

Сети Колмогорова-Арнольда: шаг к интерпретируемому ИИ и новым научным открытиям

Дата публикации: 29.12.2025

Искусственный интеллект уже стал мощным инструментом в науке, помогая прогнозировать погоду, моделировать климат, ускорять разработку лекарств и предсказывать структуру белков. Однако в фундаментальных исследованиях, ориентированных не на практический результат, а на понимание природы, у современных моделей ИИ есть серьёзное ограничение. Большинство из них работают как «чёрные ящики»: они дают точные ответы, но не раскрывают, какие физические или математические закономерности лежат в основе этих предсказаний. Это снижает их ценность для науки, движимой любознательностью, где ключевым результатом являются не только числа, но и объяснения.

Новый класс нейронных сетей, известный как сети Колмогорова-Арнольда, предлагает иной подход. Эти модели опираются на идею разложения сложных многомерных зависимостей на совокупность одномерных функций, что принципиально отличает их от стандартных многослойных перцептронов. Благодаря такой архитектуре KAN-сети способны не просто аппроксимировать данные, но и выявлять структуру законов, скрытых в наблюдениях, делая процесс обучения более прозрачным и интерпретируемым.

Проблема «чёрного ящика» особенно заметна на примере успешных, но закрытых систем машинного обучения. Даже когда модель достигает выдающейся точности, она редко даёт новое фундаментальное знание, поскольку внутренние представления остаются недоступными для анализа. В результате ИИ отлично работает в прикладной науке, но с трудом становится источником теоретических открытий. KAN-сети нацелены именно на преодоление этого разрыва между вычислительной мощностью и научным пониманием.

Ключевое преимущество сетей Колмогорова-Арнольда заключается в их способности к символической интерпретации. Одномерные функции, из которых складывается модель, можно анализировать, упрощать и даже переводить в аналитические формулы. Для этого были разработаны специальные инструменты, включая методы компиляции символических выражений в архитектуру сети и визуализации её структуры в виде модульных деревьев. Такой подход позволяет исследователям видеть не только результат, но и логическую цепочку, по которой модель пришла к своему выводу.

Эффективность KAN-сетей была проверена на ряде классических задач теоретической физики. Среди них восстановление законов сохранения энергии и импульса, вывод лагранжиана простого маятника, описание релятивистской зависимости массы от скорости, выявление скрытых симметрий в решениях общей теории относительности, а также количественное моделирование зависимости напряжения от деформации в нелинейных упругих средах. Во всех этих случаях сети не просто аппроксимировали данные, а воспроизводили корректные физические законы с высокой точностью, демонстрируя способность к осмысленному обобщению.

При этом у подхода есть и ограничения. По мере увеличения размера сети и усложнения задачи интерпретируемость начинает снижаться. Даже если каждая отдельная одномерная функция остаётся понятной, их совокупность становится трудно обозримой. Это означает, что на текущем этапе KAN-сети наиболее эффективны в задачах умеренной сложности, где важна не столько масштабируемость, сколько глубина понимания.

Авторы рассматривают сети Колмогорова–Арнольда как промежуточное звено между традиционным программированием и современными нейросетями. С одной стороны, они сохраняют обучаемость и гибкость, характерные для ИИ, с другой — позволяют извлекать явные правила и формулы, как в классическом программном обеспечении. Такой баланс делает их особенно перспективными для фундаментальных исследований, где важно не только получить ответ, но и понять его природу.

В перспективе развитие KAN-архитектур может привести к появлению нового поколения научных инструментов, способных ускорить открытия в физике, химии, биологии и других дисциплинах. Если удастся преодолеть проблемы масштабируемости, такие модели смогут работать с более сложными системами, не теряя интерпретируемости. В этом случае искусственный интеллект перестанет быть лишь вычислительным помощником и станет полноценным партнёром в процессе научного познания, помогая не только находить закономерности, но и объяснять, почему Вселенная устроена именно так.

Ссылка: «Сети Колмогорова-Арнольда встречаются с наукой» [DOI: 10.1103/4t7t-v19l](https://doi.org/10.1103/4t7t-v19l).