

Устранение равномерного и неравномерного смазывания изображения математическим путем

Довгань А.Н., 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. В работе решаются следующие задачи прямолинейного смазывания изображений (ось x направлена вдоль смаза, а y – перпендикулярно смазу): 1) Равномерное смазывание, одинаковое во всех точках изображения (смаз $\Delta = \text{const}$). 2) Неравномерное смазывание вдоль x (смаз $\Delta = \Delta(x)$). Обратные задачи восстановления изображений описываются набором 1-мерных интегральных уравнений. Задача их решения является некорректной.

Цель данной работы – разработка метода и алгоритма восстановления неравномерно смазанного изображения и сравнение со случаем равномерного смаза. Пример: смазанное изображение бегунов на дорожке, бегущих с разными скоростями.

Базовые положения исследования. Данное исследование посвящено изучению особенностей математико-компьютерного восстановления смазанных изображений. Смазывание может быть обусловлено сдвигом устройства регистрации изображения (цифрового фотоаппарата, видеокамеры) или движением самого снимаемого объекта (человека, автомобиля, самолета) за время экспозиции. Задача математического устранения смаза состоит из двух задач: прямой задачи (моделирование смаза) и обратной задачи (устранение смаза).

Промежуточные результаты. К настоящему времени в ряде публикаций подробно рассмотрен вариант прямолинейного равномерного смаза изображения [1–4], но недостаточно подробно рассмотрен вариант прямолинейного неравномерного смаза [5] и совсем кратко – вариант произвольного (неравномерного непрямолинейного) смаза (метод «слепой» деконволюции [6, с. 192] и др.). Рассмотрим для сравнения случаи прямолинейного равномерного смаза изображения и прямолинейного неравномерного смаза.

В случае прямолинейного равномерного смаза изображения *прямая задача* (моделирование смаза) сводится к вычислению 1-мерных интегралов вдоль смаза при смазе $\Delta = \text{const}$, причем ось x направлена вдоль смаза, а ось y – перпендикулярно смазу (играет роль параметра). В этом случае функция рассеяния точки (ФРТ) является разностной, или пространственно-инвариантной.

Обратная (более важная и сложная) *задача* описывается набором 1-мерных интегральных уравнений (ИУ) Фредгольма I рода типа свертки (при каждом значении y) [2, 3]. ФРТ играет роль разностного ядра ИУ. Задача решения ИУ является некорректной (неустойчивой) [7, 8], поэтому использован устойчивый метод регуляризации Тихонова с преобразованием Фурье [2, 3, 7].

В случае прямолинейного неравномерного смаза изображения *прямая задача* также сводится к вычислению 1-мерных интегралов вдоль смаза, но при неравномерном смазе $\Delta = \Delta(x)$. ФРТ в этом случае является неразностной, или пространственно-неинвариантной.

Обратная задача записывается в виде набора 1-мерных интегральных уравнений Фредгольма I рода общего типа (при каждом значении y) [2, с. 125]. Для решения таких ИУ не может быть использовано ПФ, но можно использовать *метод квадратур*, приводящий каждое ИУ к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) [2, с. 126]: $Aw = g$, где A – матрица, связанная с ФРТ, w – искомый вектор (восстанавливаемая строка изображения), g – правая часть СЛАУ

(строка смазанного изображения). Устойчивое решение СЛАУ дает метод регуляризации Тихонова [2, с. 126]: $w_\alpha = (\alpha I + A^T A)^{-1} A^T g$, где α – параметр регуляризации, I – единичная матрица.

Разработаны программы в системе MatLab и решен иллюстративный пример: смазывание изображения бегунов на дорожке, полученное с равномерным смазом $\Delta = \text{const}$ (смаз получен за счет сдвига фототоаппарата) и с неравномерным смазом $\Delta = \Delta(x)$ (неравномерный смаз получен за счет разных скоростей бегунов), а также устранение смаза путем решения интегральных уравнений методом регуляризации Тихонова.

Основной результат. Автором предложен метод и алгоритм устойчивого восстановления неравномерно смазанных изображений. Разработанная методика может быть использована для восстановления изображений спортсменов–легкоатлетов, бегущих по дорожке с разными скоростями, или изображений автомобилей, двигающихся с разными скоростями (это позволит, в частности, восстановить их номера, т.е. повысить разрешающую способность камер слежения).

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., Лавров А.В. Устойчивые методы математико-компьютерной обработки изображений и спектров. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во ИТМО, 2018. 70 с.
4. 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.
5. Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В. Обратные задачи обработки фотоизображений // Некорректные задачи естествознания / Под ред. А.Н. Тихонова, А.В. Гончарского. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 185–195.
6. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 616 с.
7. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. 3-е изд. М.: Наука, 1986. 288 с.
8. Engl H., Hanke M., Neubauer A. Regularization of Inverse Problems. Dordrecht: Kluwer, 1996. 328 p.