

**ЭВОЛЮЦИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ  
СУПЕРРАСSEИВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МЕТА-  
ОБУЧЕНИЯ.**

**Гротов К.Ю.** (Университет ИТМО)  
**Ладутенко К.С.** – к.ф-м.н. (Университет ИТМО)

В данной работе мы демонстрируем новое поколение широкополосных суперрассеивателей, разработанных с использованием алгоритма эволюционной оптимизации и алгоритмов мета-обучения. Структура, включающая провода разной длины, демонстрирует превосходные рассеивающие способности, превосходя предел для массивов субволновых рассеивателей. Новое поколение суперрассеивателей, созданных с помощью эволюционных алгоритмов, может использоваться в ряде беспроводных задач, включая связь между объектами, интеллектуальные маяки и радиолокационные цели.

**Введение.** Границы электромагнитного рассеяния на субволновых структурах играют важную роль в оценке характеристик антенн, меток радиочастотной идентификации и других устройств беспроводной связи. Привлекательным подходом к увеличению поперечного сечения рассеяния является размещение нескольких спектрально перекрывающихся резонансов внутри структуры. Однако были обнаружены многочисленные фундаментальные и практические ограничения, которые привели к формулировке ограничений Чу-Харрингтона, Гейи и других, которые обеспечивают верхнюю границу эффективности рассеяния. Современное состояние исследований сосредоточено на разработке высокоэффективных резонансных структур, которые могут быть собраны в упорядоченные массивы, что позволяет управлять распространением электромагнитными волнами.

Современные исследования сосредоточены на структурах, которые демонстрируют суперрассеивающие свойства в узком диапазоне частот, в то время, как задача создания структур, которые демонстрировали бы превосходные рассеивающие свойства в широком диапазоне частот является актуальной и вычислительно сложной.

Эволюционные алгоритмы - это подмножество алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения, которые основаны на процессе естественного отбора и эволюции. Они используются для решения задач оптимизации путем имитации процесса естественного отбора, когда решения эволюционируют с течением времени, становясь все лучше и лучше, пока не будет достигнуто удовлетворительное решение. Эти алгоритмы обычно используются в различных областях, таких как финансы, инженерия и информатика, для оптимизации параметров и составления прогнозов. Они могут быть применены в таких областях, как настройка параметров, отбор признаков и других. Одним из наиболее известных примеров использования подобных алгоритмов в задачах оптимизации электромагнитного излучения является антенна космического корабля НАСА, которая была сконструирована из булавки и превратилась в эффективную компактную антенну в ультрафиолетовом диапазоне. За этим последовали другие оптимизированные конструкции,

такие как суперрассеиватели с многослойными цилиндрическими стержнями, сверхабсорбирующие наночастицы, цилиндрические сверхрассеиватели и другие. Однако, для оптимизации в широком диапазоне частот такие алгоритмы также являются вычислительно затратными из-за необходимости большого числа вычислений физических характеристик в различных точках спектра, что является вычислительно дорогой операцией.

**Основная часть.** В нашей работе мы представляем структуры, которые были получены в результате эволюционной оптимизации, и свойства рассеяния которых были подтверждены экспериментом. Мы применили алгоритм стохастической оптимизации для максимизации сечения рассеяния от плоского массива компактных рассеивателей из проводов из проводов. Для определения точек, в которых считается целевая функция эволюционного алгоритма мы использовали алгоритмы мета-обучения для оптимизации гиперпараметров. Наши структуры превосходят строгий предел для взаимодействующих субволновых резонаторов. Эти результаты выходят за рамки современного уровня техники в области широкополосного суперрассеяния. Помимо, численного моделирования были проведены эксперименты с двумя различными структурами, к которым сошелся алгоритм оптимизации. В ходе эксперимента были подтверждены рассеивающие свойства полученных структур.

**Выводы.** Наша работа, объединяющая аспекты искусственного интеллекта и фундаментальной электромагнитной теории и ее прикладных аспектов, вызовет интерес у сообщества, занимающегося проектированием компактных антенн, беспроводной связью и оптическими явлениями, так как разработанные концепции могут быть напрямую отображены в различные частотные области.

Гротов К. Ю. (автор)

Подпись

Ладутенко К. С. (научный руководитель)

Подпись