

Модель планирования новокаледонскими воронами*

Редько В.Г.

Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, Москва

vgredko@gmail.com

Model of planning by New Caledonian crows

Red'ko V.G.

Scientific Research Institute for System Analysis, Russian Academy of Sciences, Moscow

Biologically inspired model of planning by New Caledonian crows has been developed. Planning uses the predictions of results of actions. The results of the model is in qualitative agreement with the biological experiment.

1 Биологический эксперимент

Модель основана на биологическом эксперименте с новокаледонскими воронами [1]. В этом эксперименте вороны предварительно обучались выполнению отдельных элементов довольно сложного поведения. После обучения воронам предлагалось решить следующую трехзвенную проблему: (1) подтянуть привязанную на шнуре короткую палочку и освободить ее от шнура, (2) с помощью короткой палочки достать длинную палочку из зарешеченного контейнера, (3) длинной палочкой извлечь пищу из второго глубокого прозрачного контейнера. При этом невозможно было извлечь пищу из глубокого контейнера с помощью короткой палочки или клюва и извлечь длинную палочку из зарешеченного контейнера клювом. Поэтому, чтобы добыть пищу, вороне надо было выполнить определенную цепочку указанных последовательных действий: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$. Были более полно обученные вороны, которые обучались оперированию со всеми тремя инструментами (шнур, короткая палочка и длинная палочка) по отдельности, и менее обученные вороны, которые обучались оперированию только с двумя из этих инструментов (шнур и длинная палочка). В результате более обученные вороны решали трехзвенную проблему с первой попытки; менее обученные вороны тоже решали эту проблему, но медленней и не всегда с первой попытки. Итак, вороны предварительно обучались отдельным элементам поведения, направленного на решение трехзвенной проблемы, а затем самостоятельно мысленно планировали полностью все это поведение, мысленно связывая отдельные элементы в единую цепочку.

2 Описание модели

Построим модель мысленного формирования плана поведения, нацеленного на решение

трехзвенной проблемы. Рассматриваем модельных ворон. Считаем, что имеются следующие существенные ситуации S_i и действия A_i :

S_1 : короткая палочка висит привязанная на шнуре; длинная палочка лежит в зарешеченном контейнере; пища находится во втором глубоком прозрачном контейнере

S_2 : короткая палочка свободна; длинная палочка лежит в зарешеченном контейнере; пища находится в глубоком прозрачном контейнере

S_3 : длинная палочка свободна; пища находится в глубоком прозрачном контейнере

S_4 : пища свободна

A_1 : подтянуть привязанную на шнуре короткую палочку и освободить ее от шнура

A_2 : с помощью короткой палочки достать длинную палочку из зарешеченного контейнера

A_3 : длинной палочкой извлечь пищу из второго глубокого прозрачного контейнера.

При этом S_1 – исходная ситуация, S_4 – целевая ситуация.

В результате предварительной тренировки все вороны обучались делать предсказание $\{S_3, A_3\} \rightarrow S_4$ (длинной палочкой можно достать пищу из глубокого прозрачного контейнера). Более обученные вороны также могли делать предсказание $\{S_2, A_2\} \rightarrow S_3$ (короткой палочкой можно достать длинную). Все вороны не могли делать четкого нужного предсказания $\{S_1, A_1\} \rightarrow S_2$ (хотя при тренировке можно было подтягивать шнур с привязанным на нем куском пищи [1], т.е. до этого предсказания можно было догадаться).

Полагаем, что механизм формирования плана решения трехзвенной проблемы включает в себя следующие этапы (рис. 1):

прямое мысленное рассмотрение от S_1 к S_4 (до тех пока не будет найдена правильная цепочка действий, ведущих к цели)

проверка найденного решения путем тестирующего мысленного обратного и прямого рассмотрения

генерация стереотипа целенаправленного поведения после тестирования.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-01-00223).

При прямом мысленном рассмотрении модельные вороны анализируют возможности достижения цели S_4 , исходя из ситуации S_1 . При этом вороны могут тестировать мысленно или реально пробовать отдельные действия и догадываться с определенными вероятностями до нужных предсказаний $\{S_1, A_1\} \rightarrow S_2$ и $\{S_2, A_2\} \rightarrow S_3$. Считаем, что более обученные вороны угадывают предсказание $\{S_1, A_1\} \rightarrow S_2$ с вероятностью P_1 . Менее обученные вороны догадываются о предсказаниях $\{S_1, A_1\} \rightarrow S_2$ и $\{S_2, A_2\} \rightarrow S_3$ с вероятностями P_2 и P_3 , соответственно. При компьютерных расчетах полагалось $P_1 = 0.9$, $P_2 = 0.7$, $P_3 = 0.5$. Также считаем, что формируются уверенности в предсказаниях, которые увеличиваются (уменьшаются) при правильном (неправильном) предсказании. Если сразу решение не найдено, то происходит повтор прямого мысленного рассмотрения.

После первого нахождения результата происходит его проверка, при этом при тестирующем обратном мысленном рассмотрении (рис. 1) оцениваются расстояния между текущими ситуациями и целевой и при успешной проверке формируется база знаний, характеризующая ситуации, действия, прогнозы результатов действий, оценки расстояний между текущими ситуациями и целевой ситуацией.

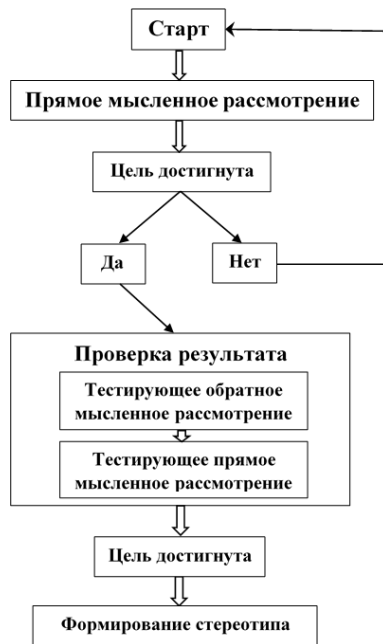


Рис. 1. Схема формирования плана решения трехзвенной проблемы.

Для надежности проводится и тестирующее прямое мысленное рассмотрение (рис. 1), которое уже использует базу знаний.

При тестирующих мысленных рассмотрениях возрастают также уверенности в правильных предсказаниях. На основе базы знаний строится план решения трехзвенной проблемы.

После проверки результатов путем тестирующего мысленного рассмотрения формируется стереотип целенаправленного поведения. При выполнении действий в соответствии со стереотипом уже не нужны мысленные усилия для формирования плана поведения, следовательно, стереотипное поведение должно происходить быстро.

3 Результаты моделирования

Было проведено компьютерное моделирование по приведенной схеме формирования планов решения трехзвенной проблемы воронами. На рис. 2 представлена зависимость средней частоты успешного составления планов в зависимости от времени. Один такт времени соответствовал одной попытке нахождения решения трехзвенной проблемы, $\langle F_{success} \rangle = 1$ соответствует достижению надежного решения трехзвенной проблемы.

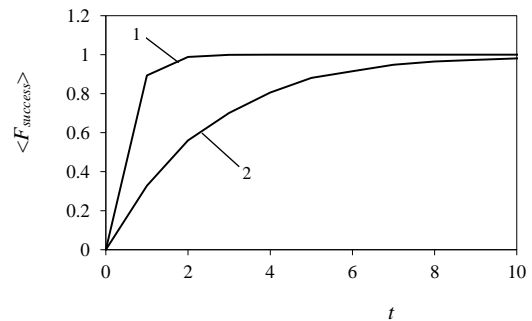


Рис. 2. Зависимость средней частоты успешного планирования $\langle F_{success} \rangle$ от времени t для более (1) и менее (2) обученных модельных ворон. $P_1 = 0.9$, $P_2 = 0.7$, $P_3 = 0.5$. Усреднено по 1000 различным расчетам.

Согласно рис. 2 более обученные вороны находят успешное решение трехзвенной проблемы практически с первой попытки, менее обученным воронам для решения проблемы достаточно нескольких первых попыток. Это качественно согласуется с биологическим экспериментом [1].

4 Заключение

Таким образом, построена и исследована биологически инспирированная модель мысленного планирования модельными животными достаточно сложного поведения на основе знаний об отдельных элементах этого поведения.

Список литературы

[1] A.H. Taylor, D. Elliffe, G.R. Hunt, R.D. Gray. Complex cognition and behavioural innovation in New Caledonian crows. *Proceedings of the Royal Society B*, 2010, **277**(1694), 2637-2643.