

УДК 004.932.4, 535.317.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОДИРУЮЩЕЙ АПЕРТУРЫ

Васильева А.В.<sup>1</sup>,

Научный руководитель – к.т.н., доцент, Рыжова В.А.

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа посвящена исследованию алгоритмов реконструкции изображений из тенеграм, сформированных кодирующей апертурой типа MURA. Исследуются методы деконволюции, слепой деконволюции и винеровской фильтрации. Показаны результаты моделирования процесса формирования тенеграм и их реконструкции исследуемыми методами, а также оценка качества реконструированных изображений.

**Введение.** Кодирующая апертура является оптической системой, представляющей собой бинарную маску с отверстиями, распложенными по определенному принципу. Такая маска применяется для формирования изображений там, где использование линзовых систем нецелесообразно или невозможно – чаще всего при визуализации ионизирующего и радиоактивного излучения или в компактных безлинзовых камерах. Функционирование кодирующей апертуры предполагает применение методов цифровой обработки изображений для реконструкции фактического распределения излучения источника из зарегистрированных детектором тенеграм. Исследование таких методов является основной целью настоящей работы.

**Основная часть.** В рамках работы исследовались три метода реконструкции изображений. Первый классический метод деконволюции, осуществляемой в частотной области, является традиционным при реконструкции тенеграм. Второй метод слепой деконволюции является модификацией классической деконволюции и представляет собой итеративный алгоритм. Основным отличием от первого метода является то, что на каждом шаге искажающая функция, представляющая собой паттерн кодирующей апертуры, корректируется для максимизации функции правдоподобия, выраженной через тенеграмму и искомое реконструированное изображение. Третий метод винеровской фильтрации заключается в нахождении реконструированного изображения из спектрального представления тенеграммы и паттерна кодирующей апертуры. В ходе моделирования тестовые изображения кодировались с помощью масок MURA различного ранга (простые числа в диапазоне от 3 до 250), а затем реконструировались тремя указанными методами.

Для оценки качества реконструированного изображения применялись следующие критерии. Индекс структурного сходства (Structural Similarity Index, SSIM) является важным критерием сравнения двух изображений, учитывающим различия в их структурной информации, определяемой взаимосвязями между пикселями

Среднеквадратическая ошибка (Mean-squared error, MSE) является наиболее часто применяемой метрикой оценки регрессионных моделей. Этот критерий может быть также эффективно использован для сравнения двух как одномерных, так и многомерных сигналов, в том числе изображений. Этот критерий является более грубой метрикой сравнения изображений, чем индекс структурного сходства, поскольку учитывает только абсолютные различия в уровнях яркости между изображениями.

Из значения среднеквадратической ошибки можно вычислить пиковое отношение сигнал/шум (Peak signal-to-noise ratio, PSNR), которое является мерой оценки уровня искажения реконструированного изображения по отношению к исходному.

Результаты моделирования показали, что метод винеровской фильтрации демонстрирует наилучшие результаты по всем предложенным критериям оценки. Метод позволяет

**Выводы.** Результаты исследования формирования и реконструкции изображений с помощью кодирующей апертуры могут быть использованы для формирования изображения компактными безлинзовыми цифровыми камерами, снижения стоимости объективов инфракрасного спектрального диапазона, применение в компьютерной томографии для визуализации рентгеновского и гамма-излучения; гамма-астрономии и телескопов для визуализации космического гамма-излучения. Важным возможным применением результатов является использование в системах радиационной безопасности, основанных на визуализации ионизирующего излучения для предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с радиоактивным излучением; в экологическом мониторинге для проведения планового радиационного картирования местности, в промышленности.