

Влияние амплитуды входного сигнала на производительность фотонных резервуарных вычислений при решении задачи Santa Fe

Даниленко Г.О. (ИТМО), Павлов Д.А. (ИТМО), Ковалев А.В. (ИТМО)

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

Введение. Резервуарные вычисления (РВ) – это подход к обработке данных, идея которого состоит в нелинейном преобразовании входного сигнала в пространство большей размерности, где его свойства могут быть определены с использованием простой обработки. РВ основаны на рекуррентной нейронной сети (РНС), где состояние сети (называемой резервуаром) зависит от текущего входного сигнала и от её предыдущего состояния [1]. Преимущества РВ по сравнению с классическими РНС проявляются в процессе обучения только выходного слоя системы [2] и в возможности использовать физические системы в качестве резервуара. РВ принято разделять на [3]: пространственные и с временным запаздыванием, основанные на мультиплексировании входных данных во времени [4]. В работе рассматривается система, основанная на вертикально излучающем лазере (ВИЛ) с оптоэлектронной обратной связью. Приведены результаты исследования влияния амплитуды входного сигнала на производительность системы при решении задачи Santa Fe.

Основная часть. Использование ВИЛ (производства АО «ОКБ-Планета», полоса модуляции до 8 ГГц) в качестве нелинейного узла может способствовать улучшению производительности из-за увеличенной полосы модуляции лазера по сравнению с лазером с распределенной обратной связью в корпусе «бабочка». Большая полоса позволяет увеличить либо скорость ввода символов, либо количество узлов для более эффективного преобразования входных данных. Система РВ также содержит оптический усилитель в оптической части петли обратной связи (ОС) для добавления нелинейности из-за собственного профиля усиления, увеличения силы обратной связи и сигнала на фотоприемнике. В работе решалась задача Santa Fe – одна из самых популярных задач предсказания временных рядов для оценивания производительности РВ. Погрешность решения оценивалась с помощью нормализованной среднеквадратичной ошибки. Исследование выполнялось для нескольких конфигураций РВ: частота ввода данных в систему 40 МГц (примерно 2 частоты обхода ОС), количество узлов 200 и частота ввода данных в систему 64 МГц (примерно 3 частоты обхода ОС), количество узлов 50. Для первого случая амплитуда изменялась с 200 до 240 мВ с уменьшением погрешности предсказания с 28 до 20%. Для второй конфигурации амплитуда изменялась с 300 до 350 мВ с практически постоянной погрешностью 20%. При этом изменение тока накачки или изменение силы ОС не приводило к значительному улучшению или ухудшению производительности.

Выводы. Было проведено исследование влияния амплитуды входного сигнала на производительность системы резервуарных вычислений на основе вертикально излучающего лазера с оптоэлектронной обратной связью. Прослеживается тенденция к уменьшению погрешности решения задачи Santa Fe с последующим насыщением, то есть достижением минимально возможного значения. Такое поведение может быть вызвано насыщением как самого лазера, так и усилителей (оптического или электрических), которые использовались в петле обратной связи, а также негативным влиянием уровня шумов, присутствующих в системе.

Список использованных источников:

1. Tanaka G. Recent advances in physical reservoir computing: A review // Neural Networks. – 2019. – Т. 115. – 100–123с.
2. Lugnan A. Photonic neuromorphic information processing and reservoir computing /

Lugnan A., Katumba A., Laporte F., Freiburger M., Sackesyn S., Ma C., Gooskens E., Dambre J., Bienstman P. // APL Photonics – 2020. – T. 5 – № 2 – C.020901.

3. Larger L. High-speed photonic reservoir computing using a time-delay-based architecture: Million words per second classification / Larger L., Baylón-Fuentes A., Martinenghi R., Udaltsov V.S., Chembo Y.K., Jacquot M. // Physical Review X – 2017. – T. 7 – № 1.

4. Appeltant L. Reservoir Computing based on Delay-dynamical Systems Joint PhD Vrije Universiteit Brussel and Universitat de les Illes Balears / Appeltant L., Danckaert J., Fischer I., Sande G. Van Der – 2012. – № 6.