

УДК 004.932.4

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСФОКУСИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БАЗЕ ФИЛЬТРА ВИНЕРА

Коротыш Д.В., Строкань О.В.

*Мелитопольский государственный университет имени А.С.Макаренко, Мелитополь, Россия, e-mail: oksana.strokan@gmail.com*

---

**Аннотация.** Работа посвящена вопросу восстановления смазанных изображений методом слепой обратной свертки. Работа посвящена вопросу восстановления смазанных изображений методом слепой обратной свертки. В статье даны основные определения по восстановлению искаженных изображений, а именно – размытие, смазливость. Приведены модель процесса искажения, искажающих функций, модель шума, теорема о свертке, инверсная фильтрация. Рассмотрены существующие подходы для деконволюции, фильтр Винера, регуляризация по Тихонову, фильтр Люси-Ричардсона, слепая деконволюция.

---

*Ключевые слова* – изображение, восстановление, расфокусированность, метод, слепая обратная свертка.

## RECOVERY OF SMEAR IMAGES BY THE BLIND INVERSE CONVOLUTION METHOD

Korotysh D.V., Strokan O.V.

*Makarenko Melitopol State University, Melitopol, Russia, e-mail: oksana.strokan@gmail.com*

---

**Abstract.** The work is devoted to the issue of restoring blurred images by the method of blind inverse convolution. The work is devoted to the issue of restoring blurred images by the method of blind inverse convolution. The article gives the main definitions for the restoration of distorted images, namely, blur, cuteness. A model of the distortion process, distorting functions, a noise model, a convolution theorem, and inverse filtering are given. Existing approaches for deconvolution, Wiener filter, Tikhonov regularization, Lucy-Richardson filter, blind deconvolution are considered.

---

*Key words* – image, restoration, defocus, method, blind deconvolution.

**Введение.** Почти каждый современный человек, когда-то сталкивавшийся с фотооборудованием, знаком с проблемой смазанного или расфокусированного изображения [1]. Этот дефект очень часто встречается в современном мире фотофиксации. Однако это не большая проблема, когда смазывание возникает во время частной фотосессии – «плохие» кадры удаляются, а момент съемки можно повторить. Проблема становится тогда, когда на смазанном изображении зафиксировано лицо преступника или последствия катастрофы. Решить проблему возможно путем использования цифровой техники, работа которой основывается на современных цифровых способах обработки сигналов. Особое развитие в условиях сегодняшнего дня приобретают методы цифровой обработки изображений, поскольку они составляют значительную часть общего трафика мультисервисных сетей [1]. Решение задач

при работе с цифровыми изображениями требует особого труда и знания специфических методов обработки этих изображений. В связи с этим важной задачей перед учеными и инженерами является усовершенствование современных и разработка новых методов цифровой обработки изображений.

**Цель исследования.** Основным элементом фотоустройств является светочувствительная ПЗС-матрица, которая предназначена для преобразования, спроектированного на него оптического изображения в аналоговый электрический сигнал, или в поток цифровых данных [2,3]. При использовании светочувствительной ПЗС-матрицы возникает ряд проблем и дефектов: шум, неправильная экспозиция, дисторсия, смазка и расфокусировка. Для устранения этих дефектов используются специальные инструменты, имеющиеся у каждого современного фоторедактора. Поэтому целью данной работы является разработка информационной системы повышения качества фотоизображения путем восстановления расфокусированных или смазанных фотоизображений, которые образуются во время работы фотофиксирующей техники.

**Материал и методы исследования.** Для обработки фотоизображений в настоящее время существует богатый арсенал всяческого компьютерного оборудования и программного обеспечения. Наиболее широкое использование получил метод «слепой деконволюции» (слепая обратная свертка) – это известный метод восстановления оригинального изображения на основе нескольких или одного смазанного кадра [2].

Есть несколько алгоритмов или подходов к работе с деконволюцией и их автоматизированные программные реализации: фильтр Винера [4], фильтрация Тихонова или Тихоновская регуляризация [5], слепая деконволюция [6].

Для реализации деконволюции требуется библиотека преобразования Фурье. И в настоящее время существует несколько библиотек с различными собственными преимуществами и недостатками: библиотека FFTW является набором модулей на языках С и Фортран для вычисления быстрого преобразования Фурье (БПФ); библиотека ALGLIB – это кросс-платформная библиотека численного анализа; библиотека Intel® Math Kernel Library(Intel® MKL); программная библиотека AMD Core Math Library.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Рассматривая обновление расфокусированных или смазанных изображений со стороны элементарной математики, можно представить такой случай. Есть ряд пикселей со значениями:  $x_1, x_2, x_3, x_4 \dots$  – это начальное изображение. После смазки изображения значение каждого пикселя добавляется к значению пикселя например слева, т.е.:  $x'_i = x_i + x_{i-1}$ .

В результате имеем размытое изображение со значениями пикселей:  $(x_1+x_0), (x_2+x_1), (x_3+x_2), (x_4+x_3)\dots$  – это смазанное некачественное изображение. Для восстановления смаза вычтем

последовательно по цепочке значение по схеме – из второго пикселя первый, из третьего результат второго, из четвертого результат третьего и так далее, получим:  $(x_1 + x_0)$ ,  $(x_2 - x_0)$ ,  $(x_3 + x_0)$ ,  $(x_4 - x_0)$ ... В результате получаем восстановленное изображение.

Но есть еще одна проблема изображения – цифровой шум [3]. Цифровой шум – это дефект изображения, вносимый фотосенсором и электроникой используемых их устройств (цифровой фотоаппарат, теле-видеокамеры и т. п.). Как показывает анализ методов [4-6], учитывающих наличие шума, показал, что наиболее легким в программной реализации и самым быстрым в работе является фильтр Винера.

Для решения поставленной задачи воспользуемся языком программирования высокого уровня C++. Для разработки информационной системы выбираем кросс-платформенный инструмент разработки Qt [8]. Он имеет бесплатную, не коммерческую лицензию, распространяемую с помощью GNU GPL и профильную направленность языка программирования C++. С легкостью позволяет подключать внешние библиотеки и реализовать масштабируемость разрабатываемой информационной системы.

Разрабатываемая информационная система направлена на восстановление расфокусированных и смазанных изображений, полученных через фотофиксирующую технику предприятия. Система работает с изображениями, а для добавления файлов в рабочую среду системы есть классы ввода и вывода. Эти классы будут отвечать за открытие файлов, за работу с буфером обмена, за сохранение восстановленных изображений на различных носителях.

Визуализацию структуры информационной системы можно увидеть на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура информационной системы.

Главный листинг алгоритма деконволюции через фильтр Винера изображен на рисунке 2.

```
void DeconvolutionTool::deconvolutionByWiener(ProcessingContext*
processingContext) {
    double K = pow(1.07, processingContext->blur->smooth)/10000.0;
    int N = (processingContext->width/2+1) * processingContext-
>height;
    for(int i=0; i<N; i++) {
        double energyValue = pow(processingContext-
>kernelFFT[i][0], 2) + pow(processingContext->kernelFFT[i][1], 2);
        double wienerValue = processingContext->kernelFFT[i][0] /
        (energyValue + K);
        processingContext->inputImageFFT[i][0] = wienerValue *
processingContext->inputImageFFT[i][0];
        processingContext->inputImageFFT[i][1] = wienerValue *
processingContext->inputImageFFT[i][1];
    }
}
```

Рисунок 2 – Листинг реализации фильтра Винера.

Для осуществления диалогами между системой и пользователем разработан интерфейс пользователя. Главное окно интерфейса пользователя включает область меню и область восстановления со всеми деталями настроек в виде элементов формы (рис. 3). Интерфейс поддерживает Windows Aero.

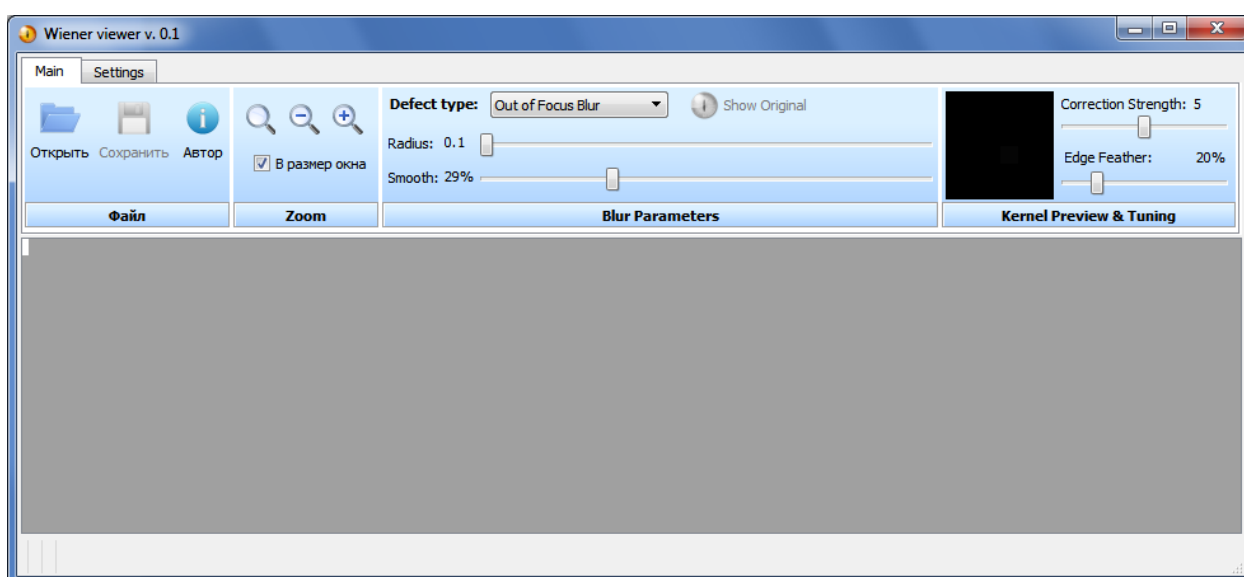
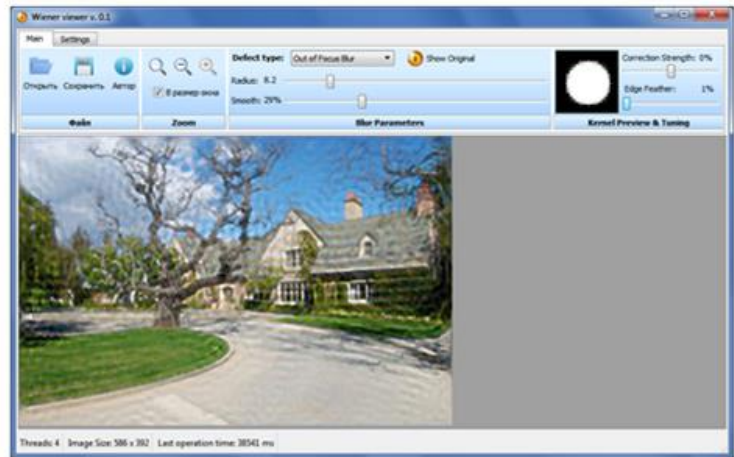


Рисунок 3 – Форма интерфейса главного окна информационной системы.

Интерфейс пользователя делится на две области: меню и восстановление. В области меню пользователь имеет возможность контролировать и изменять все настройки процесса восстановления, а в области восстановления на загруженное некачественное изображение будут в режиме реального времени применяться выбранные выше в меню настройки восстановления. На рисунке 4,а представлен пример расфокусированного изображения, а на рисунке 4,б – результат работы разработанной системы.



а)



б)

Рисунок 4 – Пример восстановления расфокусированного изображения

Разработанная информационная система работы позволяет визуализировать всю работу информационной системы на базе фильтра Винера, а разработанный интерфейс пользователя – представить всю систему как единый механизм.

**Выводы.** Результатом выполнения работы является спроектированная логика, структурная схема, интерфейс пользователя и программная реализация информационной системы автоматизированного восстановления расфокусированных изображений. На основе обзора методов восстановления разработан алгоритм на базе фильтрации Винера как основной для работы информационной системы.

### Список литературы.

1. Сальников И.И., Мартенс-Атюшев Д.С. МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3-2. С. 276-277;
2. Ямбаев Харьес Каюмович, Староверов Сергей Вячеславович. Особенности фоточувствительных приемников с зарядовой связью и их возможности в геодезии и метрологии // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-fotochuvstvitelnyh-priemnikov-s-zaryadovoy-svyazyu-i-ih-vozmozhnosti-v-geodezii-i-metrologii>
3. Малкина В.М., Строкань О.В. Методика классификации объектов цифрового изображения крови на основании их геометрических характеристик // Университетская наука серия «Информационные технологии». 2016. № 2 С. 152-155.
4. Винеровское оценивание // Википедия — свободная энциклопедия. 2021 [Электронный ресурс]. URL: [ru.wikipedia.org/wiki/Винеровское\\_оценивание](https://ru.wikipedia.org/wiki/Винеровское_оценивание)

5. Коробейников А.Г., Федосовский М.Е., Алексанин С.А. Разработка автоматизированной процедуры для решения задачи восстановления смазанных цифровых изображений // Кибернетика и программирование. 2016. № 1. С. 270 - 291.
6. Снеддон И. Преобразование Фурье // Москва: Изд-во иностр. лит., 1955. 668 с.
7. Qt // Википедия — свободная энциклопедия. 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Qt>