

Моделирование когнитивной эволюции. Первые шаги

Редько В.Г.

vgredko@gmail.com

НИИ системных исследований РАН (Россия, Москва)

Задача моделирования когнитивной эволюции. Ранее было предложено провести исследование когнитивной эволюции, эволюции познавательных способностей биологических организмов (Редько 2008). Это исследование целесообразно вести путем построения моделей последовательных этапов эволюции познавательных свойств – от простейших форм поведения организмов к логическим правилам, используемым в математических доказательствах. В настоящей работе характеризуются первые шаги по намеченному моделированию, излагаются модели адаптивного поведения автономных агентов, обладающих элементарными когнитивными свойствами.

Модели адаптивного поведения автономных агентов. Изложим результаты двух компьютерных моделей. **В первой модели** исследовалось поведение автономных агентов в двумерной клеточной среде. Время предполагалось дискретным. Каждый агент выполнял следующие действия: деление, питание, перемещение на одну клетку вперед, поворот направо или налево, нанесение удара по соседнему агенту, отдых. В части клеток двумерного мира имелись порции пищи. Агент обладал ресурсом, который увеличивался при питании и уменьшался при выполнении им действий. При нанесении удара ударяющий агент отнимал ресурс у ударяемого. Система управления агента представляла собой набор правил вида: «Если имеет место ситуация S , то необходимо выполнить действие A ». Ситуация S – это набор параметров, характеризующих внешнюю и внутреннюю среду агента. Каждое правило имеет свой вес. Веса правил модифицировались как путем самообучения агентов, так и в процессе эволюционной оптимизации. Обучение проводилось методом обучения с подкреплением (Sutton, Barto 1998). При делении агента ресурс родителя делился пополам между родителем и потомком. Правила выбора действий потомка отличались от правил родителя малыми мутациями. При выборе агентом действия определялась текущая ситуация и из соответствующих ситуации правил с вероятностью $1-\varepsilon$ выбиралось правило с максимальным весом, а с вероятностью ε – произвольное правило ($0 < \varepsilon < 1$). Соответствующее выбранному правилу действие выполнялось.

Моделирование проводилось в рамках полной модели и в рамках упрощенной версии. В последнем случае изучалось обучение одного агента, у которого действия деление и борьба с другими агентами отсутствовали. В полной модели в процессе эволюции и обучения агентов формировалось следующее поведение: агенты преимущественно питались и часто отнимали ресурс друг у друга (наноса удары по соседям), изредка они выполняли и другие действия.

В упрощенной версии агент вел поиск пищи. Сформированный и отобранный агентом набор правил можно рассматривать как обобщающие эвристики, которые сводятся к следующему: 1) если есть порция пищи в той клетке, в которой находится агент, то нужно выполнить действие «питание»; 2) если нет порции пищи в той клетке, в которой находится агент, и есть пища в клетке впереди или справа/слева от агента, то нужно выполнить действие «перемещение вперед» или «поворот направо/налево». Тем самым происходил отбор правил, приводящих к формированию цепочек действий агента. Эти цепочки обеспечивали нахождение пищи и увеличение ресурса агента.

Во второй модели исследовано адаптивное поведение автономных агентов, имеющих несколько естественных потребностей: питание, размножение, безопасность. Система управления агента была основана на правилах того же вида, что и в первой

модели. Мир, в котором находились агенты, состоял из двух клеток: одна клетка являлась опасной для агентов, вторая – безопасной. Периодически статус клеток менялся: опасная клетка становилась безопасной, и, наоборот, клетка, бывшая безопасной, становилась опасной. Агент, находящийся в опасной клетке, каждый такт времени терял большой ресурс. В мире имелась восполняемая пища агентов. Агенты выполняли следующие действия: деление, питание, перемещение в другую (альтернативную из двух) клетку, отдых.

Специальным выбором параметров задавались следующие случаи: А) случай L (чистое обучение), в этом случае веса правил настраивались путем обучения с подкреплением; Б) случай E (чистая эволюция), в этом случае веса правил модифицировались в результате мутаций и отбора делящихся агентов; В) случай LE (обучение + эволюция), для которого веса правил модифицировались как путем обучения, так и в процессе эволюционной оптимизации. Моделирование продемонстрировало, что во всех трех случаях после формирования правил агенты своевременно перемещались из опасной клетки в безопасную, при чистом обучении (случай L) агенты в основном выполняли действия, соответствующие потребностям питания и безопасности, а при эволюционной оптимизации (случай E) дополнительно к этому увеличивалась частота действий, соответствующих потребности размножения. В случае LE поведение агентов было близко к таковому в случае L. Итак, моделирование продемонстрировало формирование достаточно естественного поведения агентов. Существенно, что при эволюционной оптимизации важную роль играет размножение.

В изложенных моделях формировались элементарные когнитивные свойства агентов: они запоминали правила, определяющие их поведение.

Перспективы дальнейшего моделирования. Интересное направление развития моделей – введение мотиваций, количественно характеризующих потребности. Несложно ввести конкуренцию между мотивациями, что эквивалентно конкуренции между потребностями. Динамика отдельной мотивации аналогична таковой в работе (Непомнящих и др. 2008). «Выигравшая» конкуренцию потребность использует свой блок структурированной системы управления агента. Блоки системы управления могут формироваться автоматически, в процессе обучения и эволюционной оптимизации поведения агентов. Оптимизация каждого блока должна происходить независимо от других блоков.

Далее имеет смысл ввести прогнозирование будущих ситуаций, следующих за намеченными действиями (методы моделирования прогнозирования известны). При наличии предсказания и обобщения ситуаций возможны дальнейшие шаги к использованию логических выводов при планировании поведения. Кроме того, возможно использование методов семантического вывода (Витяев 2006). Таким образом, имеются подходы к моделированию процессов возникновения простейших логических выводов.

Литература

- Sutton, Barto 1998 – Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 1998.
- Витяев 2006 – Витяев Е.Е. Извлечение знаний из данных. Компьютерное познание. Модели когнитивных процессов. Новосибирск: НГУ, 2006.
- Непомнящих и др. 2008 – Непомнящих В.А., Попов Е.Е., Редько В.Г. Бионическая модель адаптивного поискового поведения // Известия РАН. Теория и системы управления, 2008. № 1. С. 85-93.
- Редько 2008 – Редько В.Г. Перспективы моделирования когнитивной эволюции // Третья международная конференция по когнитивной науке. Тезисы докладов в 2-х томах. Т. 2. М.: Художественно-издательский центр, 2008. С. 576-577.