

Об ускорении процессов обучения и принятия решений*Вайнцвайг М. Н.*

wainzwei@iitp.ru

Москва, Институт проблем передачи информации РАН

Мышление обычно рассматривается как адаптивный механизм организации поведения человека и высших животных, обеспечивающий им в широком классе изменений условий внешней среды возможность автономного существования и воспроизведения.

Трудности моделирования работы этого механизма связаны со следующими обстоятельствами.

Давно пришли к тому, что организация поведения проходит в рамках процесса постановки и достижения целей на основе хранящихся в памяти законов и правил, позволяющих посредством анализа, логического вывода и других преобразований информации, поступающей от органов чувств, принимать решения, т. е. находить неизвестные пути к целям, формировать действия, предсказывать изменения и пр.

Поскольку не все законы заранее известны, то необходимым этапом организации поведения становится обучение, т. е. основанный на наблюдениях, пробах, ошибках и обобщении поиск законов.

Следует отметить, что процедуры принятия решений и обучения по существу являются процедурами поиска экстремума (принятие решений — поиск оптимальных путей к целям, обучение — поиск оптимальных функций аппроксимации результатов наблюдения).

Известны два основных способа поиска экстремума: переборы и градиентный спуск, поэтому подходы к моделированию мыслительных процессов базировались на использовании каждого из этих способов.

Первый подход основан на сложившемся в математике представлении об универсальном классе функций, с которыми сталкивается человек, как о классе, описываемом в терминах рекурсивных функций, машин Тьюринга, продукций Поста, нормальных алгоритмов и пр., послуживших прототипами современных языков программирования. Поскольку для таких функций существует понятие универсальной функции, позволяющей организовать их перебор, то функции мышления пытались реализовать в рамках таких переборов.

На этой основе в мире возник широкий поток работ: «универсальный решатель проблем» GPS, распознающие системы, экспертные системы, игровые программы, системы доказательства теорем, решения задач и пр.

Вскоре, однако, выяснилось, что такие переборы в их непосредственном виде реализуемы лишь для достаточно простых и частных предметных областей. В общем же случае в силу NP-сложности переборы

оказываются практически не реализуемыми. Это касается как процесса обучения, где объем перебора гипотез растет быстрее, чем экспоненциально с числом связываемых ими характеристик, так и логического вывода, где объем перебора также быстрее, чем экспоненциально растет с числом применимых на каждом шаге законов (аксиом) и правил вывода.

Поскольку заранее неизвестно, какие характеристики ситуаций должны связываться законами, то при обучении, как правило, приходится ориентироваться на максимально широкий их набор, из-за чего перебор гипотез становится практически нереализуем.

Альтернативой языково-переборного подхода является нейросетевой (или коннекционистский) подход, где и обучение, и принятие решений определяется сетью параллельно работающих функциональных элементов (нейронов), реализующих простые (как правило, непрерывные) функции. Конкретный вид этих функций определяется набором параметров (весов синапсов), значения которых формируются в процессе адаптации, т. е. непрерывной подстройки к нужным значениям выхода.

К этому направлению относятся перцептрон, сети Хопфилда, ассоциативная память Кохонена, процедура *backpropagation*, адаптивные критики.

Казалось бы, за счет распараллеливания вычислений и использования только непрерывных функций здесь можно было бы получить большой выигрыш в скорости обработки. Однако, даже при относительно небольшой сложности нейронных сетей (размерности пространства синапсов), обучение моделей, как правило, оказывается слишком долгим, и требующим слишком большого числа показов примеров. Как и при первом подходе, оно здесь становится возможным лишь в достаточно простых случаях, когда сетью нейронов связывается относительно небольшое число характеристик. В сложных же случаях приходится разбивать характеристики на небольшие группы (простые подзадачи), что, как правило, делается «вручную».

Таким образом, независимо от подхода, основные трудности моделирования мыслительных процессов связаны с проблемой NP-сложности и состоят в поиске методов автоматического сокращения: для обучения — числа связываемых гипотезами характеристик; для принятия решений — числа законов, применяемых на каждом шаге логического вывода.

Наша работа в основном и направлена на преодоление этих трудностей. Ее цель — построение возможно более полной и способной работать в реальном времени модели рекурсивного развития интеллекта [1–4], обеспечивающей возможность организации в реальном мире все более сложного поведения.

В основе модели лежит работа ассоциативной памяти с использованием внутреннего языка описания ситуаций. На множестве понятий языка — переменных определенных типов (объектных, числовых, логических) вводится метрика, где расстояния между понятиями определяется близостью соответствующих им событий в пространстве времени и последовательностью связывающих их законов. Переход из одной ситуации в другую определяется последовательностью событий — изменений значений понятий.

Процесс развития основывается на следующей рекурсивной схеме.

1. Наиболее близкие между собой в метрике понятий контрастные события, последовательно обращая на себя внимание, связываются гипотезами-отношениями, имеющими вид ассоциативных операторов, например, адаптивных сетей Кохонена или Хопфилда.
2. При последовательной адаптации гипотез строятся законы, позволяющие по известным значениям одних понятий находить неизвестные значения других понятий.
3. Соответствующие законам отношения становятся новыми понятиями, которые, в свою очередь, могут связываться гипотезами и законами.
4. Законы модифицируют метрику, уменьшая расстояние между понятиями, что открывает возможность построения новых гипотез.

Так происходит постепенное пополнение внутреннего языка новыми понятиями, гипотезами и законами. Метрика в пространстве понятий по существу оценивает сложность достижения одних ситуаций из других и используется не только при обучении, но и при поиске оптимальных путей к целям.

Литература

- [1] *Вайнцвайг М. Н., Полякова М. П.* Формирование понятий и законов на основе анализа динамики зрительных картин // Труды 2-й международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, 2000. — С. 166–170.
- [2] *Вайнцвайг М. Н., Полякова М. П.* Архитектура и функции механизма мышления IEEE AIS'03, CAD-2003 (труды конференции) том.1, М.: Физматлит, 2003. — С. 208–213.
- [3] *Вайнцвайг М. Н., Полякова М. П.* Архитектура системы представления зрительных динамических сцен // Математические методы распознавания образов, ММРО-11, Москва, 2003. — С. 261–263.
- [4] *Вайнцвайг М. Н., Полякова М. П.* О моделировании мышления // От моделей поведения к искусственному интеллекту. — М.: УРСС, 2006. — С. 280–286.