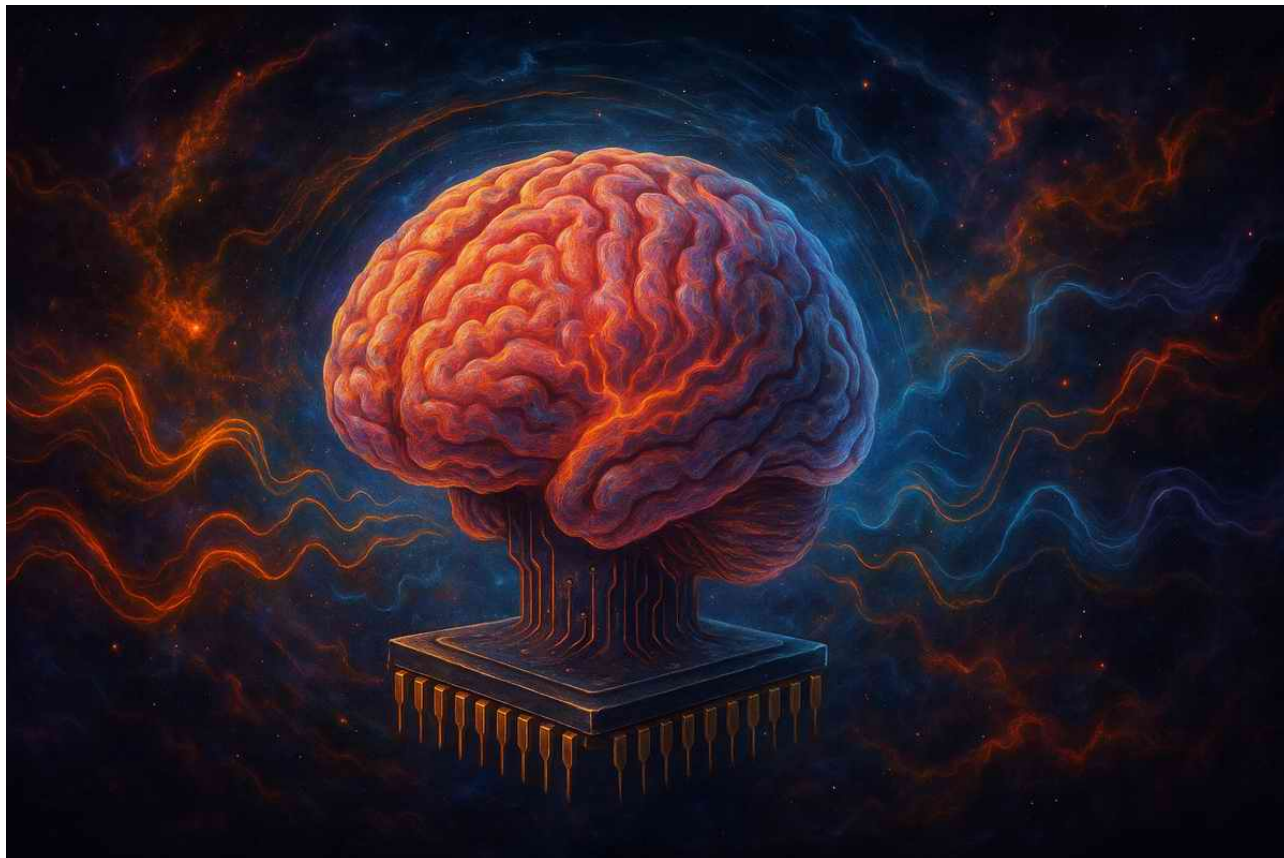


Микроволновой мозг Корнелла: как волновые вычисления приближают искусственный интеллект к человеческому



Дата публикации: 14.10.2025

Инженеры Корнелльского университета разработали первый в мире микрочип, выполняющий вычисления не через цифровые схемы, а с использованием микроволнового излучения. Этот миниатюрный процессор, получивший название «микроволновой мозг», представляет собой новый тип вычислительной архитектуры, способный объединить принципы нейронных сетей и физику электромагнитных волн. Разработка открывает путь к созданию устройств, в которых обработка информации будет происходить не за счёт последовательных цифровых операций, а в аналоговой частотной области, что обеспечивает высокую скорость и низкое энергопотребление.

Основой работы чипа является использование электромагнитных мод в микроволновом диапазоне, которые выступают в роли искусственных нейронов. Вместо традиционных транзисторных связей, передающих дискретные сигналы, эти моды взаимодействуют в волноводных структурах, формируя аналог вычислительных слоёв нейронной сети. Такая архитектура позволяет чипу

мгновенно преобразовывать, анализировать и классифицировать входные сигналы, обходясь без промежуточной цифровой обработки. В отличие от стандартных микропроцессоров, где каждая операция требует последовательного выполнения инструкций, микроволновой мозг способен обрабатывать информацию параллельно в широком диапазоне частот, достигая скоростей, характерных для радиолокационных систем.

Исследователи отмечают, что чип способен выполнять широкий спектр задач: от декодирования беспроводных сигналов и отслеживания радиолокационных объектов до анализа потоков данных и обработки сложных математических зависимостей. Его энергоэффективность поражает — менее 200 милливатт при выполнении операций в реальном времени. При этом точность распознавания сигналов достигает 88% и выше, что сопоставимо с результатами цифровых нейронных сетей, но при значительно меньших вычислительных и энергетических затратах.

Ключ к эффективности устройства заключается в отказе от цифрового подхода. Вместо моделирования искусственных нейронов в виде программных алгоритмов, архитектура микроволнового мозга представляет собой физическую систему, где вычисления происходят за счёт распространения и взаимодействия волн. Это приближает устройство к естественным механизмам обработки информации, характерным для биологических систем. Благодаря такому подходу чип не нуждается в многочисленных шагах цифровой коррекции ошибок и масштабных логических схемах. Он работает на основе вероятностных взаимодействий волн, что делает вычисления гибкими и самоадаптирующимися.

Ещё одной особенностью технологии является её универсальность. Один и тот же набор волноводов и резонансных элементов может быть перепрограммирован для разных задач: классификации сигналов, логических операций, анализа последовательностей или обнаружения закономерностей в данных. Это достигается изменением частотных параметров системы без необходимости перестройки физической структуры микрочипа. Такой подход открывает возможности для создания компактных интеллектуальных устройств, где обработка информации происходит непосредственно на уровне аппаратуры.

Потенциал применения микроволнового мозга выходит далеко за рамки лабораторных экспериментов. Исследователи видят перспективы использования технологии в системах беспроводной связи, радарх, автономных сенсорах, а также в периферийных вычислениях — то есть в умных устройствах, способных самостоятельно обучаться и принимать решения без обращения к облачным серверам. При дальнейшем снижении энергопотребления чип может быть интегрирован в мобильные телефоны, носимую электронику, спутники и робототехнические системы.

Высокая чувствительность микроволнового мозга к внешним сигналам также делает его перспективным инструментом в области аппаратной безопасности. Он способен выявлять аномалии в радиочастотной среде, фиксировать нехарактерные сигналы и потенциальные попытки вмешательства. Это особенно важно для современных систем связи, где растёт значение защиты данных на уровне физических каналов.

Хотя технология пока находится на экспериментальной стадии, исследователи уверены, что она масштабируема и способна интегрироваться в существующие электронные платформы. Ведутся работы по увеличению плотности элементов, улучшению стабильности и точности нейросетевых вычислений, а также по созданию гибридных систем, объединяющих цифровые и микроволновые методы обработки данных.

Создание микроволнового мозга знаменует собой начало новой парадигмы в вычислительной технике. Вместо традиционных цифровых транзисторов, обрабатывающих последовательности нулей и единиц, в будущее шагнут устройства, использующие физические волны для мышления и адаптации. Такая технология способна изменить саму природу искусственного интеллекта, сделав вычисления ближе к естественным процессам восприятия и анализа информации, присущим живым организмам.

Ссылка: «Интегрированная микроволновая нейронная сеть для широкополосных вычислений и связи» DOI: [10.1038/s41928-025-01422-1](https://doi.org/10.1038/s41928-025-01422-1).