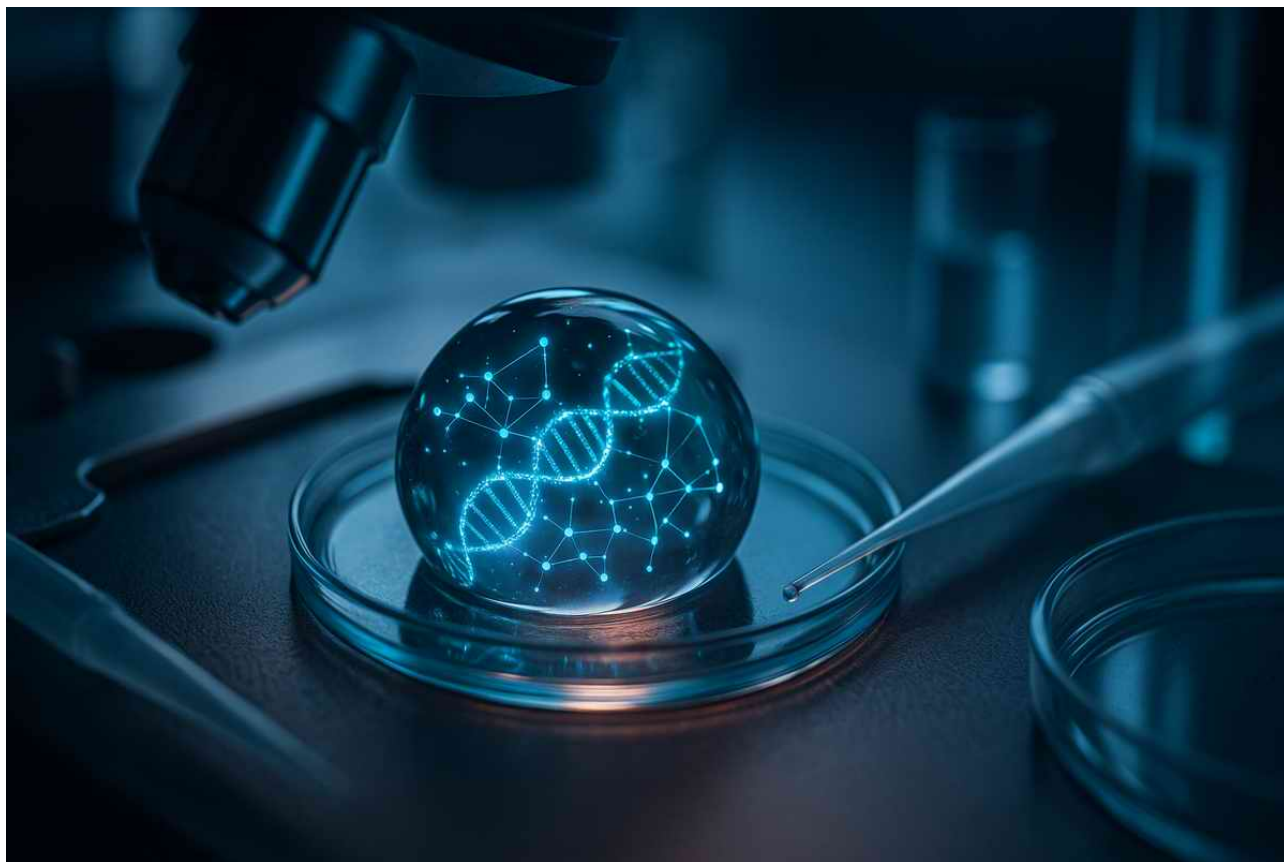


Нейронная сеть из ДНК научилась обучаться и решать задачи по примерам



Дата публикации: 04.09.2025

Нейронные сети давно стали основой искусственного интеллекта, но их реализация традиционно связана с электронными компонентами и цифровыми сигналами. Исследователи Калифорнийского технологического института пошли иным путём: они построили нейронную сеть из молекул ДНК, которая выполняет вычисления не при помощи электроники, а через химические реакции. Главное достижение новой работы заключается в том, что эта сеть способна обучаться — распознавать закономерности, формировать воспоминания и использовать их для решения новых задач.

Механизмы обучения лежат в основе интеллекта в самых разных формах жизни. Мозг формирует новые связи между нейронами, иммунная система кодирует опыт встреч с патогенами, а даже простейшие микроорганизмы способны запоминать химические градиенты среды. Новая ДНК-сеть воспроизводит этот принцип на молекулярном уровне: вместо электрических импульсов она использует так называемые молекулярные провода, которые могут переключаться и хранить информацию в виде концентраций цепочек ДНК.

Ранее команда разработала систему, способную распознавать рукописные цифры, закодированные в виде набора из 20 ДНК-цепей. Каждая цепь представляла один «пиксель» изображения, и компьютерные расчёты определяли соотношение молекул, чтобы сеть могла сравнивать новые образцы с сохранёнными «воспоминаниями». Теперь же удалось создать сеть, которая сама формирует эти воспоминания. При встрече с новым примером — например, молекулярным образом цифры «0» или «1» — система активирует соответствующие провода, закрепляя ассоциацию. Со временем такие связи образуют физическую память, аналогичную тому, как человеческий мозг укрепляет нейронные контакты при повторяющихся сигналах.

Выходные данные этой молекулярной нейросети выражаются в виде флуоресцентного сигнала. Так, распознавание числа «0» окрашивает каплю раствора в красный цвет, а числа «1» — в синий. За считанные минуты система анализирует миллиарды цепочек ДНК в крошечном объёме жидкости, где каждая цепь реагирует только со строго определённым партнёром. Это делает возможным выполнение параллельных вычислений с эффективностью, недостижимой для традиционной электроники.

Создание обучающейся молекулярной сети стало результатом семилетних усилий. Учёным пришлось отказаться от последовательного устранения отдельных проблем и перейти к целостному проектированию системы, где решение находилось в переплетении всех компонентов. Итогом стал прототип, который можно рассматривать как зачаток молекулярного интеллекта.

Перспективы применения таких технологий выходят далеко за пределы лаборатории. Уже сейчас исследователи обсуждают возможности создания «умных» лекарств, которые смогут адаптироваться к патогенам в реальном времени, и «умных» материалов, реагирующих на изменения среды. Например, биосенсорный пластырь будущего может учиться на сигналах кожи и подстраивать лечебное воздействие под конкретного человека.

Этот проект демонстрирует, что вычисления и обучение возможны не только в кремнии и электронике, но и в самой материи жизни. В будущем молекулярные нейросети могут соединить достижения биологии и искусственного интеллекта, открывая новые горизонты для медицины, материаловедения и понимания самой природы интеллекта.

Ссылка: «Контролируемое обучение в нейронных сетях ДНК» [DOI: 10.1038/s41586-025-09479-w](https://doi.org/10.1038/s41586-025-09479-w).