

УДК 004.93:519.71

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПониЖЕНИЯ ШУМА В ИЗОБРАЖЕНИЯХ СКАНИРОВАННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Молчанова В.С.

THE EFFECTIVE METHOD OF NOISE REDUCTION IMAGES OF THE SCANNED ENGINEERING DRAWINGS

Molchanova V.S.

В статье предлагается метод адаптивного подавления шума на изображениях технических чертежей. Этот метод учитывает специфические особенности технических чертежей, а также распределение и уровни шума, присущие им. В отличие от существующих подходов, предложенный метод предполагает предварительный анализ исходного изображения, на основании которого, выбирается соответствующая комбинация медианного и морфологического фильтров, а также их параметры, наиболее подходящие для выбранного изображения. Проведенные эксперименты показали эффективность данного метода.

Ключевые слова: инженерный чертеж, адаптивное подавление шума, распределение шума, уровень шума, толщина линии

Введение

В процессе автоматизированного анализа и распознавания инженерных чертежей одной из основных проблем является проблема подавления шума [1-3], возникающего в процессе их сканирования с бумажных носителей. Шум на изображении негативно сказывается на результате распознавания и снижает общую производительность программных систем анализа инженерных чертежей.

Описанные в литературе методы подавления шума в зависимости от математического аппарата, на основании которого построены, могут быть классифицированы следующим образом:

- Статистические методы (медианный фильтр [1], ранжирующий фильтр [1]),
- Методы преобразования областей [2];
- Нечеткие методы [2,3].

Однако все эти подходы не учитывают специфические особенности сканированных инженерных чертежей, а также возможные типы и уровни шума, присущие изображениям такого типа. Поэтому в процессе обработки инженерных

чертежей этими методами, результат не всегда удовлетворительный.

Целью работы является разработка метода шумоподавления, более точно учитывающего особенности изображений технических чертежей, в частности распределение на них шума, что на наш взгляд повысит производительность анализа инженерных чертежей.

Работа имеет следующую структуру: во 2 разделе анализируются особенности инженерных чертежей и классифицируются уровни и типы шумов, присущие им; в 3 разделе описан метод оценки толщины линии; в 4 разделе описаны методы оценки распределения и уровня шума; в 5 разделе предлагается адаптивный метод подавления шума; в разделе 6 представлены результаты экспериментов; выводы представлены в разделе 7.

Особенности шума на инженерных чертежах

В целях достижения полноты описания проблемы необходимо выделить специфические особенности инженерных чертежей, не позволяющие в полной мере использовать традиционные методы подавления шума на изображениях. Наиболее значимыми среди них являются следующие:

- 1) толщина линий примитивов ограничена несколькими дискретными значениями;
- 2) края примитивов (например, линии и углы) гладкие;
- 3) фон и примитивы монохромные.

На рисунке 1а показано исходное изображение инженерного чертежа, не содержащее каких-либо помех и шума. На рисунках 1б-1в к исходному изображению добавлен шум. На рисунке 1б шум распределен равномерно по площади изображения, а на рисунке 1в шум присутствует лишь в окрестностях контура.

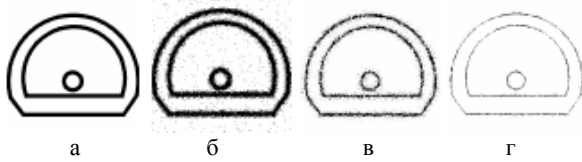


Рис. 1. Примеры инженерных чертежей

Для бинарных технических чертежей характерно 3 типа шума: Гауссов шум, высокочастотный шум и шум «твердого карандаша». Независимо от типа шума, степень зашумленности изображения характеризуется уровнем шума. Оценка качества изображения выполняется с учетом характеристик, как примитивов, так и шума. Наиболее важной характеристикой примитива является толщина его линии.

Оценка толщины линии примитива

В работе [4] предлагается метод оценки толщины линии, основанный на вычислении максимума локальных минимумов толщины объекта. Оценка толщины объекта O в точке (x, y) определяется как минимальное расстояние d от границы объекта до точки фона (рисунок 2). Прямая, определяющая это расстояние должна пересекать объект и быть параллельна одной из координатных осей.

$$D = \min\{dl_{y,p}, dl_{x,p}\}, W_{line} = \max\{D_{l_p}\}, p \in O$$

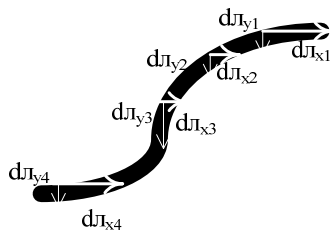


Рис. 2. Оценка расстояния от контура до фона

Необходимость в оценке толщины линии контура обусловлена тем, что дальнейшая фильтрация предполагает следующие ограничения: все примитивы на изображении имеют контур одинаковой толщины; уровень шума изображений умеренный; расстояние между примитивами намного больше толщины линий; геометрические размеры искаженных шумом областей меньше, чем средняя толщина линии примитивов на чертеже. В противном случае, отделить полезные данные и шум автоматизированным путем будет затруднительно, а в некоторых случаях сложно даже для человека.

Распределение шума и оценка уровня шума

Для получения достоверной оценки шума нам представляется необходимым его описать в двух аспектах: 1) распределение шума, которое оценивается блочным методом; 2) уровень шума, который оценивается как сигнал коэффициента шума.

Оценка распределения шума

На инженерных чертежах встречается два основных типа распределения шума: равномерное распределение шума на изображении (рисунок 1б); распределение шума в окрестностях примитива (рисунок 1в). Назовем их ТИП1 и ТИП2 соответственно. Для определения, к какому типу относится шум на изображении, предлагается использовать блочный медианный фильтр [1]. Суть этого метода состоит в том, что изображение делится на локальные блоки размером 10×10 пикселей как показано на рисунке 3. Размер «окна» фильтра примем равным 3×3 . Будем считать, что блок содержит шум, если хоть одна его точка искажена. Предположим изображение содержит $M \times N$ блоков, из которых Z искажены шумом. Можно рассчитать распределение шума D_{noise} по формуле:

$$D_{noise} = \frac{Z}{M \times N}$$

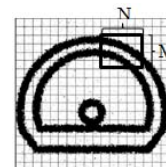


Рис. 3. Блочный метод для оценки распределения шума

Задается некоторый порог распределения $T_{distrib} \approx 0,4-0,6$, для которого будет справедливым: если $D_{noise} \geq T_{distrib}$, то изображение искажено шумом типа ТИП1, во всех остальных случаях шум относится к типу ТИП2.

Оценка уровня шума

Далее необходимо оценить уровень шума. Необходимость данного этапа состоит в том, что для различных уровней шума, используются различные методы его подавления, а при некорректном использовании методов фильтрации, фильтр может вместе с шумом удалить и полезную информацию.

Для описания уровня шума на изображении предлагается использовать отношение сигнал-шум (ОСШ). Для расчета ОСШ используется медианный фильтр, размер шаблона которого составляет $1,5W_{line} \times 1,5W_{line}$. Такой фильтр позволяет уменьшить шум, сохранив при этом все примитивы. Предположим, что все примитивы окрашены в черный цвет, а фон - в белый. Для начала подсчитаем количество всех черных пикселей на изображении и обозначим их как Q . Затем для удаления шума однократно применяется медианный фильтр и количество черных пикселей снова пересчитывается. Обозначим это число как P . P - это количество точек, принадлежащих примитивам, это значение отражает уровень сигнала. $Q-P$ - количество шумовых точек, которые были удалены в процессе фильтрации, это значение

отражает уровень шума. Если $Q-P=0$ это значит, что изображение не содержит шума. При $Q-P \neq 0$ ОСШ определим как:

$$ОСШ = \frac{P}{Q - P}$$

Обычно низкое значение *ОСШ* отражает высокий уровень шума. Например, *ОСШ* изображений 1б и 1в составляют 2,399 и 1,443 соответственно. Это значит, что уровень шума на рисунке 1в выше, чем на рисунке 1б.

Существует и другая форма повреждения изображений инженерных чертежей, как показано на рисунке 1г, где примитивы слишком тонкие и прерывистые. При применении медианного фильтра к таким типам изображений, примитивы также рассматриваются как шум и поэтому удаляются с изображения. В результате *ОСШ* у них очень мала (меньше 0,3), что показывает необходимость

использования различных методов фильтрации для каждого типа шума.

Адаптивная система шумоподавления

Большинство методов снижения шума заменяют каждый пиксел с определенным значением функции на значение пикселов окрестности. Поскольку как полезный сигнал, так и многие типы шумов имеют одинаковые частотные компоненты, их нельзя классифицировать по частоте. Таким образом, применение линейных фильтров для удаления шума на изображениях инженерных чертежей невозможно.

Для различия шума и полезного сигнала используются адаптивные алгоритмы шумоподавления, особенность которых состоит в сохранении или усилении полезного сигнала в процессе удаления шума. Наиболее популярными среди таких фильтров являются медианный фильтр и морфологический фильтры [1]. Их эффективность зависит от размера структурирующего элемента. Таким образом, очень важно выбрать его правильно.

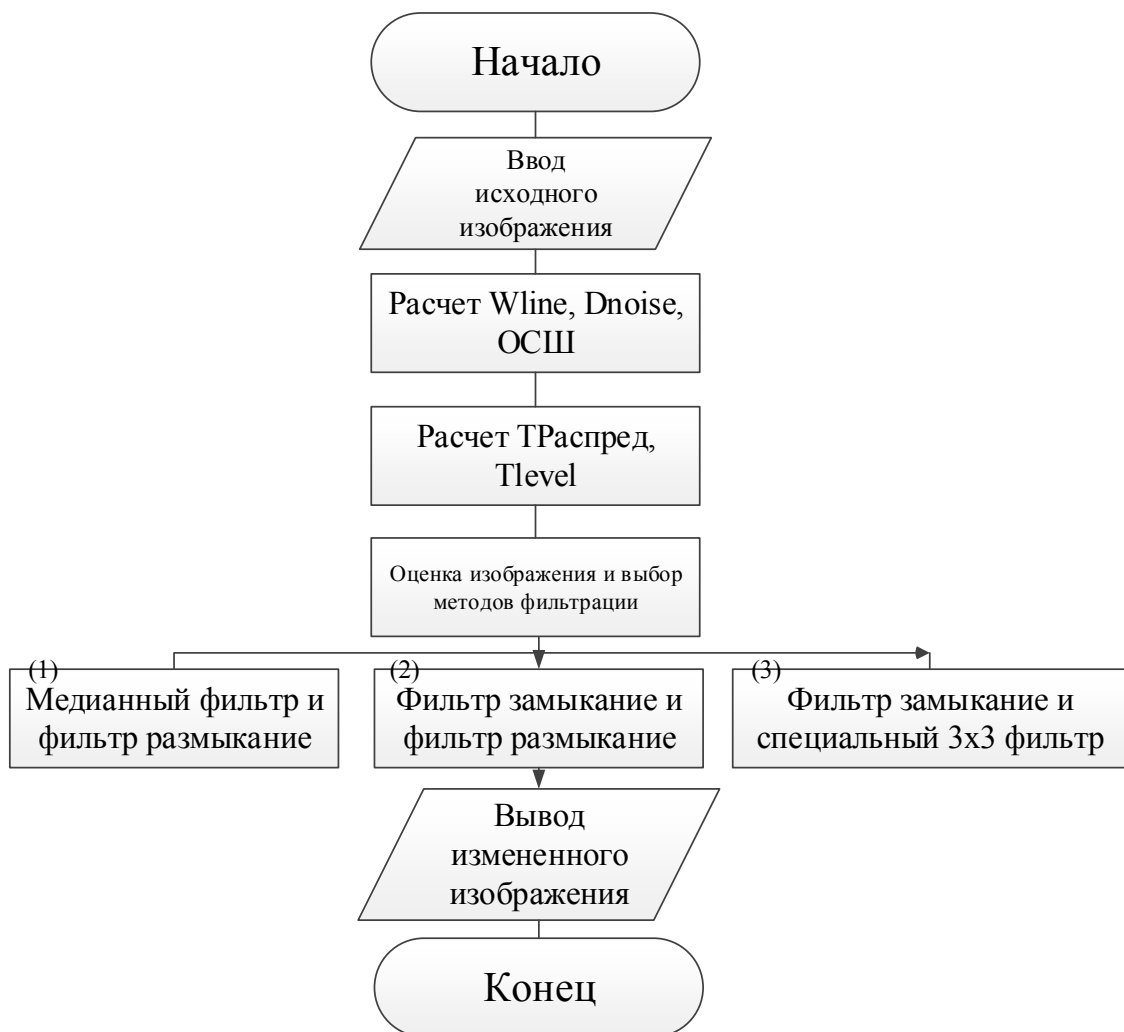


Рис. 4. Блок-схема АПШ

На основании характеристик примитивов и шума, полученных в разделах 3 и 4 разработан адаптивный метод подавления шума (АПШ). Блок-схема метода АПШ показана на рисунке 4. Этот метод использует медианный и морфологический фильтры, а также регулировку размера шаблона и структурирующего элемента, исходя из индивидуальных характеристик обрабатываемого изображения. Обозначим как W_{line} , D_{noise} и $ОСШ$ толщину линии, распределение шума и уровень шума на изображении. Пусть $T_{распред}$, T_{level} заданные пороги для D_{noise} и $ОСШ$, dse - диаметр структурирующего элемента. Рассмотрим следующие ситуации:

(1) Если $D_{noise} \geq T_{распред}$ и $ОСШ \geq T_{level}$, то на изображении преобладает Гауссов шум, скомбинированный с высокочастотным шумом, в этом случае целесообразно использовать медианный фильтр с окном $1,5W_{line} \times 1,5W_{line}$ для удаления Гауссова шума, а затем фильтр размывание со структурирующим элементом $dse=0,8W_{line}$ для уменьшения высокочастотного шума и сглаживания примитивов [1].

(2) Если $D_{noise} < T_{распред}$ и $ОСШ \geq T_{level}$, то шум преимущественно распределен вокруг примитива и преобладающим является шум «твердого карандаша» и высокочастотный шум, скомбинированный с Гауссовым шумом. Для удаления пробелов, вызванных шумом «твердого карандаша», используется морфологический фильтр замыкание со структурирующим элементом $dse=0,5W_{line}$, а для удаления высокочастотного шума- фильтр размывание со структурирующим элементом $dse=0,8W_{line}$ [1].

(3) Если $ОСШ < T_{level}$ это значит, что примитивы на изображении слишком тонкие и могут быть повреждены. В таком случае сначала используется фильтр-замыкание со структурирующим элементом $dse=W_{line}$ для соединения примитивов, затем во избежание потери полезной информации для удаления шума используется специальный фильтр 3×3 , который для бинарных изображений изменяет значение центрального элемента, только когда значения всех остальных 8 соседей отличаются от него. Это позволяет удалить все шумовые точки, сохранив при этом примитив, даже если его ширина составляет 1 пиксел [1].

Результаты экспериментов

Разработан прототип системы, основанной на предложенном методе. Тестирование метода проводилось на примере нескольких зашумленных изображений инженерных чертежей, взятых с базы международного конкурса распознавания символов [5].

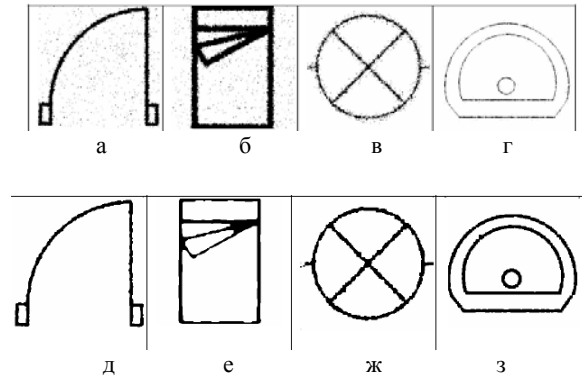


Рис. 5. Сравнение исходного и отфильтрованного изображения

На рисунке 5 показаны результаты эксперимента для четырех изображений. В верхней строке содержатся изображения, содержащие различные типы и уровни шума, а в нижней- результат применения разработанного адаптивного метода снижения шума при $T_n=0.25$, $T_{распред}=0,5$, $T_{level}=0.5$.

Таблица

Результаты оценки шума изображений на рисунке 5

	W_{line}	D_{noise}	$ОСШ$
Рис 5(а)	5,7	0,646	3,678
Рис 5(б)	9,77	0,648	7,937
Рис 5(в)	3,00	0,386	1,414
Рис 5(г)	2,5	0,229	0,285

В таблице представлены значения W_{line} , D_{noise} , $ОСШ$, рассчитанные предложенным методом. Из результатов, полученных в результате экспериментов, можно увидеть, что предложенный в работе метод, может эффективно снижать шум, сохраняя полезную информацию.

Выводы

В данной работе проанализированы особенности различных типов и уровней шума на инженерных чертежах. Предложен метод оценки толщины линии, оценки распределения и уровня шума. На их основании разработан метод адаптивного подавления шума (АПШ). В сравнении с другими методами шумоподавления, этот метод позволяет регулировать размер шаблона медианного фильтра и структурирующего элемента морфологического фильтра в соответствии с различными типами и уровнями шума. Метод позволяет удалять шум, сохраняя при этом полезную информацию о примитиве как показано выше. Экспериментальные результаты показали эффективность предложенного метода.

Дальнейшее развитие предложенной методики целесообразно выполнять в следующих направлениях: устранение ограничения на одинаковую толщину линии примитива, устранение шума на границе примитива, сохраняя при этом мелкие детали примитива. Возможным путем ее решения является выделение доминантной толщины

линии. После того, как это значение определено, можно сфокусировать внимание на подгонке параметров предложенного метода для различных примитивов с учетом толщины их линий на одном чертеже. Результаты, полученные в ходе выполнения данной работы, будут использованы как одна из составляющих автоматизированной системы распознавания и векторизации конструкторских чертежей, разрабатываемой автором в рамках диссертационной работы.

Л и т е р а т у р а

1. Абрамејко С. В. Обработка изображений: технология, методы, применение/ Абрамејко С. В., Лагуновский Д.М. – Минск: Амалфея, 2000. – 304 с.
2. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Павлидис Т. – М.: Радио и связь, 1986. – 198 с.
3. Красильников Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие / Красильников Н. Н.– СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 608 с
4. Молчанова В. С. Задача классификации сложных специфических объектов на растровых изображениях конструкторских чертежей / Молчанова В. С. // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2014.- №1.–[В печати].
5. GREC2003 Symbol Recognition Contest [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.cvc.uab.es/grec2003/SymRecContest/images.htm>.

R e f e r e n c e s

1. Ablamejko S. V. Obrabotka izobrazhenij: tehnologija, metody, primenenie/ Ablamejko S. V., Lagunovskij D.M. – Minsk: Amalfeja, 2000. – 304 s.
2. Pavlidis T. Algoritmy mashinnoj grafiki i obrabotki izobrazhenij / Pavlidis T. – M.: Radio i svjaz', 1986. – 198 s.
3. Krasil'nikov N. N. Cifrovaja obrabotka 2D- i 3D-izobrazhenij: ucheb. posobie / Krasil'nikov N. N.– SPb. : BHV-Peterburg, 2011. – 608 s
4. Molchanova V. S. Zadacha klassifikacii slozhnyh specificheskikh ob#ektov na rastrovyyh izobrazhenijah konstruktorskih chertezhej / Molchanova V. S. // Radiojelektronika, informatika, upravlenie. – 2014.- №1.–[V pechati].
5. GREC2003 Symbol Recognition Contest [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa :

<http://www.cvc.uab.es/grec2003/SymRecContest/images.htm>.

Молчанова В. С. Эффективный метод понижения шума в изображениях скановати инженерних креслень

У статті запропоновано метод адаптивного зниження шуму на зображеннях технічних креслень. Цей метод враховує специфічні особливості технічних креслень, а також розподіл і рівні шуму, властиві їм. У відмінності від існуючих підходів, запропонований метод передбачає попередній аналіз вихідного зображення, на підставі якого, вибирається відповідна комбінація медіанного і морфологічного фільтрів, а також їх параметри, найбільш відповідні для вибраного зображення. Проведені експерименти показали ефективність даного методу.

Ключові слова: інженерне креслення, адаптивне придушення шуму, розподіл шуму, рівень шуму, товщина лінії.

Molchanova V.S. The effective method of noise reduction in images scanned engineering drawings

In this paper, we propose a method of adaptive noise reduction in images of technical drawings. This method takes into account the specific features of engineering drawings, as well as the distribution and levels of noise inherent in them. Unlike existing approaches, the proposed method involves a preliminary analysis of the original image, based on which, to select the appropriate combination of median and morphological filters and their parameters that are most appropriate for the selected image. The experiments have shown the effectiveness of this method.

Key words: engineering drawing, adaptive noise reduction, distribution noise, noise level, line thickness

Молчанова Вера Сергеевна, ст. преподаватель, г. Мариуполь, Донецкая область, ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет», факультет информационных технологий, кафедра информатики, vp24@yandex.ru.

Рецензент: **Даніч В.М.**, д.т.н., професор.

Статья подана 11.03.14