

Синтез метаматериалов на основе метода минимальных автономных блоков и технологий глубокого обучения

С.В. Малый, А.М. Дежурко, А.С. Орлова

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: maly@bsu.by

Метаматериалы обладают широким спектром электромагнитных свойств, которые отсутствуют или слабо выражены в обычных материалах и композитах. В настоящее время практическое использование метаматериалов предполагает наличие адекватных дескрипторов, описывающих их электромагнитные свойства, и эффективных алгоритмов синтеза их внутренней структуры.

Рассматривается комплексный подход к синтезу метаматериалов. Установлено, что для описания электромагнитных свойств метаматериалов наиболее эффективно и целесообразно использовать усредненные матрицы рассеяния структурно неоднородных блоков. Эти матрицы рассчитываются на базе метода минимальных автономных блоков с использованием информации о входящих в них материалах и топологии их объемного распределения. Задача синтеза метаматериала сводится к нахождению материального состава и внутренней структуры макроблока с заданной усредненной матрицей рассеяния.

Предложено два подхода к синтезу макроблоков, основанных на технологиях глубокого обучения искусственных нейронных сетей:

- прямой синтез внутренней структуры макроблока по заданной усредненной матрице рассеяния с использованием предварительно обученной нейронной сети;
- использование обученной нейронной сети для сверхбыстрого расчета матриц рассеяния макроблоков, которые используются при определении значений целевых функций в рамках алгоритмов поиска глобальных экстремумов (генетических и роевых алгоритмов).

Приводятся результаты использования методик синтеза двухмерных макроблоков квадратного сечения, состоящих из двух типов материалов. Установлено, что в синтез приводит к определению пространственного распределения материалов, для которого матрица рассеяния блока близка к заданной.

Рассмотрены возможности повышения эффективности процесса обучения нейронной сети за счет направленного формирования элементов обучающей выборки с использованием априорной физической информации о характере взаимодействия электромагнитного поля с кластерами.