

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТИ PIX2PIX ДЛЯ ОБРОБОТКИ ДАННЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ БЕЗЭХОВЫХ КАМЕР

Ю. С. Горшкова, С. В. Малый, А. В. Ткачя, И. Э. Хейдоров

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Рассмотрена возможность улучшения метрологических характеристик безэховой камеры за счет апостериорной обработки результатов измерений при использовании нейронной сети Pix2Pix. Обучение нейронной сети осуществлялось на наборе данных, включающих в себя распределения электромагнитного поля в области безэховости для модели безэховой камеры и свободного пространства. На примере двумерных моделей безэховых камер показана практическая реализуемость предложенной модели апостериорной обработки результатов измерений, обеспечивающей уменьшение влияния на распределение поля волн, отраженных от границ камеры.

Ключевые слова: *Безэховая камера, нейронные сети, генеративно-состязательные модели, Pix2Pix.*

ВВЕДЕНИЕ

Безэховые камеры (БЭК) являются важнейшим элементом метрологических комплексов микроволнового диапазона и широко используются для разработки антенных систем, решения задач радиолокации, электромагнитной совместимости, защиты информации, радиоэкологии. Качество БЭК, помимо эффективности экранирования, определяется ее способностью к формированию в ограниченных пространственных областях условий, максимально близких к свободному пространству. Основными способами улучшения характеристик БЭК являются увеличение их размеров и использование высококачественных радиопоглощающих покрытий, однако это требует больших финансовых затрат и невозможно для уже построенных и используемых камер [1]. В докладе рассматривается возможность повышения точности измерений в безэховой камере за счет апостериорной обработки информации с применением нейросети Pix2Pix.

МЕТОДИКА АПОСТЕРИОРНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Рассмотрена двумерная модель безэховой камеры, предназначенная для измерения амплитудно-фазового распределения электромагнитного поля. Распределение поля в зоне безэховости представлялось в виде пары RGB изображений действительной и мнимой части электрического поля. Эскиз камеры представлен на рисунке 1. Внутренняя поверхность каме-

ры покрыта радиопоглощающим покрытием. Внутри камеры выделены: область, в которой может размещаться источник (1) и область измерений (2).

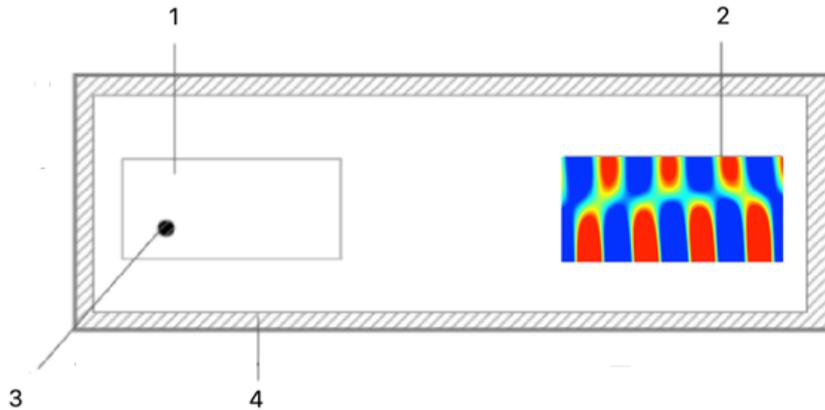


Рис. 1. Модель экранированной безэховой камеры. 1 – область перемещения источника; 2 область измерений; 3 – источник электромагнитного поля; 4 – радиопоглощающее покрытие.

Распределение электромагнитного поля в области измерений формируется за счет интерференции прямой электромагнитной волны, излучаемой источником, и волн, переотраженных от стенок БЭК. Рассмотрена возможность уменьшения влияния этих волн за счет апостериорной обработки распределения электрического поля в зоне безэховости с использованием технологий глубокого обучения нейронных сетей.

Для решения поставленной задачи в качестве базовой архитектуры использовалась нейронная сеть Pix2Pix. Данная нейронная сеть позволяет генерировать различные изображения на выходе в зависимости от входного изображения. Архитектура Pix2Pix состоит из двух частей. Первая – генератор, который возвращает новое изображение, вторая – дискриминатор, который пытается классифицировать, является ли сгенерированное изображение настоящим или это новое искусственное изображение. Архитектура генератора модели Pix2Pix представляет собой последовательную комбинацию из 7 блоков энкодеров и 7 блоков декодеров, следующих друг за другом. Общая архитектура модели Pix2Pix представлена на рисунке 2.

Генератор модели Pix2Pix имеет тангенциальную функцию активации для более быстрого обучения. Дискриминатор представляет из себя классификатор на основе сверточной сети, которая принимает на вход два изображения: реальное и сгенерированное. Его задача верно классифицировать изображения. Дискриминатор состоит из 6 сверточных слоев с сигмоидой в качестве функции активации на выходе нейронной сети. Сигмоида представляет собой непрерывную, возрастающую, ограниченную функцию в диапазоне значений от 0 до 1: где значения близкие к 1 указывают на то, что изображение реальное, а к 0 – сгенерированное [2]

Ошибка нейронной сети обновляется таким образом, чтобы минимизировать потери, предсказываемые дискриминатором для сгенерированных изображений, помеченных как реальные [3]. Генератор также обновляется, чтобы минимизировать среднюю абсолютную ошибку между сгенерированным изображением и целевым изображением. Для обучения Pix2Pix потребовалось 100 эпох и 1264 пары изображений распределения поля. Нейронная сеть с архитектурой Pix2Pix обучалась при различных гиперпараметрах, представленных в таблице 1.

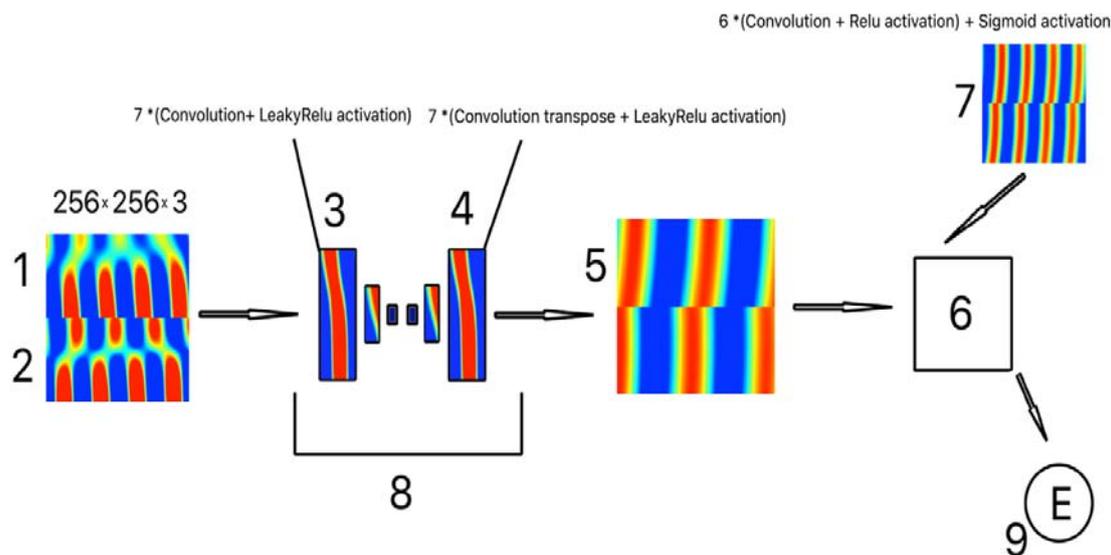


Рис.2. Модель Pix2Pix. 1 – действительная часть поля, 2 – мнимая часть поля, 3 – энкодер, 4 – декодер, 5 – сгенерированное изображение, 6 – дискриминатор, 7 – реальное изображение; 8 – генератор, 9 – ошибка.

Таблица 1

Гиперпараметры обучения

Количество эпох	50	100	200	1000
Шаг обучения	0,001	0,0025	0,0005	0,00025

Обучение сети проводилось при различных типах функции активации у генератора: Relu и LeakyRelu. Функция Relu возвращает значения неотрицательных чисел, при этом зануляя все отрицательные значения. В свою очередь LeakyRelu линейно приближает отрицательные числа к оси абсцисс снизу. Лучшие результаты были получены при количестве эпох равном 100 и шаге обучения в 0.0025 с функцией активации генератора LeakyRelu.

На рисунке 3 показаны результаты апостериорной обработки распределений электрической компоненты электрического поля на основе нейронной сети с архитектурой Pix2Pix, подтверждающие применимость предложенного подхода.

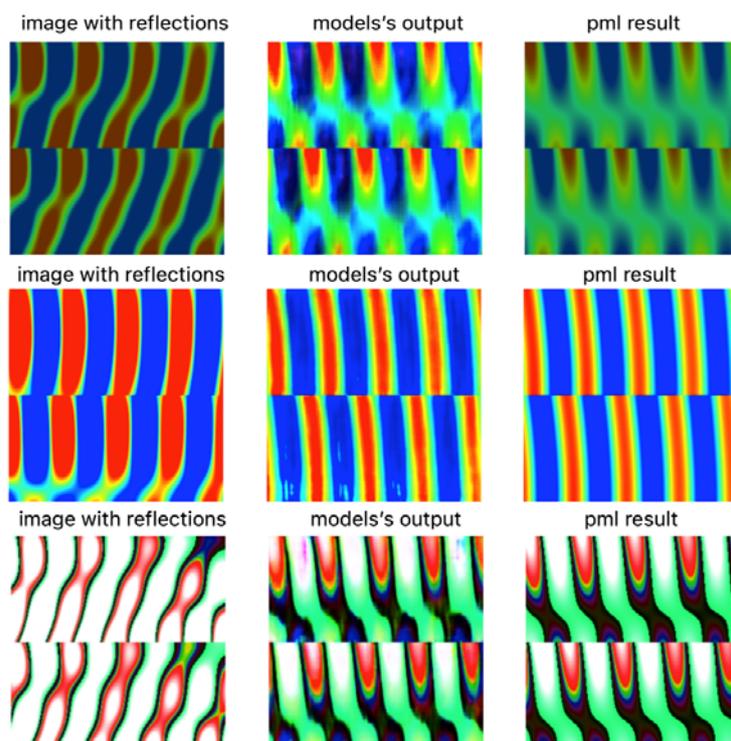


Рис.3 Результаты предсказания Pix2Pix. image with reflections – исходное изображение поля, model's output – изображение, сгенерированное нейронной сетью, pml result – целевое изображение для БЭК с идеальным покрытием.

ВЫВОДЫ

Применение нейросети Pix2Pix для задачи апостериорной обработки результатов моделирования электромагнитного поля в двумерной модели безэховой камеры показало хорошие результаты. В качестве количественной метрики оценки качества модели использовалась метрика PSNR, используемая для анализа качества обработанного изображения по сравнению с исходным изображением. Метрика на тестовых изображениях составила 15.7852, что является лучшим результатом из рассмотренных нейросетевых архитектур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Seng L. Y., Zahid L., Malek F., Iqbal M.N. A Simple Technique for Improving the An-echoic Performance of a Pyramidal Absorber // In Electromagnetics Research M. 2013. Vol. 32. P. 129–143.
2. В. А. Головки, В. В. Краснопрошин. Нейросетевые технологии обработки данных. Минск : БГУ, 2017. 30 с.
3. Pix2Pix: Image-to-Image translation with conditional adversarial networks (GAN) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sh-tsang.medium.com/review-pix2pix-image-to-image-translation-with-conditional-adversarial-networks-gan-ac85d8eceed2>. – Дата доступа: 09.11.2021.