



Фото: Joe Calata / Unsplash

Europhysics Letters: аналоговый компьютер в виде водной горки предсказывает хаос

Австралийские ученые создали аналоговый компьютер в виде водной горки, в котором информация хранится в солитоне — поверхностной волне, распространяющейся в нелинейной среде и при этом сохраняющей свою форму и скорость. Этот компьютер можно использовать для прогнозирования хаотического поведения сложных систем. Об этом сообщается в статье, опубликованной в журнале Europhysics Letters.

В основе аналогового компьютера лежат так называемые резервуарные вычисления, когда внутренняя нелинейная динамика какой-либо среды используется для сложных вычислений. Таким резервуаром может служить биологический мозг, где для предсказания хаотического поведения сложных систем используется нелинейная динамика нейронной активности. Нейроны образуют сеть из случайных связей, которая преобразует изменяющиеся во времени сигналы в специфическую картину (паттерн) активностей. Резервуар, состоящий даже из небольшого числа нейронов, более эффективно решает определенные практические задачи, чем компьютерная программа, работающая на суперкомпьютере. Ученые предположили, что определенный паттерн, зависящий от сигнала, изменяющегося во времени (временного ряда), может быть представлен в виде солитона, а резервуар в этом случае является стекающей по наклонной поверхности водой. Однако до сих пор не было экспериментальных реализаций такой идеи.

В новом исследовании ученые представили изменяющийся во времени сигнал, как ряд из единиц и нулей. При этом единица соответствует изменяющемуся напору воды, которая проливается из шланга на наклонную поверхность в течение 0,25 секунды, а ноль — постоянному напору в течение 0,25 секунды. Выбранные промежутки времени являются оптимальными для генерации солитона на поверхности стекающей воды.

Ряд из чередующихся нулей и единиц генерирует солитоны, разделенные одинаковыми промежутками, а сигнал в виде случайного ряда — сложный профиль из разных волн, чья высота далеко не всегда совпадает с нулями и единицами. Это происходит потому, что волны с высокой амплитудой набегают на волны с небольшой амплитудой и поглощают их. Этот принцип лежит в основе памяти аналогового компьютера и подобен тому, как если бы система из нейронов сохраняла следы прежней активности, влияющие на обработку новых входных данных. Чтобы имитировать активность 40 нейронов, солитонный сигнал, отображающий случайный ряд, был разделен на маленькие

дискретные шаги.

Для визуализации волн был использован люминесцентный краситель и специальная камера. Для тестирования резервуарного компьютера были использованы временные ряды Макки-Гласса, которые характеризуются нелинейным хаотическим поведением и используются для описания циклической работы сложных биологических систем (например, циркадных ритмов). В этот раз напор воды изменялся не импульсами, а непрерывно. Профиль солитонов, полученный из первой половины набора вводных данных, дал ученым возможность с высокой точностью спрогнозировать каждый следующий шаг в хаотическом временном ряду из второй половины набора, используя информацию о предыдущих шагах

lenta.ru/news/2023/05/30/pool/