

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ЭФФЕКТА ЛОЖНОГО ОКОНТУРИВАНИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

м.н.с. Насонов А.В.¹, проф. Крылов А.С.¹, асп. Черноморец А.А.¹, проф. Динг Йонг²

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

Лаборатория математических методов обработки изображений

²Институт интегральных схем Чжэцзянского университета, Ханчжоу, Китай

Аннотация

Работа посвящена созданию методики тестирования алгоритмов для анализа эффекта ложного оконтуривания на изображениях. Основным инструментом для этого является разрабатываемая база данных изображений с эффектом ложного оконтуривания. Для анализа эффекта ложного оконтуривания разработан алгоритм выделения базовых контуров, возле которых возникает эффект ложного оконтуривания.

1. 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 достаточно часто встречается для ряда 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. Основной математической моделью, лежащей в основе эффекта ложного оконтуривания, является эффект Гиббса.

Эффект Гиббса и ложное оконтуривание обычно возникают после действия различных алгоритмов обработки изображений. Наиболее часто артефакт ложного оконтуривания возникает после сжатия с потерями [1]. 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.

Типичные примеры эффекта Гиббса и ложного оконтуривания приведены на рис. 1.



Рис. 1. Примеры изображений с артефактом ложного оконтуривания.

Разработка алгоритмов автоматического обнаружения и подавления ложного оконтуривания на изображениях сопряжена с необходимостью их оценки и проверки. Для проведения такой оценки необходимо построение базы данных изображений с эффектом ложного оконтуривания, содержащих как эталонные изображения без эффекта ложного оконтуривания, так и изображения с эффектом ложного оконтуривания, для которых вычислена субъективная оценка уровня эффекта ложного оконтуривания и заранее найдены области, в которых возникает эффект ложного оконтуривания.

Существующие базы изображений с ложным оконтуриванием охватывают лишь небольшую часть случаев, приводящих к возникновению эффекта ложного оконтуривания. В них рассматривается возникновение эффекта ложного оконтуривания после компрессии изображений с помощью алгоритмов JPEG [2] и JPEG2000 [3]. При этом не существует баз, содержащих изображения с эффектом ложного оконтуривания, полученным в результате работы алгоритмов повышения разрешения и резкости и других алгоритмов.

2. База данных изображений с эффектом ложного оконтуривания

Необходимым условием для разработки методов обнаружения и подавления эффекта ложного оконтуривания на изображениях является создание базы данных изображений с эффектом ложного оконтуривания, полученного в результате действия различных алгоритмов обработки изображений.

Наиболее логичным при построении такой базы данных является моделирование эффекта Гиббса и ложного оконтуривания с помощью различных алгоритмов обработки изображений, используемых на практике. При этом важно охватить большинство способов, приводящих к возникновению эффекта ложного оконтуривания.

В разрабатываемой базе данных реализованы и планируется реализовать следующие виды изображений с эффектом Гиббса и ложным оконтуриванием:

1. Изображения с эффектом Гиббса «в чистом виде», полученные с помощью воздействия низкочастотных фильтров на изображение. При этом эффект Гиббса проявляется в виде чередующихся полос возле резких контуров.

2. Результаты использования рядов Фурье с базисами, отличными от тригонометрического (например, с базисами функций Эрмита и Лагерра).

3. Изображения, полученные в результате:

а) программного повышения разрешения;

б) подавлении размытия и повышении резкости.

4. Компрессированные изображения с артефактом ложного оконтуривания, характерного для данного вида компрессии.

Первая версия разрабатываемой базы данных доступна по адресу [4].

3. Выделение областей с эффектом ложного оконтуривания

Необходимым этапом для разработки алгоритма обнаружения и подавления артефакта ложного оконтуривания является разработка алгоритма поиска областей, в которых наблюдается эффект ложного оконтуривания [5].

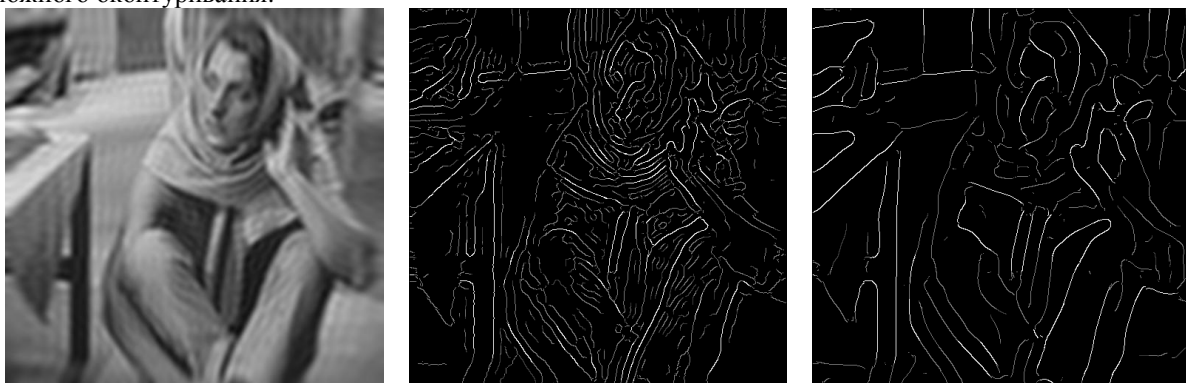
Ложное оконтуривание наблюдается возле контуров с большим перепадом интенсивности. Для его обнаружения наиболее эффективно использовать окрестности контуров, в которых ложное оконтуривание накладывается минимальное количество наводок от прочих эффектов.

Были сформированы следующие требования к интересующим нас контурам:

1. Осцилляции эффекта Гиббса не должны детектироваться как контуры. На рис. 2 приведён пример выделения контуров с помощью метода Канни [5] с разными параметрами σ для изображения с ложным оконтуриванием с шириной осцилляций $p = 8$. В методе Канни в каждом пикселе изображения вычисляется градиент путём свертки изображения с производными функции Гаусса с определённой σ , затем находятся локальные максимумы модулей градиента. При использовании $\sigma = 1$ осцилляции ложного оконтуривания детектируются как контуры, тогда как при $\sigma = p = 8$ остаются только контуры без осцилляций эффекта ложного оконтуривания.

Проведённый ранее анализ [6] показал, что при детектировании контуров с помощью метода Канни при $\sigma = p$ выделяются только контуры, но не осцилляции, связанные с эффектом Гиббса.

В случае выделения контуров на референсном изображении при больших σ может произойти смещение контуров, что негативно скажется на результатах алгоритмов обнаружения эффекта Гиббса и ложного оконтуривания.



а) исходное изображение

б) $\sigma = 1$

в) $\sigma = 8$

Рис. 2. Результат выделения контуров с помощью метода Канни [6] при разных σ .

2. Интересующие нас контуры должны быть достаточно удалены друг от друга.

Осцилляции эффекта Гиббса от близкорасположенных контуров могут накладываться друг на друга (см. рис. 3). В этом случае обнаружение эффекта Гиббса является затруднительным. Поэтому мы накладываем требование на минимальное расстояние между контурами. Практический анализ показал, что достаточно использовать минимальное расстояние, равное $3p$, для того, чтобы эффект от взаимного наложения осцилляций Гиббса был незначителен.

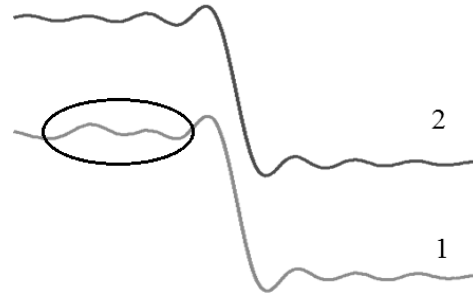
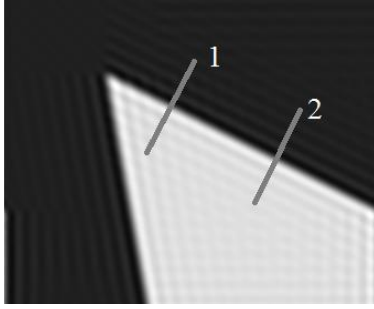


Рис. 3. Наложение осциллирующий эффекта Гиббса от близкорасположенных контуров.

3. При выделении базовых контуров на референсном изображении необходимо принять во внимание эффект маскирования и смещение контуров [7]. При моделировании эффекта Гиббса и ложного оконтуривания происходит потеря высокочастотной информации. Это приводит к поглощению контуров с малым модулем градиента близлежащими контурами с большим модулем градиента. На рис. 4 показан пример эффекта маскирования и смещения контуров при потере высокочастотной информации в результате свёртки с фильтром Гаусса.



Рис. 4. Эффект маскирования и смещения контуров при гауссовом размытии. Слева: профили контуров, справа: значение градиента с отмеченными локальными максимумами. Верхний ряд: слабое размытие, средний: среднее размытие, нижний: сильное размытие.

Эффект смещения контуров проявляется в случае, если расстояние между контурами меньше, чем $2p$.

На основании изложенных выше требований была поставлена задача поиска базовых контуров, в окрестности которых обнаруживается эффект Гиббса и ложное оконтуривание.

Задача заключается в нахождении контуров на изображении, для которых выполнены следующие условия:

1. Точка контура не маскирована другими контурами:

$$g_{i_0, j_0} > \max_{i, j} g_{i, j} \varphi((i - i_0)^2 + (j - j_0)^2), \quad (1)$$

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

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

где $h = \frac{1}{2}$.

Значение параметра R выбирается в соответствии с уровнем шума. Мы используем $R = p$.

2. 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 $R = 2p$. При анализе изображений с ложным оконтуриванием при отсутствии референсного изображения мы используем $R = p$.

3. Хотя бы с одной стороны от точки контура до ближайшего контура расстояние больше $3p$.

4. Модуль градиента $g_{i, j}$ выше порога g_0 . Это условие используется для снижения влияния шума на эффект ложного оконтуривания.

Назовём контуры, прошедшие первое условие, немаскированными контурами, а контуры, удовлетворяющие всем условиям — базовыми контурами.

На рис. 5 приведён результат выделения базовых контуров на изображении, возле которых присутствует эффект ложного оконтуривания. При этом основные артефакты, связанные с эффектом Гиббса, видны именно в выделенных областях.



Рис. 5. а) исходное изображение



б) результат выделения базовых контуров: белым цветом обозначены базовые контуры, серым — контуры, прошедшие условие маскирования (1), но не являющиеся базовыми.



в) результат выделения областей, в которых может обнаруживаться эффект ложного оконтуривания

4. Заключение

В работе предложена методика анализа эффекта ложного оконтуривания на изображениях. Разработанный алгоритм выделения базовых контуров позволяет находить контуры, возле которых возникает эффект ложного оконтуривания. Создана первая версия базы данных изображений с эффектом ложного оконтуривания. В ближайшие планы работы включено также вычисление субъективной оценки уровня эффекта ложного оконтуривания для изображений базы данных.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы».

Литература

- [1] C. C. Koh, S. K. Mitra, J. M. Foley, and I. Heynderickx, "Annoyance of Individual Artifacts in MPEG-2 Compressed Video and Their Relation to Overall Annoyance," in *SPIE Proceedings, Human Vision and Electronic Imaging X*, vol. 5666, pp. 595-606, March 2005.
- [2] H. Liu, N. Klomp and I. Heynderickx, "A Perceptually Relevant Approach to Ringing Region Detection", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 19, pp. 1414-1426, June, 2010.
- [3] H. R. Sheikh, Z. Wang, L. Cormack and A. C. Bovik, "LIVE Image Quality Assessment Database", <http://live.ece.utexas.edu/research/quality>
- [4] <http://imaging.cs.msu.ru/research/ringing/database>
- [5] A. V. Nasonov, A. S. Krylov. "Finding Areas of Typical Artifacts of Image Enhancement Methods" // *Pattern Recognition and Image Analysis*, Vol. 21, No. 2, 2011, pp. 316–318.
- [6] J.A.Canny. Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6):679–698, 1986.
- [7] A. V. Nasonov, A. S. Krylov. "Image enhancement quality metrics" // In: 21-th International Conference on Computer Graphics GraphiCon'2011. Moscow, Russia, 2011, pp. 128–131.