

УДК 004.89, 004.93, 53.087, 616-073.75

РАСПОЗНАВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Балухо И. Н., Адамович В. Ю., Жукова М. Н., Дудчик Ю. И., Кольчевский Н. Н.

НИИ ПФП им. А. Н. Севченко Белорусского государственного университета,
Минск, Беларусь

Аннотация. Создана и обучена искусственная нейронная сеть для решения задач распознавания объектов на рентгеновских изображениях в условиях низкого потока фотонов. Обученная нейронная сеть предназначена для распознавания десяти классов изображений объектов, характеризующихся дискретной структурой. Создана база данных изображений объектов полученных в условиях малых потоков фотонов. Точность разработанной нейронной сети достигает более 80 %.

Ключевые слова: распознавание изображений, рентгеновское излучение, нейронная сеть.

NEURAL NETWORKS FOR X-RAY IMAGE RECOGNITION

Balukho I. N., Adamovich V. Y., Zhukova M. N., Dudchik Y. I., Kolchevsky N. N.

A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems BSU, Minsk, Belarus

Abstract. Developed and trained an artificial neural network to recognize objects in X-ray images under low photon flux conditions. The trained neural network is designed to recognize ten classes of images of objects characterized by a discrete structure. Created a database of images of objects in low photon flux. The accuracy of the developed neural network reaches more than 80 %.

Keywords: image recognition, X-ray, neural network.

Адрес для переписки: Кольчевский Н. Н., ул. Курчатова 7 – 403, 220045, Минск, Республика Беларусь
e-mail: kolchevsky@bsu.by

Современные исследования в области медицины, промышленного контроля и научных экспериментов требуют автоматизированного анализа объектов на рентгеновских изображениях. Однако традиционные методы обработки оказываются малоэффективными при низких потоках фотонов, когда качество визуализации определяется высоким уровнем шумов и дискретностью потока фотонов.

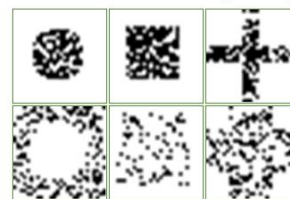
В 2024 году Нобелевская премия по физике была присуждена Джону Хопфилду и Джеффри Хинтону за фундаментальные работы в области искусственных нейронных сетей. Эти достижения демонстрируют, что методы искусственного интеллекта эффективно применяются для анализа и обработки изображений.

Цель работы исследовать возможности использования искусственных нейронных сетей для решения задачи распознавания объектов на рентгеновских изображениях в условиях низкого потока фотонов.

Для решения задачи распознавания с помощью генератора случайных чисел получено более 109 изображений размером 28×28 пикселей, распределенных по признакам на 10 классов: квадрат, круг, линия и т. д. Часть данных изображений используется для обучения нейронной сети, часть для тестирования нейронной сети. Примеры изображений показаны на рисунке 1.

В качестве модели нейронной сети выбрана структура MLP (многослойный перцептрон) из-за относительной простоты программной реализации и низких требований к вычислительной мощности компьютера. Структура нейронной сети состояла 4

слоев – входного, двух скрытых и выходного слоя. Входной слой содержал 28×28 пикселей + 1 нейрон смещения – 785 нейронов, скрытые слои по 20 нейронов и выходной слой 10 нейронов в соответствии с числом классов изображений.

Рисунок 1 – Примеры изображений размером 28×28

Математическая модель нейрона может быть описана:

$$Y = \sum_i w_i X_i + b, \quad (1)$$

где Y – выходной сигнал нейрона, w_i – весовые коэффициенты нейронной сети, X_i – входные сигналы нейрона, b – параметр, задающий линейное смещение уровня выходного сигнала.

Искусственная нейронная сеть длительно обучается на тестовой базе изображений с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. В результате обучения формируются и корректируются w_i весовые коэффициенты каждого слоя нейронной сети. Процесс обучения построенной нейронной сети занимает длительное время. Процесс обучения прекращается при достижении заданной точности распознавания, как правило, более 70 %. Если ошибка обучения велика и в процессе обучения не снижается, то процесс

обучения прекращается и нейронная сеть модернизируется. Важным в процессе обучения является затраченное время, которое существенно зависит от характеристик вычислительной системы. Процесс обучения построенной искусственной нейронной сети показан на рисунке 2. Начальная точка с точность 10 % соответствует начальным случайным значениям w_i весовых коэффициентов каждого слоя нейронной сети, и соответствует средним статистическим оценкам.

Эпоха в обучении нейросети представляла собой цикл прохождения всего набора из 500 000 обучающих изображений через нейронную сеть. Точность рассчитывалась как отношение количества правильно распознанных изображений к общему числу тестовых изображений равному 100 000. Через каждую 1000 эпох изменялся набор обучающих и тестовых изображений. Как показано на рисунке 2 точность распознавания достигла 81–84 % и дальнейшее обучение со сменой базы изображений не приводило к росту точности распознавания.

Обученная искусственная нейронная сеть использовалась для решения задачи распознавания класса объектов в зависимости от количества активных пикселей в изображении объекта. Результаты моделирования показаны на рисунке 3. Точность нейронной сети достигает более 90 % при количестве активных пикселей более 200 на изображении размером 28×28 .

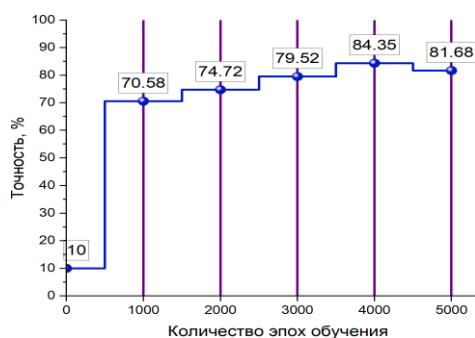


Рисунок 2 – Прогресс обучения искусственной нейронной сети

При малом числе активных пикселей изображения разных классов становятся визуально неотличимы, что и определяет низкую точность обученной нейронной сети. Важное значение

в задачах распознавания имеют два фактора: скорость работы и качество распознавания. Обученная нейронная сеть обрабатывает и распознает с высокой достоверностью более 100 000 изображений объектов за время меньше минуты, что свидетельствует о высокой эффективности такого подхода к решению задачи.

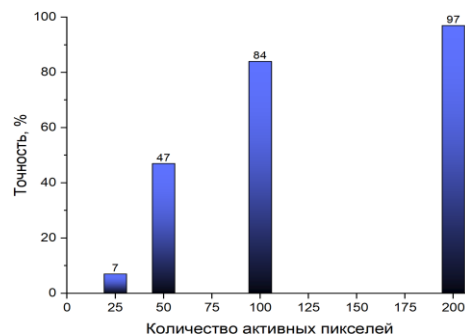


Рисунок 3 – Зависимость точности обученной искусственной нейронной сети от качества изображения

Работа частично поддержана Министерством образования Республики Беларусь в рамках задания 3.12 ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», подпрограмма «Техническая диагностика».

Литература

1. Распознавание изображений объектов в условиях малых потоков фотонов с помощью искусственного интеллекта / М. Н. Жукова, И. Н. Балуха, Ю. И. Дудчик, Н. Н. Кольчевский // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики, аэрокосмических технологий и физики конденсированного состояния: материалы МНТК, Минск, 22–23 мая 2025 г. / Редкол.: П. В. Кучинский (гл. ред.) [и др.]. – Мн.: СтройМедиаПроект, 2025. – С. 236–237.
2. Регистрация фотонов рентгеновского диапазона при помощи ПЗС матриц / Н. В. Трапенко, И. Н. Балуха, А. Н. Петлицкий [и др.] // Новые направления развития приборостроения: материалы МНТК / редкол.: О. К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Мн.: БНТУ, 2024. – С. 219.
3. Распознавание изображений в условиях малых потоков фотонов / Н. В. Трапенко, И. Н. Балуха, Ю. И. Дудчик, Н. Н. Кольчевский // Приборостроение-2023: материалы 16-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, нояб. 2023 г. / редкол.: О. К. Гусев (пред.) [и др.]. – Мн.: БНТУ, 2023. – С. 282–283.

УДК 681.586:534.1

РАЗРАБОТКА МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА, УСТОЙЧИВОГО К ВИБРАЦИЯМ И УДАРАМ

Беницевич А. П., Люцко К. С., Чижик С. А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Аннотация. Рассматривается процесс разработки микромеханического гироскопа, устойчивого к вибрациям и ударам. Разработана методика проектирования с использованием MATLAB/Simulink для моделирования. Особое внимание уделено конечному элементному анализу (КЭ-анализу) для оптимизации конструкции.