

УДК 537.87

Применение алгоритмов оптимизации для управления рассеянием от различных объектов в радиочастотном диапазоне

Цукерман М.Д. (ИТМО)

**Научный руководитель – Гротов К.Ю.
(ИТМО)**

Введение. Манипуляция и управление рассеянием в радиочастотном диапазоне всегда являлись одной из самых активно развивающихся областей в исследованиях, связанных с электромагнетизмом. В последние несколько лет активно рассматривался вопрос о создании суперрассеивателей, которые бы максимизировали рассеяние от себя в различные стороны. Нас же заинтересовала возможность создания структуры с противоположными свойствами: поверхности, которая подавляла бы рассеяние от резонансного объекта за ней на его резонансной частоте. Мы назвали подобную структуру “генетической поверхностью”. Данная поверхность состоит из различных объектов из проводов, рассеяния от которых при конструктивном сложении минимизирует рассеяние от объекта за ней на требуемой частоте.

Создание подобных структур является нетривиальной задачей ввиду большого пространства поиска. Кроме того, целевая функция, которая рассчитывает рассеяние не является ни гладкой, ни дифференцируемой. Вследствие этого, нами было принято решения воспользоваться эволюционным алгоритмом оптимизации для нахождения оптимальной геометрии генетической поверхности. Принцип его работы основывается на принципе биологической эволюции в природе. Отдельная геометрия генетической структуры является одной особью в процессе биологической эволюции, где с помощью мутаций и скрещиваний создается наиболее приспособленная особь, а, значит, и наиболее эффективная геометрия генетической структуры для подавления рассеяния от конкретного объекта. Наиболее известным примером применения эволюционных алгоритмов в радиофизике является разработанная NASA во второй половине XX века антенна для космических кораблей и устройств серии ST5.

Основная часть. Большинство предыдущих исследований ставили своей целью максимизировать рассеяния от создаваемого объекта, задача же о минимизации сечения рассеяния активно не рассматривалась. Для численных экспериментов мы выбрали три тестовых структуры из проводов: 1) металлический провод конечной длины; 2) квадратный разомкнутый резонатор; 3) робастный суперрассеиватель из проводов, созданный в предшествующих исследованиях и имеющий две резонансных частоты (в отличие от двух предыдущих структур, имеющих одну резонансную частоту). Для каждой из структур нами были созданы генетические структуры, которые бы подавляли рассеяния назад от тестовых объектов. Кроме того, в численных экспериментах изменялось расстояние от тестовой структуры до генетической поверхности. Таким образом мы пытались найти оптимальное расстояние между объектом и поверхностью для наиболее эффективного подавления рассеяния.

Результатом работы алгоритма стали генетические структуры эффективно подавляющие рассеяние на резонансных для объектов частотах. На наш взгляд, генетические структуры являются очень привлекательным способом подавления рассеяния, в первую очередь, из-за простоты фабрикации. Они состоят из плоских

объектов из металлических проводов и могут быть легко воссозданы в лабораторных условиях.

Выводы. Мы уверены, что концепция генетических поверхностей может быть интересна и релевантна в различных областях науки и инженерии: беспроводной связи, проектировании антенн, создании высокотехнологичного медицинского оборудования. Применение подобных структур поможет повысить качество создаваемых устройств, а также сделать их производство более эффективным.

Список использованных источников:

1. Z. Ruan and S. Fan, Phys. Rev. Lett. 105, 013901 (2010).
2. C. Qian, X. Lin, Y. Yang, X. Xiong, H. Wang, E. Li, I. Kaminer, B. Zhang, and H. Chen, Phys. Rev. Lett. 122, 063901 (2019).
3. D. Vovchuk, S. Kosulnikov, R. E. Noskov, and P. Ginzburg, Phys. Rev. B 102, 094304 (2020).
4. S. Kosulnikov, D. Vovchuk, R. E. Noskov, A. Machnev, V. Kozlov, K. Grotov, K. Ladutenko, P. Belov, and P. Ginzburg, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 279, 108065 (2022).
5. C. G. Jayalakshmi, A. Inamdar, A. Anand, and B. Kandasubramanian, J. Appl. Polym. Sci. 136, 47241 (2019).
6. K. Grotov, A. Mikhailovskaya, D. Vovchuk, D. Dobrykh, C. Rockstuhl, and P. Ginzburg, Synthetical (2023).
7. A. Mikhailovskaya, K. Grotov, D. Vovchuk, A. Machnev, D. Dobrykh, R. E. Noskov, K. Ladutenko, P. Belov, and P. Ginzburg, Physical Review Applied 18, 054063 (2022).
8. A. Arias-Montano, C. A. C. Coello, and E. Mezura-Montes, IEEE Trans. Evol. Comput. 16, 662 (2012).