

# Моделирование когнитивной эволюции – перспективное направление междисциплинарных исследований

В.Г. Редько

НИИ системных исследований РАН, Москва

В процессе когнитивной эволюции сформировалось мышление человека, которое используется в научном познании. В докладе характеризуется моделирование когнитивной эволюции, т.е. исследование этой эволюции путем построения и изучения математических и компьютерных моделей когнитивных способностей живых организмов разного эволюционного уровня. Особое внимание уделено междисциплинарным связям исследований когнитивной эволюции.

Почему моделирование когнитивной эволюции интересно и важно?

Во-первых, потому что – это направление исследований непосредственно связано со следующими фундаментальными научными проблемами:

– Как в процессе биологической эволюции произошло мышление человека?

– Почему мышление человека, в том числе, формальное логическое мышление, используемое в математических доказательствах, казалось бы, совершенно не связанное с внешним миром, применимо к познанию реальной природы?

Во-вторых, в настоящее время имеются серьезные научные заделы моделирования когнитивной эволюции, развиваемые в целом ряде направлений вычислительных наук. Например, это многочисленные работы по исследованию компьютерных моделей автономных агентов, отражающих свойства как живых, так и модельных организмов. Также очень интересные заделы развиваются и со стороны биологических исследований познавательных способностей животных.

В-третьих, моделирование когнитивной эволюции в будущем должно иметь широкие междисциплинарные связи:

– с основаниями науки, с основаниями математики,

– с теорией познания,

– с когнитивной наукой,

– с биологическими исследованиями,

– с научными основами искусственного интеллекта,

– с моделированием на стыке вычислительных наук и биологических экспериментальных исследований.

И, наконец, моделирование когнитивной эволюции нацелено на серьезное развитие научного миропонимания. Используя эволюционный подход, можно исследовать познавательные способности биологических организмов разного эволюционного уровня, анализировать, как и почему возникали эти способности, стремиться раскрыть причины их возникновения.

Резюмируя приведенные аргументы, можно сказать, что вполне возможно формирование но-

вой научной дисциплины «Моделирование когнитивной эволюции».

Философские предпосылки исследований когнитивной эволюции, заделы этих исследований, начальные шаги моделирования когнитивной эволюции подробно характеризуются в книге [1].

Очертим междисциплинарные связи будущих исследований когнитивной эволюции.

## Связь с основаниями науки, с основаниями математики

Моделирование когнитивной эволюции связано с основаниями науки, с основаниями математики. Это моделирование прямо нацелено на исследование эволюционных корней нашего логического мышления, того мышления, которое используется в научном познании. Исследование пути к логическому мышлению, причин возникновения тех когнитивных способностей, которые привели к мышлению, возможно, прояснит вопрос: почему наша логика такова, какова она есть?

Возможно также, что мы сможем хотя бы частично прояснить причины «непостижимой эффективности математики в естественных науках» [2]. Действуя упрощенно, мы можем догадываться о том, что у животных в процессе эволюции формировались такие когнитивные способности, которые помогали животным предвидеть будущие события в окружающем мире, предвидеть результаты своих действий. И более того, животные могли планировать свое поведение, направляя его на полезные для себя результаты (в определенной степени, подобное планирование наблюдалось у новокаледонских воронов [3]). При планировании, естественно, должны были делаться определенные логические выводы. Те животные, которые мысленно планировали свое поведение лучше, чем другие, имели эволюционное преимущество. В результате, в процессе эволюции должны были выживать те животные, которые лучше рассуждали, более четко предвидели результаты своих действий. И способность к правильным выводам, способность к правильному прогнозированию должна была совершенствоваться в процессе биологической эволюции. Далее, экстраполируя результат биологической эволюции (пока чисто концептуально), можно думать, что способность делать обобщающие выводы, с учетом связей между различными видами знаний и привела к тем способностям человека, которые используются в научном познании. Наиболее четкое обобщение делается в математике. Математик стремится к наиболее четким и наиболее общим утверждениям, т.е. к утверждениям, охватывающим наибо-

лее общую область применений. Образно говоря, можно сказать, что математика – далеко заэкстраполированный вперед инструмент познания внешнего мира, инструмент предвидения будущего. Но, конечно же, эти рассуждения пока чисто концептуальные. Для полноценного познания эволюционного пути к мышлению целесообразно опираться на биологические эксперименты и соответствующие математические и компьютерные модели.

Конечно же, не вся логика, используемая в научном познании, сводится к чисто дедуктивным доказательствам. В логике используются методы мышления как рассуждения – дедукция, индукция, абдукция, аналогии. В частности, абдукция есть правдоподобный вывод от частного к частному. Схематично абдуктивный вывод можно представить следующим образом [4]: «Пусть имеется правило  $A \rightarrow B$  (из  $A$  следует  $B$ ) и известно, что имеет место событие  $B$ . Тогда, по абдукции делаем заключение о том, что, быть может, имеет место и  $A$ . Этот метод рассуждений предназначен для поиска причин или объяснений наблюдаемых явлений и фактов. Абдукция выступает в двух ипостасях: 1) как познавательная процедура, служащая основанием для принятия гипотез; 2) как метод получения обобщающей выборки».

Возвратимся к основаниям науки, основаниям математики. Хорошо сказано о методах научного познания, о методах поиска математических утверждений в книге А. Пуанкаре «Наука и метод» [5], в которой характеризуются методы математического творчества, подчеркивается роль озарений, догадок, интуиции при поиске новых математических утверждений.

Подчеркнем еще раз, что при создании научных теорий ученые не только делают логические выводы, но и стремятся к тому, что получить максимально общие результаты, стремятся связать воедино уже известные результаты, теоремы, концепции и теории.

### **Связь с теорией познания**

Исследования когнитивной эволюции интересны с философской, эпистемологической точки зрения – они нацелены на прояснение причин применимости человеческого мышления в познании природы. Более того, моделирование когнитивной эволюции может способствовать развитию естественнонаучной основы (на базе конкретных моделей конкретных познавательных способностей биологических организмов) философской дисциплины – эпистемологии.

### **Связь с когнитивной наукой**

Сейчас в когнитивной науке во многом ведут исследования специалисты с гуманитарным уклоном: лингвисты и психологи. Моделирование когнитивной эволюции могло бы приблизить когнитивную науку к точным наукам. *Более того, исследование когнитивной эволюции связано с наиболее глубокими и серьезными когнитивными*

*процессами – процессами научного познания.* Так что моделирование когнитивной эволюции могло бы стать одним из наиболее важных и глубоких направлений в когнитивной науке.

### **Связь с вычислительными науками, связь с биологией**

Заделы моделирования когнитивной эволюции со стороны вычислительных наук и со стороны биологии довольно подробно охарактеризованы в [1]. Здесь только подчеркнем, что работ на стыке моделирования и биологических исследований когнитивных способностей живых организмов сейчас явно недостаточно. При этом могло бы быть эффективное сочетание биологических экспериментов и теоретических моделей, аналогичное мощному сочетанию экспериментальной и теоретической физики.

### **Близкие работы по научным основам искусственного интеллекта**

Такие работы включают исследования когнитивных систем роботов [6], изучение нестандартных логик [7, 8], исследование познавательных методов, используемых человеком [9, 10].

### **Изучение естественного интеллекта и моделирование когнитивной эволюции**

Существует широкий круг исследований, посвященных изучению естественного интеллекта, попыткам моделирования мышления. Отметим некоторые из работ в этом направлении.

Ряд работ отечественных исследователей в этой области представлен в книге [11]. В ранней работе [12] (М.Н. Вайнцвайг, М.П. Полякова, 1975 г.) была сделана очень интересная попытка моделирования мышления в чистом виде, строилась тщательно продуманная модель (на основе четкой теоретической проработки) того, как могли бы люди познавать закономерности незнакомого им мира, минимально специализированного для наших органов чувств.

Интересный подход к воссозданию интеллекта человеческого уровня был предложен в работе [13]. Было предложено создать такого интеллектуального робота, поведение которого было бы настолько «разумно», что люди могли бы выбрать этого робота президентом страны. Хотя с точки зрения анализа когнитивных способностей человека, используемых в научном познании, можно было бы подойти к воссозданию интеллекта человеческого уровня следующим образом. В работе М.Н. Вайнцвайга [14] анализировались модели автономных агентов, которые познают закономерности механики, наблюдая за столкновениями тел, например, шаров. По мнению М.Н. Вайнцвайга, исследование таких автономных агентов, в конечном итоге, нацелено на то, чтобы агенты могли бы прийти к самостоятельному открытию трех законов Ньютона. Ну, чем это не интеллект челове-

ского уровня (конечно, пока только в замыслах) – открытие законов природы?!

И можно представить, как мог бы развиваться «интеллект» автономного агента, чтобы агент смог прийти к уровню ученого [15]. У агента должна быть база знаний, должно быть стремление к получению новых знаний и к обобщению знаний, должна быть любознательность, направляющая агента к постановке вопросов о внешнем мире и решению этих вопросов путем постановки экспериментов. Агенты должны учитывать многочисленные связи между уже имеющимися знаниями. Должен быть коллектив агентов, исследующий внешний мир, и должны быть коммуникации между агентами. Должно быть самосознание агентов, эмоциональная самооценка результатов своей деятельности и стремление агента достигнуть наиболее высоких результатов в коллективе агентов. Агенты должны иметь стремление к получению наиболее ясных, четких и компактных знаний, таких как законы Ньютона или аксиомы Евклида. И конечно, агенты должны освоить возможности логических выводов, позволяющих получить многочисленные следствия законов и аксиом.

Понятно, что путь к интеллекту такого уровня весьма непрост, но, все же, он просматривается.

Итак, работы, нацеленные на моделирование мышления человеческого уровня, ведутся. Сравнивая эти работы с постановкой моделирования когнитивной эволюции, можно сказать, что исследования в этих двух направлениях взаимодополнительны: рассматривается либо верхний уровень (моделирование мышления), либо эволюционный путь к этому уровню (моделирование когнитивной эволюции).

### Перспективы

Анализируя современные работы по моделям автономных агентов, можно заключить, что уже имеются отдельные маленькие элементы модельной картины когнитивной эволюции. Образно говоря, у нас уже есть некоторые совсем небольшие фрагменты картины, но мы еще не видим всей картины. Четкой последовательности серьезных, канонических моделей, которые показывали бы общую картину происхождения логического мышления, пока еще нет.

Тем не менее, как уже говорилось, моделирование когнитивной эволюции тесно связано с глубокими фундаментальными проблемами:

– Почему наше человеческое мышление применимо к познанию природы?

– Как произошло мышление в процессе биологической эволюции?

В настоящее время имеются мощные заделы моделирования когнитивной эволюции как стороны вычислительных наук, так и стороны биологических исследований.

Исследования когнитивной эволюции должны способствовать существенному развитию научно-

го миропонимания. Также эти исследования имеют широкие междисциплинарные связи.

И уверенно можно утверждать, что моделирование когнитивной эволюции имеет серьезные перспективы.

### Литература

1. *Редько В.Г.* Моделирование когнитивной эволюции: На пути к теории эволюционного происхождения мышления. М.: УРСС, 2015.

2. *Вигнер Е.* Непостижимая эффективность математики в естественных науках // Успехи физических наук. 1968. Т. 94. № 3. С. 535–546.

3. *Taylor A.H., Elliffe D., Hunt G.R., Gray R.D.* Complex cognition and behavioural innovation in New Caledonian crows // Proceedings of the Royal Society. B: Biological Sciences. 2010. V. 277. No. 1694. P. 2637–2643.

4. *Тарасов В.Б.* Грануляция информации: основа мыслительных процессов и предпосылка создания интеллектуальных систем новых поколений // Подходы к моделированию мышления (Под ред. Редько В.Г.). М.: УРСС, 2014. С. 219–261.

5. *Пуанкаре А.* О науке. М.: Наука, 1990 (См. в этом сборнике трудов: книга «Наука и метод», глава III «Математическое творчество»).

6. *Станкевич Л.А.* Искусственные когнитивные системы // Научная сессия МИФИ–2010. XII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика–2010»: Лекции по нейроинформатике. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. С. 106–160.

7. *Финн В.К.* О машинно-ориентированной формализации правдоподобных рассуждений в стиле Ф. Бэкона – Д.С. Милля // Семиотика и информатика. 1983. М.: ВИНТИ. Вып. 20. С. 35–101.

8. *Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В.* Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. М.: Физматлит, 2008.

9. *Осинов Г.С.* Лекции по искусственному интеллекту. М.: УРСС, 2009.

10. *Anshakov O., Gergely T.* Cognitive Reasoning: A Formal Approach. Heidelberg et al: Springer, 2010.

11. *Подходы к моделированию мышления* (Под ред. Редько В.Г.). М.: УРСС, 2014.

12. *Вайнцвайг М.Н., Полякова М.П.* Об одном подходе к проблеме создания искусственного интеллекта // Моделирование обучения и поведения. М.: Наука, 1975. С. 209–235.

13. *Chella A., Lebiere C., Noelle D.C., Samsonovich A.V.* On a roadmap to biologically inspired cognitive agents // Biologically Inspired Cognitive Architectures 2011. Proceedings of Second Annual Meeting of the BICA Society (Eds. Samsonovich A.V., Johansdottir K.R.). Amsterdam et al.: IOS Press, 2011. P. 453–460.

14. *Вайнцвайг М.Н.* Мышление как механизм обучения организации поведения // Подходы к моделированию мышления (Под ред. Редько В.Г.). М.: УРСС, 2014. С. 203–218.

15. *Red'ko V.G.* Principles of functioning of autonomous agent-physicist // Biologically Inspired Cognitive Architectures 2012. Proceedings of the Third Annual Meeting of the BICA Society (Eds. Chella A., Pirrone R., Sorbello R., Johansdottir K.R.). Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer, 2012. P. 265–266.