новый модифицированный метод, который показывает отличные результаты.

6. Литература

- [1] Марчу, В.И. Методы цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач / В.И. Марчук, 2012. – М.: Радиотехника, 2012. – 128 с.
- [2] Воронин, В.В. Восстановление искаженных пикселей изображений на основе текстурно-геометрической модели / В.В. Воронин, Е.А. Семенищев, В.А. Франц, И.С. Свиринов // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12-1. – С. 17-21
- [3] Perona, P. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion / P. Perona, J. Malik // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 12(7), 1990. – PP. 629-639.
- [4] Гаврилов, Н.И. Оценка качества визуализации медицинских и научных данных в величинах отношения пикового сигнала к шуму / Н.И. Гаврилов, В.Е. Турлапов // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского*, 2012. – №5. – С.266-275.
- [5] Wang Z., Bovik A.C. Modern image quality assessment // *Synthesis lectures on image, video & multimedia processing*. Morgan & Claypool, 2006.

Об авторах

Трубаков Андрей Олегович, к.т.н., доцент кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета. Его e-mail trubakovao@gmail.com.

Праздниковая Татьяна Дмитриевна, магистрант кафедры «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета. Ее e-mail tanya.dmitrievna.2016@bk.ru.