

УДК 004.932, 519.642.3

## Определение параметров искажений изображений по Фурье-спектру искаженного изображения

Кондулукова Д.А., Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Научный руководитель: д.т.н., проф. Сизиков В.С., Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Работа выполнена при поддержке гранта МФКТУ ИТМО (проект № 619296).

**Решаемая проблема.** Различные устройства регистрации изображений (цифровые фотоаппараты, видеокамеры, телескопы) записывают изображения объектов (людей, астрономических объектов и т.д.). В этом случае, изображение может быть смазано (из-за сдвига устройства или движения объекта) или дефокусировано (из-за ошибочной установки фокуса), а также зашумлено [1, 2]. Искаженное изображение можно восстановить путём математической и компьютерной обработки, а именно, путем решения интегральных уравнений Фредгольма I рода [2]. Поскольку задача решения данных уравнений является некорректной (неустойчивой), то применяются устойчивые методы регуляризации Тихонова или параметрической фильтрации Винера [1, 2].

Однако даже эти методы весьма чувствительны к неточностям знания ядер интегральных уравнений, или к неточностям задания параметров искажений, а именно, параметров функции рассеяния точки (ФРТ): угла  $\theta$  и величины  $\Delta$  смазывания изображения, а также размеров  $\rho$  и  $\sigma$  пятна дефокусирования изображения. Эффективным способом определения параметров искажений изображений является метод оценки параметров искажений по Фурье-спектру искаженного изображения – так называемый *спектральный метод* оценки параметров ФРТ в задаче восстановления искаженных (смазанных, дефокусированных) изображений [3–5].

**Цель работы** – дальнейшее развитие спектрального метода оценки параметров ФРТ для повышения точности восстановления изображений путем решения интегральных уравнений.

**Базовые положения исследования.** Спектральный метод [3–5] основан на анализе 2-мерного преобразования Фурье искаженного изображения и определении по нему параметров  $\theta$  и  $\Delta$  смазывания и параметров  $\rho$  и  $\sigma$  дефокусирования. Определение данных параметров повышает точность знания ядра интегрального уравнения и, значит, точность восстановления изображения. Спектры искаженных изображений получали и анализировали другие авторы ([6] и др.), однако не были получены формулы для параметров  $\theta$ ,  $\Delta$ ,  $\rho$  и  $\sigma$ . В работах [3–5] впервые получены такие формулы и они использованы в данной работе.

**Промежуточные результаты.** При *смазывании* изображения происходит деформация (сжатие) спектра (преобразования Фурье) изображения в направлении смаза, причем тем большее, чем больше смаз  $\Delta$ . Это связано с тем, что при смазывании подавляются высокие частоты Фурье [3]. По направлению деформации спектра оценен угол смаза  $\theta$ , а по величине деформации оценена величина смаза  $\Delta$  с использованием частоты Найквиста. Выведены уточненные формулы для  $\Delta$ . Аналогично, при *дефокусировании*, когда ФРТ есть однородный круг, получена оценка параметра  $\rho$  – размера пятна дефокусирования изображения с использованием функции Бесселя. Рассмотрен также вариант *дефокусирования*, когда ФРТ есть гауссиана. В этом случае для получения оценки  $\sigma$  использовано правило «трёх сигм». Разработаны программы на MatLab.

Приведены результаты применения спектрального метода для обработки изображений. В качестве примеров смазанных изображений рассмотрены изображения `liftingbody.png` 389×512×3 пкс и `mrt-1-02.bmp` 407×380 пкс (томограмма), а в качестве дефокусированных изображений рассмотрены `kids.tif` 400×318 пкс (малыши) и `m83.jpg` 378×400×3 пкс (галактика) и др. Получены оценки  $\theta$ ,  $\Delta$ ,  $\rho$  и  $\sigma$ , практически совпадающие с точными значениями. Последующее восстанов-

ление искаженных изображений путем решения интегральных уравнений методами регуляризации Тихонова и параметрической фильтрации Винера с использованием значений  $\theta$ ,  $\Delta$ ,  $\rho$  и  $\sigma$ , полученных спектральным методом, дало хорошее восстановление изображений.

**Основной результат.** Автором предложено дальнейшее развитие спектрального метода оценки параметров искажений изображений  $\theta$  и  $\Delta$  при смазывании и параметров  $\rho$  и  $\sigma$  при дефокусировании. Спектральный метод дает оценки параметров, близкие к точным (погрешность в определении угла  $\theta$  – доли градуса, а погрешности в определении  $\Delta$ ,  $\rho$  и  $\sigma$  – доли пкс). Это позволяет с высокой точностью определять ядро интегрального уравнения и получать восстановленное изображение, приближенное к точному изображению (погрешность восстановления 3–10 %).

Разработанная методика может быть использована для восстановления изображений, когда не точно известны параметры искажений изображений.

### Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
2. Сизиков В.С. Прямые и обратные задачи восстановления изображений, спектроскопии и томографии с MatLab. Учеб. пособие. СПб.: Лань, 2017. 412 с.
3. Сизиков В.С. Оценка функции рассеяния точки по спектру искаженного томографического изображения // Оптический журнал. 2015. Т. 82. № 10. С. 13–17.
4. Сизиков В. С. Спектральный способ оценки функции рассеяния точки в задаче устранения искажений изображений // Оптический журнал. 2017. Т. 84. № 2. С. 36–44.
5. Сизиков В.С., Степанов А.В., Меженин А.В., Бурлов Д.И., Экземпляров Р.А. Определение параметров искажений изображений спектральным способом в задаче обработки снимков поверхности Земли, полученных со спутников и самолётов // Оптический журнал. 2018. Т. 85. № 4. С. 19–27.
6. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах. Учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 352 с.