

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДИФРАКЦИИ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДУЛЯТОРОВ СВЕТА С УЧЕТОМ СТРУКТУРЫ ЯЧЕЙКИ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Чугунов С.С. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Щербаков А.А.
(ИТМО)

Введение. Пространственный модулятор света – это технология, позволяющая манипулировать амплитудой и фазой падающей волны таким образом, чтобы получить желаемое распределение света после дифракционного элемента. В настоящее время, благодаря коммерчески доступным SLM, этому явлению существует множество различных приложений в адаптивной оптике. В качестве примера можно привести оптические пинцеты, фазово-контрастную микроскопию, кристаллографию, коррекцию аберраций и цифровую голографию. Однако, несмотря на широкую область применения пространственных модуляторов света, технология не является идеальной: жидкокристаллические матрицы SLM демонстрируют отклик, отклоняющийся от идеализированной модели[1], согласно которой каждый пиксель имеет равномерный отклик по всей площади, не зависящий от состояния соседних элементов. На самом же деле существуют перекрестные помехи между соседними пикселями, что нарушает идеальность модели и приводит к сглаживанию фазы на границе между двумя пикселями. В качестве решения этой проблемы в настоящей работе предлагается модель, учитывающая краевые эффекты, возникающие между соседними элементами дифракционного оптического элемента, и позволяющая получить улучшенную функцию пропускания с помощью методов машинного обучения[2]. Строгое моделирование влияния окружения на пропускание ячеек делается с помощью Фурье-модального метода для строгого расчета дифракции на периодических структурах [3].

Основная часть. Для решения обратной задачи дифракции используется один из методов градиентного спуска – алгоритм Герберта-Сакстона, позволяющий получить функцию пропускания оптического элемента без учета неравномерного распределения отклика по пикселю. Выбор шага дискретизации для построения численной модели осуществляется исходя из требований к изготовлению дифракционного оптического элемента. Далее ищется улучшенное решение на основе библиотеки окружений. В нее входит разработанная база данных структур, для которых краевые эффекты учитываются путем строгих решений уравнений Максвелла. Затем численно решается прямая задача дифракции для произвольной оптической системы, состоящей из широко используемых оптических элементов и дифракционного элемента с улучшенной функцией пропускания для проверки качества найденного решения.

Выводы. В настоящей работе разработан программный код для численного решения прямой и обратной задач дифракции, использующий методы машинного обучения. Его результатом работы является улучшенный расчет состояний пикселей пространственного модулятора света, учитывающий краевые эффекты между соседними пикселями. Возможность моделирования распространения света для оптических систем, включающих ДОЭ с улучшенными функциями пропускания, позволит изготавливать более эффективные пространственные модуляторы света, требуемые для решения различных прикладных задач.

Список использованных источников:

1. Gemayel P. et al. Cross-talk compensation of a spatial light modulator for iterative phase retrieval applications //Applied optics. – 2016. – Т. 55. – №. 4. – С. 802-810.
2. Bernstein L. et al. Single-shot optical neural network //Science Advances. – 2023. – Т. 9. – №. 25. – С. eadg7904.

3. Spiridonov S., Shcherbakov A. A. Reformulated Fourier Modal Method with improved near field computations //Journal of Computational Science. – 2023. – T. 67. – C. 101936.