

От критических методов к процессам доказательств

В. Г. Редько¹

¹ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, vcredko@gmail.com

Аннотация. Построена и проанализирована модель процесса формирования доказательства на основе использования критического мышления. Проведён анализ методов использования критических рассуждений в научном процессе. Проанализированная модель вносит вклад в изучение когнитивной эволюции.

Ключевые слова: критическое мышление, доказательство, научное познание

1. Введение

В настоящей работе строится и анализируется модель, иллюстрирующая возникновение доказательств на основе использования критического мышления. Будем отталкиваться от анализа, сделанного в книге В.Ф. Турчина «Феномен науки» [1]. В этой книге характеризуются процессы зарождения и начальные этапы развития научного познания. Отмечается важность возникновения критического мышления. Характеризуется переход от первобытного мышления к критическому (от мышления первобытных племен к возникновению формального логического мышления). Критическое мышление отличается от первобытного тем, что возникает оценка мыслительного процесса самим мыслящим субъектом [1, гл. 8]:

«Критическое мышление рассматривает каждое объяснение (языковую модель действительности) наряду с другими, конкурирующими объяснениями (моделями), и оно не удовлетворится, пока не будет показано, чем данное объяснение лучше, чем конкурирующее».

Также в этой книге подробно рассматриваются связанные с критическим мышлением процессы возникновения математических доказательств, возникновения основанной на аксиомах Евклидовой геометрии в Древней Греции [1, гл. 10], в частности, отмечается следующее:

«Ни в египетских, ни в вавилонских текстах мы не находим ничего, что хотя бы отдаленно было похоже на *математическое доказательство*. Понятие о доказательстве ввели греки, и это является их величайшей заслугой».

Отметим, что определённые формы критического мышления в Древней Греции были явно развиты, например, можно вспомнить беседы Сократа, который изначально мнимо соглашался с одним из участников беседы, а затем показывал

ложность мнения оппонента. Смысл сократического метода состоял в исключении догм, осознании главного тезиса сократовской мудрости: «Я знаю, что ничего не знаю». Этот метод побуждает человека к самопознанию, способствует его самосовершенствованию. Метод Сократа способствовал устранению первоначальных мнений, появлению сомнений, тем самым расчищая дорогу для поиска истины. Некоторые диалоги Сократа представлены в трудах Платона [2].

Представляется, что критическое мышление способствовало и развитию математических доказательств. Но можно ли с помощью модели представить более детально переход от критического мышления к процессу доказательства. В настоящей работе строится достаточно простая модель, иллюстрирующая такой переход.

Будем рассматривать автономного агента, у которого уже имеется «чувство причинности». В работах [3, 4], отталкиваясь от анализа Дэвида Юма, который считал, что у нас имеется какое-то наше внутреннее чувство причинности, которое заставляет нас утверждать, что если за ситуацией A постоянно следует ситуация B , то A есть причина B [5], были построены и исследованы компьютерные модели автономных агентов с чувством причинности и без чувства причинности. Согласно моделям [3, 4] агенты с чувством причинности имеют преимущество по сравнению с агентами без чувства причинности. Более того, было показано, что в эволюционирующей популяции агентов в результате эволюции агенты с чувством причинности могут вытеснять из популяции агентов без чувства причинности [4].

В данной работе предполагается, что агенты имеют чувство причинности и могут запоминать элементарные связи между ситуациями во внешнем мире $S(t)$, своими действиями $A(t)$ и следующими ситуациями $S(t+1)$ [3]:

$$\{S(t), A(t) \rightarrow S(t+1)\}, \quad (1)$$

где t – дискретное время, $t = 1, 2, \dots$

2. Иллюстративная модель

Строим модель, предполагая следующее. Имеется агент, имеющий чувство причинности, т.е. агент может формировать и запоминать правила вида (1). Агент функционирует в достаточно простом лабиринте (рис. 1). Лабиринт состоит из клеток, светлым показаны клетки, в которых может находиться агент, черным показаны препятствия в лабиринте, т.е. агент не может попасть в эти клетки. Жирной линией показаны границы лабиринта, которые агент не может преодолеть, т.е. агент всё время находится в лабиринте.

4	5	7		16
3	6	8		15
2		9	11	14
1		10	12	13

Рис. 1. Схема лабиринта, в котором находится агент.

Ситуация – клетка, в которой находится агент. Действие агента – переход агента из одной клетки в другую соседнюю клетку. Первоначально агент изучает лабиринт, запоминает клетки, в которых он находится, свои действия (переходы между клетками) и клетки, в которые он попадает в результате действий, т.е. агент непосредственно запоминает связи между ситуациями и своими действиями согласно выражению (1). Например, схема изучения лабиринта может быть следующая. Для каждой клетки лабиринта агент совершает все возможные переходы из этой клетки в соседние и запоминает все возможные связи вида (1). Считаем, что в результате этого изучения лабиринта агент полностью его осваивает, т.е. для всех возможных ситуаций (клеток) и действий (переходов в соседние клетки) он знает в какую ситуацию (клетку) он попадёт. При первоначальном изучении лабиринта пока ещё нет целевой клетки.

После изучения лабиринта агент выполняет определенный поиск. Сначала агент помещается в стартовую клетку 1 и ведет поиск цели. Цель находится в клетке 16, но агенту известно только то, что имеется цель, а место нахождения цели ему заранее неизвестно. Каждый такт времени агент перемещается на одну клетку. Агент не может выйти из лабиринта и не может попасть в клетку с препятствием. Также предполагается, что агент не может перемещаться в те клетки, в

которых он уже был во время поиска. Из клетки 1 агент может переместиться только в клетку 2, затем – в клетку 3. Далее имеются варианты: перемещаться в клетку 4 либо в клетку 6. При перемещениях он отслеживает свой путь в соответствии с выражением (1).

Если агент попал в клетку 8 из клетки 6, то в клетку 7 он переместиться не может, так как после этого он будет вынужден повторно зайти в одну из клеток 5, 6, 4, 3, а повторные входы в клетки ему не разрешены. Отметим, что такие запреты на повторные входы в клетки агент может обнаружить не сразу; считаем, что такие запреты агент обнаруживает методом проб и ошибок, например, он может пройти по клеткам $8 \rightarrow 7 \rightarrow 5 \rightarrow 4$ и обнаружить запрет (в клетку 3 повторно идти нельзя), считаем, что после обнаружения запрета, агент возвращается в последнюю клетку, из которой имеется два возможных перехода, т.е. в рассматриваемом случае агент возвращается в клетку 8. Следовательно, из клетки 3 агент должен будет пройти по одному из четырёх возможных ближних путей, а именно по следующим клеткам: $3 \rightarrow 6 \rightarrow 8$ или $3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8$ или $3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 8$ или $3 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8$. То есть, имеется четыре под-варианта прохода из клетки 3, во всех четырёх под-вариантах агент попадает в клетку 8.

Из клетки 8 агент перемещается в клетку 9. Далее, как и для клеток 3,4,5,6,7,8 у агента имеются четыре под-варианта дальнейшего пути: $9 \rightarrow 11 \rightarrow 14$ или $9 \rightarrow 10 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow 14$ или $9 \rightarrow 10 \rightarrow 12 \rightarrow 11 \rightarrow 14$ или $9 \rightarrow 11 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow 14$. Во всех этих под-вариантах агент попадает в клетку 14. Далее из клетки 14 он переходит в клетку 15, а затем в клетку 16, а этой клетке агент обнаруживает цель, после чего поиск прекращается.

Каждому из под-вариантов прохождения по клеткам 3,4,5,6,7,8 может быть сопоставлен любой под-вариант прохождения по клеткам 9, 10, 11, 12, 13, 14. Таким образом, существует 16 общих вариантов нахождения цели. Считаем, что после нахождения цели агент проверяет все эти 16 вариантов прохождения к цели и критически оценивает их.

Агент критически оценивает варианты по числу проходимых в варианте клеток: чем больше проходится клеток в варианте, тем хуже этот вариант. И согласно правилу критического мышления, агент выбирает наилучший вариант, т.е. путь движения по клеткам:

$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 11 \rightarrow 14 \rightarrow 15 \rightarrow 16$.

Формально путь к цели можно представить несколько подробнее, с учетом направления движения. Тогда наилучший вариант пути будет выглядеть следующим образом:

$1 \rightarrow \text{вверх} \rightarrow 2 \rightarrow \text{вверх} \rightarrow 3 \rightarrow \text{вправо} \rightarrow 6 \rightarrow \text{вправо} \rightarrow 8 \rightarrow \text{вниз} \rightarrow 9 \rightarrow \text{вправо} \rightarrow 11$

-> вправо -> 14 -> вверх -> 15 -> вверх -> 16.

Отметим, что поскольку после процесса первоначального изучения лабиринта агент полностью знает все элементарные переходы вида (1) для всех переходов между соседними клетками лабиринта, то поиск цели агент может проводить мысленно, без реального перемещения по клеткам. Нужно только, чтобы при мысленном попадании агента в клетку 16, агенту сообщалось, что цель находится в этой клетке. Более того, агент может сразу находить оптимальные части пути между клетками 3 и 8 (3->6->8) и между клетками 9 и 14 (9->11->14), не рассматривая более трудоёмкие пути между этими клетками.

Подчеркнём, что можно провести аналогию между рассмотренным агентом и процессом математического доказательства. В нашей модели мы можем считать, что переход агентом к новой ситуации (из одной клетки в соседнюю) мысленно соответствует одному элементарному логическому шагу и чем меньше таких логических шагов, тем доказательство того, что цель будет найдена, более эффективно. Например, можно рассмотреть доказательства положений (теорем) в «Началах» Эвклида [6, 7]. Каждое доказательство теоремы можно рассматривать как цепочку логических шагов, аналогично цепочке элементарных логических шагов агента в нашей модели. Образно говоря, в рассматриваемом случае агент доказывает такую «теорему».

Если я нахожусь в стартовой клетке 1 изученного мной лабиринта, то существует путь к целевой клетке 16 этого лабиринта, причём кратчайший путь к целевой клетке таков: 1 -> вверх -> 2 -> вверх -> 3 -> вправо -> 6 -> вправо -> 8 -> вниз -> 9 -> вправо -> 11 -> вправо -> 14 -> вверх -> 15 -> вверх -> 16, где числа соответствуют номерам клетки, слова указывают направления перемещения между соседними клетками.

Таким образом, иллюстративная модель характеризует пример использования критического мышления при формировании доказательства.

3. Обсуждение

Естественно, что приведённая иллюстративная модель рассматривает простой пример как использования критического мышления, так и простой пример доказательства. Тем не менее, этот пример характеризует суть перехода от критического мышления к доказательствам.

Роль критического мышления, критического анализа в научном познании подчёркивалась рядом исследователей научного познания. В рабо-

тах Карла Поппера процесс формирования новых теорий рассматривается в виде схемы [8]:

$$P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2,$$

где P_1 – исходная проблема, TT – пробное решение проблемы, пробная теория, которая может быть (частично или в целом) ошибочной, эта теория подвергается оценке, критическому устранению ошибок EE , в ходе оценки возникает следующая проблема P_2 . Как подчёркивает Поппер, «оценка всегда является критической, её цель открытие и устранение ошибок».

Иллюстрируя роль критического метода, Поппер пишет:

«Разница между амёбой и Эйнштейном состоит в том, что хотя оба используют метод проб и устранения ошибок, амёба не любит ошибок, а Эйнштейна они интересуют: он осознанно ищет у себя ошибки, надеясь узнать нечто благодаря их обнаружению и устранению. Метод науки – это критический метод».

Определённые формы критического мышления с детальным рассмотрением удачных и неудачных решений используются в современных системах искусственного интеллекта. Например, в работе [9] строится и исследуется модель автономных компьютерных агентов, которые могут самостоятельно планировать свои действия и оценивать качество этих действий. Суть схемы этой модели состоит в следующем. Агент пробует действие (или определённое решение вопроса), самостоятельно оценивает действие, и если действие оказалось ошибочным, то агент анализирует, в чём ошибка и как её можно исправить, после этого агент формирует новый план действий с учётом предыдущего опыта. Подробнее см. работу [9]. Отметим, что в настоящее время в системах искусственного интеллекта активно используются обработка информации как из физического мира, так и из языкового мира. Например, в сократических моделях возможен диалог между внутренними модулями всей системы [10] с использованием информации из физического и языкового миров. В работе [9] также используется информация из физического мира и языкового мира.

Отметим возможные пути развития дальнейших моделей. Хотя рассмотренная модель упрощённая, отталкиваясь от этой модели и работ [1, 8, 11], можно анализировать более детально процессы математических выводов и процессы формирования новых теорий, новых научных дисциплин. Кроме того, интересно проанализировать, как развивались познавательные способности животных в процессе биологической эволюции [1, 11-13].

4. Заключение

Итак, в настоящей работе рассмотрена и проанализирована модель формирования доказательства на основе критического мышления. Конечно была использована довольно упрощённая схема критического мышления и упрощённая схема доказательства, тем не менее, эта изложенная модель характеризует переход от критического мышления к доказательствам. Эта модель – определённый вклад в анализ когнитивной эволюции [11], в результате которой произошло

наше мышление, используемое в научном познании.

Настоящая работа выполнена в рамках государственного задания по проведению фундаментальных научных исследований по теме «Исследование нейроморфных систем обработки больших данных и технологии их изготовления», проект № FNEF-2022-0003.

From Critical Methods to Proof Processes

Vladimir G. Red'ko

Abstract. A model of the process of forming evidence based on the use of critical thinking was constructed and analyzed. An analysis of methods for using critical reasoning in the scientific process is carried out. The analyzed model contributes to the study of cognitive evolution.

Keywords: critical thinking, evidence, scientific cognition

Литература

1. В.Ф. Турчин. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. М., Наука, 1993. (1-е изд.). М.: ЭТС, 2000. (2-е изд.). Turchin V.F. The Phenomenon of Science. A Cybernetic Approach to Human Evolution. New York: Columbia University Press, 1977. См. также <http://www.refal.ru/turchin/phenomenon/>
2. Платон. Сочинения в трех томах. (В четырех книгах). М., Мысль, 1968.
3. В.Г. Редько. Моделирование чувства причинности. Первые результаты. «Труды НИИСИ РАН», т. 9 (2019), № 1, 66–68.
4. В.Г. Редько. Модель чувства причинности. «Труды НИИСИ РАН», т.10 (2020), № 2, 34–38.
5. Д. Юм. Исследование о человеческом познании. Соч. в 2-х томах, т. 2. М., Мысль, 1966, 5–169.
6. Евклид. НАЧАЛА. Книги I–VI. (Пер. с греческого и комментарии Д.Д. Мордухай-Болтовского при редакционном участии М.Я. Выгодского и И.Н. Веселовского). М.-Л., ОГИЗ, Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948.
7. <https://24smi.org/celebrity/4943-evklid.html>
8. К.Р. Поппер. Объективное знание. Эволюционный подход. М., Эдиториал УРСС, 2002.
9. N. Shinn, F. Cassano, E. Berman, A. Gopinath, K. Narasimhan, S. Yao. Reflexion: Language agents with verbal reinforcement learning. arXiv preprint (2023): arXiv:2303.11366v4, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.11366>
10. A. Zeng, M. Attarian, B. Ichter, K. Choromanski, A. Wong, S. Welker, F. Tombari, A. Purohit, M. Ryoo, V. Sindhwani, J. Lee, V. Vanhoucke, P. Florence. Socratic Models: Composing Zero-Shot Multimodal Reasoning with Language. arXiv preprint (2022): arXiv:2204.00598, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.00598>
11. В.Г. Редько. Моделирование когнитивной эволюции: На пути к теории эволюционного происхождения мышления. Изд. 2, испр. и доп. М., URSS, 2018.
12. Л.Г. Воронин. Эволюция высшей нервной деятельности (очерки). М., Наука, 1977.
13. З.А. Зорина, И.И. Полетаева. Зоопсихология. Элементарное мышление животных. М., АспектПресс, 2001.