

0.1. Гемузов А.С. Применение методов машинного обучения для предсказания нелинейной эволюции оптических импульсов в волоконных усилителях

Нелинейная эволюция ультракоротких оптических импульсов в волоконных лазерных системах представляет значительный интерес, поскольку такие импульсы находят широкое применение в различных областях науки и техники. Для их формирования необходимо использование волоконных усилителей, в которых при высокой пиковой мощности проявляются сложные нелинейные эффекты. Эти эффекты легко наблюдаются в экспериментах, однако их моделирование затруднено, поскольку математические модели часто обладают ограниченной точностью и не учитывают все экспериментальные параметры, что затрудняет предсказание эволюции импульса в режимах высокой мощности.

В данной работе предложен новый подход, основанный на применении глубоких нейронных сетей на основе архитектуры трансформер-декодер, которая в отличие от работы [1], была адаптирована к реальным экспериментальным условиям. Новизна работы заключается в использовании стратегии переноса обучения: модель была предварительно обучена на синтетических данных, полученных методом численного моделирования, а затем дообучена на ограниченном наборе экспериментальных данных. Такой комбинированный подход позволяет преодолеть проблему малого количества экспериментальной информации и существенно повысить точность предсказания.

В результате дообучения достигнуто снижение нормированной среднеквадратичной ошибки с 0.112 до 0.085 даже при полном разделении обучающей и тестовой выборки. Кроме того, нейросетевая модель показала более высокую точность воспроизведения спектров по сравнению с численным моделированием, что подтверждает эффективность предложенного метода.

Таким образом, методы глубокого обучения позволяют моделировать эволюцию импульсов в волоконных усилителях даже при наличии неопределённостей в параметрах системы и ограниченном объёме экспериментальных данных. Такие модели могут быть использованы в качестве инструмента для проектирования усилителей, обеспечивающих генерацию импульсов с заданными характеристиками.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 25-61-00010).

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беднякова А.Е.

Список литературы

- [1] SARAEVA K., BEDNYAKOVA A. Enhanced bi-LSTM for Modeling Nonlinear Amplification Dynamics of Ultra-Short Optical Pulses // Photonics. 2024. Vol. 11. N. 2. P. 126.