

УДК 53.087.51

РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ПОТОКОВ ФОТОНОВ

Трапенюк Н.В., Балухо И.Н., Дудчик Ю.И., Кольчевский Н.Н.

Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Предложен метод реконструкции изображения, полученного в условиях малых потоков фотонов. Алгоритм распознавания основан на статистическом анализе распределения активных пикселей детектора в сравнении с равномерным распределением плотности пикселей при равномерной освещенности детектора.

Ключевые слова: распознавание изображений, малые потоки фотонов.

IDENTIFICATION OF THE OBJECT IN AN IMAGE OF SMALL PHOTON FLUXES

Trapenok N.V., Balukho I.N., Dudchik Y.I., Kolchevsky N.N.

Belarusian State University

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. Proposed method of reconstruction of the image obtained under conditions of small photon fluxes. The recognition algorithm is based on statistical analysis of the distribution of active pixels of the detector in comparison with the uniform distribution of pixel density at uniform illumination of the detector.

Key words: image identification, small photon fluxes.

Адрес для переписки: Кольчевский Н.Н., ул. Курчатова 1-62, г. Минск, 220045, Республика Беларусь

e-mail: kolchevsky@bsu.by

В связи с малыми размерами объектов, трудности источников высокой интенсивности рентгеновского диапазона в экспериментах используется малое число фотонов. Малым числом фотонов будем считать число, при котором визуальная оценка экспериментального изображения не дает результатов. Но после графической обработки такая возможность может появиться, на рисунках 1–2 показана графическая обработка методом Гаусса.

Следует отметить, что простая обработка методом Гаусса в основном повышала эффективность алгоритмов распознавания объектов при малом числе фотонов.

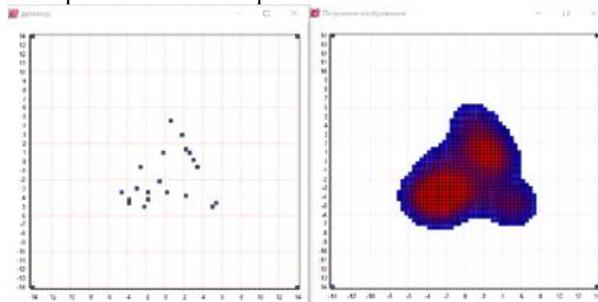


Рисунок 1 – Результат работы программы «SMI»: показаны распределение одиночных фотонов, координаты активных пикселей детектора и результат программы восстановления с использованием изображения треугольника при числе зарегистрированных фотонов равно $N = 20$

В условиях полного отсутствия возможности визуальной оценки изображения, и при условии, что число зарегистрированных фотонов не критически мало, между координатами активированных фотонов пикселей детектора, между координатами все

еще сохраняется закономерность, по которой разработанные алгоритмы способны распознать объект. По этой причине представляется возможность намеренно снижать радиационную нагрузку и время проведения эксперимента. Критическое минимальное число зарегистрированных фотонов постоянно варьируется и зависит напрямую от задачи эксперимента, имеющейся информации и используемого алгоритма распознавания.

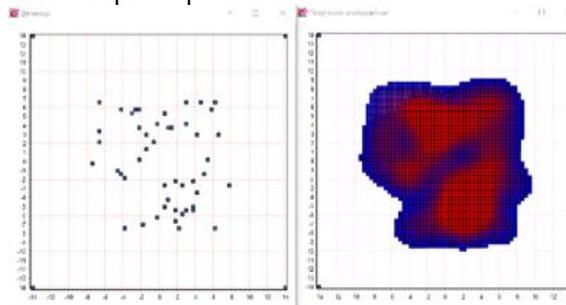


Рисунок 2 – Результат работы программы «SMI»: показаны распределение одиночных фотонов, координаты активных пикселей детектора и результат программы восстановления изображения квадрата при числе зарегистрированных фотонов равно $N = 50$

Зная параметры эксперимента, в первую очередь нужно удостовериться, что расположение попаданий на экспериментальном изображении не несет случайный характер.

В противном случае это будет означать отсутствие объекта или то, что число зарегистрированных фотонов слишком мало и не несет информации. Для этого нужно провести анализ отклонения экспериментального изображения от изображения полученном при равномерном освещении детектора (рисунки 3 и 4).

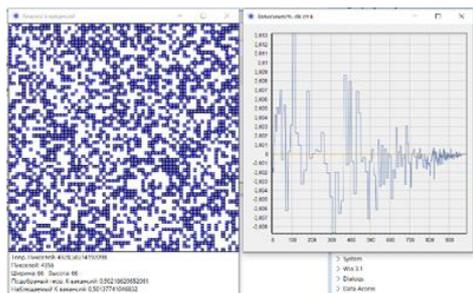


Рисунок 3 – Результат моделирования программы «SMI2». Слева показаны активные пиксели детектора, а справа зависимость отклонения от равномерного освещения

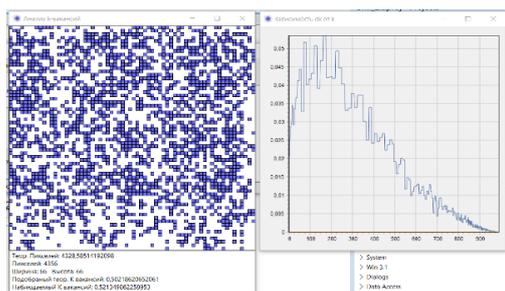


Рисунок 4 – Результат моделирования программы «SMI2». Слева показаны активные пиксели детектора, а справа зависимость отклонения от равномерного освещения

Заметим, что тяжело визуально определить наличие отклонения от равномерного освещения, но алгоритм прекрасно с этим справляется.

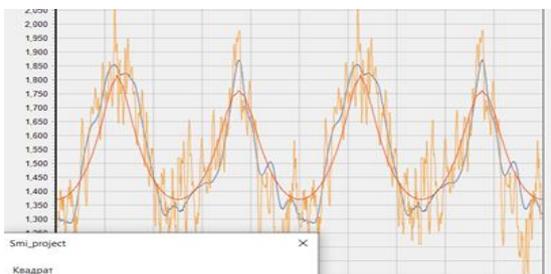


Рисунок 5 – График зависимости боковой плотности по 2π . Результат работы программы «SMI». Боковая плотность квадрата для восстановленного и не восстановленного изображения

После подтверждения наличия объекта на изображении стоит задача его распознавания. Зависимость отклонения от равномерного освещения является практически индивидуальной для каждого изображения, к которому оно относится, в следствии зависимости можно, применяя прямую для распознавания изображений объектов.

Для случая, если известна группа искомым объектов, разработан алгоритм, который распознает объект как один из заранее искомым образцов по наименьшему отклонению (рисунок 5).

При нужде распознавания периодических структур, таких как решетки (рисунок 6), применяются алгоритмы определения центров элементов периодической структуры (рисунок 7).

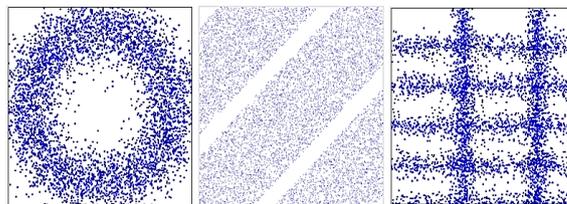


Рисунок 6 – Примеры некоторых возможных генераций изображений при помощи GSMI

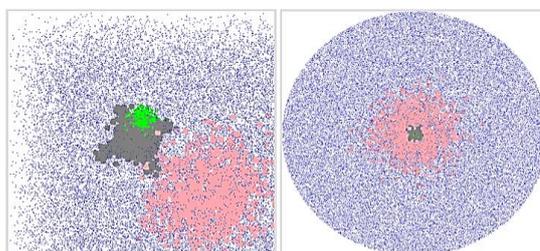


Рисунок 7 – Изображение с определенными центрами периодических элементов, разными методами для числа итераций $i = 1000$

Таким образом, при помощи разработанных алгоритмов, имеется возможность распознавания разных классов объектов, при малом числе зарегистрированных фотонов, исчисляемых сотнями, а в некоторых случаях и десятками.

Литература

1. MacDonald, K.A. X-ray Physics, Optics, and Applications / K.A. MacDonald // Princeton University Press. – 2017. – 367 с.
2. Ахманов, С.А. Введение в статистическую радиофизику и оптику / С.А. Ахманов, Ю.Е.Дьяков, А.С. Чиркин. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 640 с.
3. Рентгеновская оптика: современное состояние и области применения / Г.И. Грейсух. – 2014. – 87 с.
4. Получение изображений объектов в условиях слабых потоков фотонов / Н.В. Трапенко [и др.] // Компьютерные технологии и анализ данных (CTDA'2022) : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 апр.2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: В. В. Скаун (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2022. – С. 244–246.