

НАТАЛЬЯ ЗАЙЦЕВА*

УВИДЕТЬ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО**

Получено: 24.01.2023. Рецензировано: 23.03.2023. Принято: 07.04.2023.

Аннотация: В статье продолжается исследование роли визуального компонента в логике, начатое в статье «Логическая визуализация смысла» (2022). Исследование сфокусировано на когнитивном обосновании визуальных репрезентаций и выявлении роли визуализации в рассуждении и доказательстве. В работе последовательно анализируются когнитивные основания процедуры рассуждения. Привлекаются результаты нейрочисленных исследований естественных рассуждений, свидетельствующие в пользу использования в процессе естественных рассуждений как основанного на правилах символично-лингвистического механизма, так и репрезентационного механизма, использующего визуальные модели. Обосновывается утверждение, что подлинное понимание значения визуальных репрезентаций в логике предполагает обращение к самой природе логического. В связи с этим рассматриваются различные подходы к логике. В первом из них акцент делается на логике как априорной науке о сущем, очищенной от любых психологических примесей, во втором — на понимании логики как когнитивно обусловленной науки. Визуализация в этом случае рассматривается не просто как подпорка, иллюстративный прием, а как сущностная сторона процедуры доказательства. Обсуждается один из ключевых для когнитивного анализа рассуждений вопросов о том, каким образом визуальная составляющая может проявляться в рассуждениях. Выявляются две стороны этого вопроса: во-первых, может ли изображение служить посылкой в рассуждении, во-вторых, может ли иллюстрация заменить/представить сам процесс рассуждения как переход от посылок к заключению. Предпринятый в статье анализ убедительно свидетельствует в пользу признания визуальной составляющей не только непосредственно в процессе рассуждения, но и в соответствующих логических формализмах, включая доказательство и вывод.

Ключевые слова: когнитивные основания рассуждений, логика, визуализация, доказательство, мультимодальность, репрезентация, теория дуального процесса.

DOI: 10.17323/2587-8719-2023-2-284-301.

Данная работа продолжает исследование роли визуализации в логике. В статье делается акцент на рассмотрении визуального компонента в рассуждении и доказательстве. Вполне естественно считать, что серьезное

*Зайцева Наталья Валентиновна, к. филос. н., ведущий научный сотрудник; философский факультет МГУ имени М. В. Ломоносова (Москва), natvalen@list.ru, ORCID: 0000-0002-1691-1402.

** © Зайцева, Н. В. © Философия. Журнал Высшей школы экономики.

Благодарности: исследование выполнено при поддержке Центра философии когнитивных наук и искусственного интеллекта философского факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

обсуждение этой темы предполагает предварительное рассмотрение вопроса о природе логического в когнитивной перспективе. В первой статье цикла (Зайцева, 2022) было предложено когнитивное обоснование визуальных репрезентаций. Для обеспечения самодостаточности данной статьи в первом вводном разделе я кратко сформулирую основную идею и выводы, полученные на первоначальном этапе исследования.

Прежде всего следует подчеркнуть, что выявление связи визуальных логических методов репрезентации с пониманием природы логического и в конечном счете с трактовкой предмета логики предполагает междисциплинарное исследование, учитывающее фундаментальные теоретические положения и результаты когнитивных наук. Важную роль в таком исследовании, с моей точки зрения, играет так называемая «теория дуального процесса», фундаментальным положением которой является утверждение о существовании двух когнитивных систем. Первая, так называемая система 1, рассматривается в парадигме дуального процесса как автоматическое, пассивное, «быстрое» и интуитивное мышление, по-видимому изначально настроенное на решение задач, связанных с эволюционной адаптацией и выживанием. Вторая, так называемая система 2, характеризуемая рефлексией и использованием языка, рассматривается как более позднее эволюционное «завоевание» и обычно ассоциируется с рациональным мышлением, ориентированным на следование правилам.

Сложно не поддаваться искушению рассматривать мышление в контексте обозначенной парадигмы как двухуровневый процесс, двухступенчатое восхождение, метафорично характеризуя систему 1 как нижнюю ступень, а систему 2 — как высшую, надстраивающуюся над ней, соответственно. Такая метафора оправдана с точки зрения фундаментальной роли, которую выполняет система 1 в процессе эволюции мышления, но она не должна приводить к ложному представлению о существовании двух автономных систем мышления. Дуальность процесса скорее говорит о двустороннем характере мышления как единого сложного процесса, в котором система 1 и система 2 не являются изолированными друг от друга. Бессознательные, пассивные процессы системы 1, происходящие в моей голове, обладают определенной спецификой переживания и характеризуются как самопроизвольные и неконтролируемые. В то же самое время они переживаются мной, а не кем-то другим, являясь специфической стороной *моего* сознательного опыта. То, что считается нерациональным, невербальным и связывается с системой 1, предполагает определенный уровень самосознания, сопряженный

с чувством агентности, или самости. Если я, отключив сознательный контроль, продолжаю автоматически управлять машиной, следуя по нужному маршруту, или, следуя мышечной памяти, совершаю релевантные ситуации действия, это не означает, что кто-то, а не я действует в этих случаях или — это еще абсурднее — что я веду машину либо автоматически совершаю какое-то другое действие, находясь в бессознательном состоянии. Чувство агентности, самости, сопровождающее меня в любом когнитивном акте, говорит об условности границы между анонимным и рациональным Я, между пассивным и активным мышлением. Неуправляемые мной мысли, ментальные образы или эмоции, ангажированные некоей трансцендентностью, переживаются как мои, что уже предполагает определенный уровень рефлексии. Пассивные процессы системы 1 и активные процессы системы 2 не находятся по разные стороны четко очерченной непроницаемой границы, разделяющей мышление на два независимых региона, а являются глубинно взаимосвязанными характеристиками единого когнитивного процесса.

Системы 1 и 2 не просто дополняют друг друга при решении разного рода задач или задачи повышенной сложности, требующей объединения когнитивных затрат, они действуют как единое целое, будучи глубинно взаимосвязанными. Не только пассивное невербальное мышление обусловливает лингвистически выраженную рефлекссию, но и рациональное мышление часто переходит в пассивный формат. В процессе доказательства или рассуждения, особенно при возникновении препятствий, мешающих быстрому получению результата, когнитивные процедуры обработки информации переходят в пассивный, автоматический и неререфлексируемый режим, приводящий на выходе к озарению (инсайту) — казалось бы, неожиданному решению проблемы. С другой стороны, мне представляется перспективной интерпретация этого примера в терминах теории обучения, и в первую очередь — машинного обучения, когда система 1 работает как бы на уровне скрытого слоя нейронной сети, обучаясь применять процедуры, обычно работающие на уровне системы 2, в автоматическом режиме, не предполагающем рефлексии.

Понимание дуального процесса как глубинного взаимодействия пассивной и активной сторон телесно воплощенного процесса мышления позволяет по-новому взглянуть на традиционные характеристики логического мышления. Биологически обусловленные когнитивные диспозиции, задающие нормы автоматического интуитивного мышления, в этом случае не противостоят рациональным вербальным правилам, регламентирующим процесс рассуждения и логического вывода. Идеальные

объекты и структуры логики не висят в воздухе, а рассматриваются как когнитивно обусловленные, что позволяет характеризовать идеальное лингвистически выраженное содержание логики в неразрывной связи с его невербальным когнитивным генезисом. По сути дела, это означает, что на идеальные предметности, соответствующие значениям логических терминов, переносятся когнитивные характеристики актов, в которых они конституируются.

Естественно, эти соображения существенным образом влияют на трактовку природы логического и предмета логики. Традиционному взгляду на логику как на теоретическое единство предметного содержания, зафиксированное в виде научной теории, противопоставляется трактовка логики как когнитивной деятельности агентов, описываемой через характеристики соответствующих познавательных актов. Когнитивные лингвистически выраженные акты высокого уровня, которые соответствуют системе 2 и в которых конституируется логическое знание, рассматриваются как основанные на актах более фундаментального когнитивного уровня, в том числе актах внутреннего восприятия, включающих визуальную репрезентацию. Эта визуально-когнитивная «примесь» обнаруживает себя в самых что ни на есть абстрактных понятиях логики и математики, не только характеризуя генезис соответствующих семантических понятий, но и задавая принципы оперирования ими в процессе рассуждения и доказательства. Именно эта тема и является центральной для данной статьи.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКОГО

Обсуждение роли визуализации в логике с необходимостью затрагивает вопрос о когнитивных основаниях рассуждений, а значит предполагает и обращение к результатам соответствующих исследований. Изучение нейрональных коррелятов преимущественно дедуктивных рассуждений — это самостоятельное направление современной нейронауки, имеющее богатую историю. Подробнее эта история широко освещается в литературе. Не вдаваясь в детали и подробности, в контексте данной работы будет уместно в качестве реперных точек выбрать две статьи такого авторитетного ученого, как В. Гоэль, разделенные периодом в 15 лет.

В первой работе 2005 года (Goel, 2005) Гоэль обозначает две полярные позиции в выборе объясняющих моделей для интерпретации результатов проведенных ранее исследований и разработки гипотез и дизайна

новых исследований: ментальные модели и ментальную логику. Естественно, существует множество гибридных, промежуточных вариантов их совмещения, но важно отметить принципиальное различие этих подходов в том, что касается их оснований. Это либо использование некоторой внутренней ментальной теории, задающей правила оперирования языковыми выражениями (ментальную логику), либо опора на репрезентации (ментальные модели мира), в том числе визуальные. Большинство работ, основанных на эмпирических исследованиях (чаще всего это функциональная магнитно-резонансная томография — ФМРТ) и опубликованных за две первых декады XXI века, в большей или меньшей степени содержат свидетельства в пользу одной из указанных альтернатив. Неудивительно, что в результате таких исследований получаются трудно совместимые, иногда противоречащие друг другу данные. Тем не менее в целом ряде статей, авторы которых порой придерживаются диаметральных взглядов, содержатся данные о том, что визуальные области мозга (двусторонняя затылочно-теменно-лобная сеть, распределенная по частям префронтальной коры и поясной извилины, нижней и верхней теменной коры и коры зрительных ассоциаций) оказываются задействованы в процессе рассуждения (см. например, Knauff et al., 2002; Space to Reason, 2013). Некоторые исследователи на этой основе стремятся обосновать радикальный вывод о том, что рассуждение — это нелингвистический процесс, который включает в себя абстрактные пространственные представления, хранящиеся в теменной коре и представляющиеся важными для подлинного процесса рассуждения, буквально заявляя, что дедуктивные рассуждения основаны на пространственных представлениях (*ibid.*).

Более взвешенный компромиссный подход, значение которого Гоэль специально отмечает в обзоре 2021 года (Goel, 2021), предполагает признание использования обоих механизмов: символично-лингвистического, основанного на правилах, и репрезентационного, использующего визуальные модели. Эта синтетическая парадигма хорошо укладывается в русло уже упоминавшейся выше теории двух систем. Как отмечает Гоэль,

генерация вывода требует участия нескольких различных систем, включая (а) левую венстролатеральную часть префронтальной коры, чувствительную к семантическим/концептуальным и простым логическим отношениям, (b) несколько визуально-пространственных систем и (c) систему, допускающую неопределенность. Первая из этих систем имеет дело в основном с семантическими отношениями и простыми синтаксическими выводами.

Вторая имеет дело с более формальной обработкой логических аргументов (Goel, 2021: 123).

Таким образом, современная нейрокогнитивная наука вносит свой вклад в подтверждение гипотезы о том, что роль визуализации в логике не сводится к иллюстративно-операциональной функции, облегчающей построение и обоснование выводов. Подлинное понимание значения визуальных репрезентаций в логике предполагает обращение к самой природе логического.

Прогресс в исследованиях роли визуализации в рассуждениях и доказательстве в принципе соответствует отмеченной выше тенденции в изучении нейрокогнитивной природы рассуждений. Принято вести историю подробного изучения этой темы со статьи Д. Флеминга 1996 г. (Fleming, 1996) Интересно, что автор, отвечая на вопрос, могут ли изображения быть аргументами, придерживается негативной позиции. При этом в литературе за последние 25 лет по большей части представлена противоположная оптимистическая позиция. Например, такой авторитетный журнал в сфере аргументации, естественных рассуждений и неформальной логики, как *Argumentation and Advocacy*, успел подготовить три специальных выпуска, посвященных этой теме, констатируя даже своеобразный визуальный поворот в исследовании аргументации (Groarke et al., 2016).

Один из ключевых вопросов в исследовании визуального в аргументации касается того, каким образом визуальная составляющая может проявляться в рассуждениях. В зависимости от контекста и специализации автора этот вопрос формулируется по-разному. Представляется, что определенное уточнение исходной формулировки Флеминга позволяет выявить двусторонний характер вопроса о визуализации: во-первых, может ли изображение служить посылкой в рассуждении, во-вторых, может ли иллюстрация заменить / представить сам процесс рассуждения как переход от посылок к заключению. В данном разделе рассмотрим первую сторону проблемы.

Трактовка изображений как посылка рассуждений допускает две возможности. Согласно первой альтернативе все изображенное может быть выражено вербально, и тогда в определенном смысле само изображение оказывается (по крайней мере потенциальным) носителем истины (truth-bearer). Иногда этот вариант рассматривается как пропозициональная трактовка изображений. Такой позиции придерживается, например, М. Итон (Eaton, 1980: 21):

Изображения лежат где-то между интерпретацией набора символов и интерпретацией положения дел. Суждение о том, является ли изображение истинным или ложным, требует от зрителя принятия активной роли, в которой он или она сначала формулирует утверждение, по его или ее мнению являющееся возможной интерпретацией изображения, а затем соотносит это утверждение со своими убеждениями.

Близкие идеи высказывает Л. Перини (см., например, Perini, 2005a,b; 2012), идущая в своих выводах даже несколько дальше. Она пытается применить известную схему Тарского к изображениям, утверждая, что изображение истинно, если то, что на нем изображается, имеет место (соответствует действительности).

Другая, более изощренная, альтернатива предполагает, что изображения не обязательно должны быть пропозициональными (то есть носителями истинности), чтобы использоваться в рассуждениях. Так, Ж. Рок (Roque, 2017), отмечая, что изображения сами являются знаками, обосновывает подход, согласно которому некоторые образы могут представлять посылки в рассуждениях, не будучи сводимы к пропозициям.

Таким образом, в литературе так или иначе превалирует позитивный ответ на первую часть поставленного вопроса: изображения могут быть использованы в качестве посылок в рассуждении. Правда, на мой взгляд, пропозициональный вариант решения этой проблемы несколько ее примитивизирует. Если изображаемое может быть адекватно описано через систему высказываний — таких, что все они истинны, если и только если изображение соответствует действительности, необходимость в изображении исчезает, оно превращается просто в способ, возможно, удобного, но не аутентичного представления информации. Ведь сказанное выше просто означает, что задаваемая высказываниями (описывающими изображение) ситуация соответствует действительности, а это, в свою очередь, ведет к выводу о безболезненной элиминации изображения из данной конструкции. Вторая — непропозициональная — альтернатива значительно интереснее и перспективнее, поскольку она не сводится к трактовке рассуждения как сохраняющего истинность от посылок к заключению. Она требует определенного переосмысления рассуждения с учетом его когнитивной природы и поэтому заслуживает отдельного рассмотрения.

УВИДЕТЬ — ЗНАЧИТ УБЕДИТЬ(СЯ)

Различные трактовки предмета логики и самой науки влияют и на понимание роли визуального в ней. Представление о логике как о науке

об объективных априорных отношениях идеальных объектов (будь то логические истины Фреге или значения Гуссерля) заставляет считать любую визуализацию в процессе доказательства не более чем иллюстративным или обучающим приемом, облегчающим понимание, но не заменяющим строго доказательства. Согласно Д. Гильберту,

доказательство [теоремы] действительно может быть дано при обращении к подходящей фигуре, но это обращение вовсе не обязательно... [Это просто] облегчает интерпретацию, и это [обращение к диаграммам] является плодотворным средством обнаружения новых предложений... Теорема доказывается только тогда, когда доказательство полностью не зависит от диаграммы (Grundlagen der Geometrie, 2013: 594).

Эти мотивы, вытекающие из фундаментальных работ в области геометрии и анализа, привели к концепции формального доказательства, которая доминировала в логике в прошлом веке (и обычно связывается с именами Фреге, Гильберта и Рассела). Понятие формального доказательства существенным образом опирается на лингвистическую характеристику доказательства как последовательности предложений или последовательности трансформаций исходных предложений по определенным правилам.

В связи со сказанным выше интересно заметить, что и формальные системы вывода предполагают определенную степень визуализации. В качестве исторического примера достаточно вспомнить двумерный «штрих понятий» (Begriffsschrift) Фреге. Как писал он сам, задачей было дать «наглядное представление логических отношений с помощью письменных знаков» (Gabriel et al., 1980: 14). В результате логические связки выражались через сочетание горизонтальных и вертикальных линий, а сложные формулы приобретали древовидную структуру. При этом, скажем, закон перестановочности антецедентов выражался через правило свободной перестановки нижних знаков (находящихся в графическом представлении ниже консеквента)¹.

Если обратиться к более современным дедуктивным формализмам, то легко заметить, что аксиоматические исчисления являются менее естественными и, следовательно, в меньшей степени соответствуют стандартам обыденных рассуждений, а значит, наверное, в большей степени отвечают интуиции Гильберта, представляя некоторое «очищенное» от когнитивных примесей доказательство или вывод. В пользу

¹Более подробно о мотивации и об особенностях логической нотации Фреге см. Schlimm, 2018.

такой гипотезы свидетельствует и наличие единственного (в случае исчисления со схемами аксиом) правила вывода *modus ponens*. Однако более внимательное рассмотрение показывает, что и в этом случае вполне оправданно говорить об определенной степени визуализации. Достаточно обратиться к определению вывода (доказательства) как последовательности формул (упорядоченное множество — это уже некоторая визуализация, основанная на расположении пусть даже в ментальном пространстве), получаемых из предшествующих по правилам вывода. В противоположность аксиоматическим исчислениям уже в самом названии «натуральное исчисление» (*natural deduction*) содержится указание на близость к естественным рассуждениям (*natural reasoning*). Сразу же возникает вопрос: предикат «естественное» как указание на близость к практике обыденных человеческих рассуждений — это когнитивная характеристика логики? Последовательное рассмотрение способов построения таких исчислений свидетельствует в пользу позитивного ответа. В разных системах по-разному, но всегда в той или иной степени используются способы визуального представления информации и оперирования с ней в процессе построения вывода. Это разного рода отчеркивания, заключения в рамки («боксы»), сами правила вывода, предполагающие перенос формул из одного вывода в другой или исключение формул из вывода и т. п.

Противоположный позиции Гильберта полюс в отношении роли визуализации в логике может быть проиллюстрирован мнением Дж. Барвайза и И. Этчменди, считавших, что

диаграммы и другие формы визуальной репрезентации могут быть существенными и законными компонентами в корректных дедуктивных рассуждениях... Ибо нет принципиального различия между формализмами вывода, использующими текст, и формализмами вывода, основанными на диаграммах (Barwise & Etchemendy, 1996: 12).

При этом второй подход развивался и в рамках стандартной дедуктивно-аксиоматической парадигмы, что по сути дела предполагает перевод диаграмм в систему утверждений и правил преобразования.

Диаграммы сами по себе, по мнению ряда исследователей, уже содержат указание на процедуру вывода или доказательства. Так, А. Боброва, характеризуя этапы развития диаграммного метода в логике, отмечает, что «упомянутые диаграммы работают по сходному принципу: заключение становится явным после корректного расположения терминов

посылок», а в случае диаграмм Венна к диаграммам прилагаются правила, «которые позволяют на базе размещенных на листе данных посылок переходить к заключению» (Боброва, 2021: 12). То же самое применимо и к диаграммам Л. Кэрролла, позволяющим не только проверять правильность силлогистических рассуждений, но и породить заключение из имеющихся посылок (Маркин и Кожокару, 2016). В этом отношении логические диаграммы, как это ни странно, похожи на выкройки: они не только изображают детали будущей одежды, но и содержат в себе визуальные инструкции по применению — где отрезать, что пришить, что с чем совместить и т. п. Интересно, что такое понимание в большей мере соответствует изначальной интуиции Барвайза и Этчменди, сотовавших на то, что аксиоматический вывод вытеснил визуализацию из математического мышления.

Между обозначенными полюсами находится множество более и менее радикальных позиций относительно роли визуализации в логике. Не предлагая подробного анализа этих концепций, ограничусь ссылкой на работы: Bird, 1996; Choudhury & Chakraborty, 2004; Stapleton et al., 2005. Резюмируя, хотелось бы отметить нарастающую тенденцию рассматривать визуальные методы как замещающие доказательство без существенной потери в строгости. Упомянутая выше Л. Перини вообще считает, что диаграммы Венна и Пирса, схемы Эйлера обеспечивают сохранность истинности при переходе от посылок к заключению. Уточняя, следует добавить, что последнее будет верно при переводе «диаграммных рассуждений» в стандартные логические языки.

Возвращаясь к сформулированному выше вопросу о визуальном в рассуждении, точнее к его второй стороне, следует отметить ряд интересных работ, в которых предпринимаются попытки связать визуальный компонент и рассуждение. Так, по мнению Я. Дава (Dove, 2012; 2016), визуальные рассуждения вполне законны. Примером такого рассуждения, с его точки зрения, служит так называемый аргумент соответствия (*argument from fit*) — это рассуждение, в котором признание того, что элементы подходят друг другу, предполагает, что они когда-то были соединены, возможно изначальное и которое трактуется как разновидность абдукции или вывода к наилучшему объяснению. Дав переносит этот подход на математические визуальные метарассуждения, утверждая, что их обоснованность подтверждается или опровергается обращением к диаграммам.

Д. Гудинг (Gooding, 2010) рассматривает схемы в контексте научных рассуждений как отображение взаимосвязи когнитивных, социальных

и технологических сторон научного познания. Он видит две основные причины визуализации научных выводов. Во-первых, визуальное двумерное представление сложных абстрактных объектов упрощает проверку и тестирование включающих их моделей, воплощая функции объекта в наблюдаемые свойства. Во-вторых, даже корректные модели, разработанные в современной науке с целью практического применения, зачастую оказываются слишком сложными для понимания и использования. Эту проблему позволяют решить абстрактные системы визуального представления, например диаграммы Фейнмана, обеспечивающие графическое представление математических уравнений. Важно, что эти системы визуализации задаются через специальные правила манипулирования визуальными (графическими) объектами, которые, естественно, отличаются от правил соответствующих математических исчислений. К. Барделл (Bardelle, 2009) трактует визуальные доказательства как доказательства, в которых шаги базируются на фигурах, диаграммах или графах. Буквально это означает, что доказательство в этом случае может быть просто считано с соответствующих фигур и не нуждается в вербальных комментариях.

Возвращаясь к программной статье (Groarke et al., 2016), можно вслед за ее авторами назвать основные уроки прошедших двадцати пяти лет исследований визуального в рассуждениях. Это, во-первых, признание убедительности изображений в качестве доказательств. *Seeing is believing*, то есть увидеть — значит убедиться, как гласит известная поговорка, обобщая и закрепляя когнитивный опыт поколений. Во-вторых, само рассуждение, доказательство как переход от посылок к заключению может быть представлено визуально. Вполне оправданно предположить, что последний вывод связан с принципиально важным различием двух пониманий термина «рассуждение», не имеющих устойчивых выражений в русском языке. Рассуждение-*argument* представляет собой вербализованный вариант соответствующей когнитивной процедуры. Именно такие рассуждения составляют объект исследования логики, и их вполне естественно задавать через отношение логического следования, подразумевающее сохранность истинности при переходе от посылок к заключению. Визуализация подобных рассуждений рассматривалась выше в контексте обсуждения пропозициональности изображений. Сама же когнитивная процедура вывода заключения из посылок, или рассуждение-*reasoning*, совершенно не обязательно должна быть исходно вербальной. Более того, в силу потенциальной непропозициональности посылок и заключений таких рассуждений к ним не применим

принцип сохранности истинности. Их приемлемость (корректность) или убедительность непосредственно связаны со спецификой когнитивного портретирования смысла, которому и была посвящена первая статья цикла, и являются его наглядным проявлением. Другими словами, убедительность рассуждения напрямую зависит от смысловой связи между его посылками и заключением, которая проявляет себя мультимодально и в первую очередь — визуально, хотя бы уже потому, что визуальный канал — основной для большинства людей.

По сути дела, признание мультимодальности рассуждений и доказательств как когнитивных феноменов с превалярованием визуального компонента — это еще один урок многолетнего изучения естественных рассуждений и одновременно задание парадигмы будущих исследований. Мультимодальный подход развивается сегодня все большим числом исследователей, представляющих разные области научного познания, — достаточно упомянуть хотя бы Rossi & Pollaroli, 2018; Roque, 2017; Wu, 2020; Tseronis, 2018.

Согласно мультимодальной перспективе в исследовании рассуждений

нет априорного разделения труда между вербальным и визуальным модулями... С этой точки зрения, рассуждение не является ни вербальным, ни визуальным, поскольку оно не должно определяться на основе вербальных, визуальных или других семиотических средств, с помощью которых оно реализуется в коммуникации (ibid.: 41).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на том, что логические формализмы, доказательство и вывод содержат в себе визуальную составляющую, представляющую собой часть когнитивного мультимодального комплекса кодирования смысла, естественно считать, что связи между посылками и заключениями, лежащие в основе рассуждений, также имеют когнитивную природу и обязательно включают специфический компонент, проявляющий себя визуально. Будучи реализованы в языке, рассуждения приобретают возможность точной формализации и связанной с этим строгой оценки их корректности. Двойственность рассуждений как когнитивная процедура трансформации смысла и вербального ее представления выражается в различных трактовках логики. С одной стороны, как было отмечено выше, логика, подобно любой другой науке, представляет собой продукт субъективной когнитивной деятельности. С другой, в логике по-прежнему превалярует парадигма чистого априорного знания. Именно в этом смысле вполне оправданно говорить о логике как

об абстрактной науке, освобожденной от когнитивных «добавок». Таким образом, еще одним результатом исследования связи визуализации и доказательства становится новый, более глубокий вопрос: можно ли в принципе, реализуя интуицию Гильберта, говорить о чистом, лишенном когнитивных примесей понятии доказательства и, если да, что представляет собой такое доказательство (вывод)?

Говоря об интересных многообещающих следствиях предпринятого исследования и перспективах дальнейшей работы, нельзя не упомянуть две важные темы. Значимая эвристическая функция логических визуализаций, которая связана с доказательством или, лучше сказать, с доказыванием как процессом и которой я не касалась в данной статье, состоит в открытии нового. Визуализация позволяет сделать эксплицитной, явной когнитивную интуицию доказывающего субъекта, тем самым проясняя когнитивные корни нашего математического мышления и ту роль, которую играют в математическом рассуждении ментальные образы как особая разновидность визуализации. Первоначально такие исследования осуществлялись в рамках когнитивной психологии, а позднее они стимулировали соответствующие разработки в области оснований математики и логики. В этом отношении характерны работы М. Джаквинто, в которых обосновывается особая роль визуализаций в постижении (усмотрении) логических и математических истин, в том числе статья «Эпистемология визуального мышления в математике» (Gi-aquinto, 2020). Под визуальным мышлением понимается как мышление с использованием внешних визуальных репрезентаций (диаграммы, пространственные объекты, графы и т. п.), так и использование внутренних ментальных образов. Хотя это и не связано напрямую с логикой, хотела бы упомянуть тот раздел статьи М. Джаквинто, в котором обсуждается так называемая ментальная арифметика (выполнение арифметических действий в уме), предполагающая использование воображаемого абакка при вычислениях. Важно отметить, что визуальные рассуждения практически всегда, по мнению автора, сопровождаются невизуальными (формальными, абстрактными) рассуждениями. Таким образом, визуализация оказывается своеобразным ментальным костылем, подкреплением, облегчающим решение интеллектуальных задач.

Важный философский аспект визуальных рассуждений, вполне достойный отдельной статьи, связан с возможностью формирования апостериорного математического знания. Благодаря визуализации то знание, которое в стандартной математике имеет статус *a priori*, приобретает характер *a posteriori*. Конечно, такая трансформация сказывается

на строгости и надежности рассуждения, но сама идея апостериорного доступа к усмотрению априорных истин через их визуализацию представляется очень интересной и многообещающей.

ЛИТЕРАТУРА

- Боброва А. С.* Логика и возможности иконического анализа рассуждений // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. — 2021. — № 1. — С. 7–24.
- Зайцева Н. В.* Логическая визуализация смысла // Ценности и смыслы. — 2022. — № 6. — С. 6–19.
- Маркин В. И., Кожокару Н. И.* Применение диаграммного метода Льюиса Кэрролла в фундаментальной силлогистике и силлогистике Больцано // Рацио.ru. — 2016. — № 2. — С. 1–16.
- Bardelle C.* Visual Proofs : An Experiment // Proceedings of CERME. — 2009. — No. 6. — P. 251–260.
- Barwise J., Etchemendy J.* Visual Information and Valid Reasoning // Logical Reasoning with Diagrams / ed. by G. Allwein, J. Barwise. — Oxford : Oxford University Press, 1996. — P. 3–25.
- Bird A.* The Logical Status of Diagrams // Philosophical Books. — 1996. — Vol. 37, no. 1. — P. 50–51.
- Choudhury L., Chakraborty M. K.* On Extending Venn Diagram by Augmenting Names of Individuals // Diagrammatic Representation and Inference : Third International Conference, Diagrams 2004, Cambridge, UK, March 22–24, 2004, Proceedings / ed. by A. F. Blackwell, K. Marriott, A. Shimojima. — Berlin : Springer Berlin, Heidelberg, 2004. — P. 142–146.
- Dove I. J.* On Images as Evidence and Arguments // Topical Themes in Argumentation Theory : Twenty Exploratory Studies / ed. by F. van Eemeren, B. Garssen. — Dordrecht : Springer, 2012. — P. 223–238.
- Dove I. J.* Visual Scheming : Assessing Visual Arguments // Argumentation and Advocacy. — 2016. — Vol. 52, no. 4. — P. 254–264.
- Eaton M.* Truth in Pictures // The Journal of Aesthetics and Art Criticism. — 1980. — Vol. 39, no. 1. — P. 15–26.
- Fleming D.* Can Pictures Be Arguments? // Argumentation and Advocacy. — 1996. — Vol. 33, no. 1. — P. 11.
- Gabriel G., Hermes H., Kambartel F.* Philosophical and Mathematical Correspondence of Gottlob Frege. — London : Blackwell, 1980.
- Giaquinto M.* The Epistemology of Visual Thinking in Mathematics / The Stanford Encyclopedia of Philosophy ; ed. by E. N. Zalta. — 2020. — URL: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/possible-worlds/> (visited on June 25, 2023).

- Goel V.* Cognitive Neuroscience of Deductive Reasoning // The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning / ed. by K. J. Holyoak, R. G. Morrison. — Cambridge : Cambridge University Press, 2005. — P. 475–492.
- Goel V.* Rationality and the Brain // The Handbook of Rationality / ed. by M. Knauff, W. Spohn. — Cambridge : The MIT Press, 2021. — P. 115–128.
- Gooding D. C.* Visualizing Scientific Inference // Topics in Cognitive Science. — 2010. — Vol. 2, no. 1. — P. 15–35.
- Groarke L., Palczewski C. H., Godden D.* Navigating the Visual Turn in Argument // Argumentation and Advocacy. — 2016. — Vol. 52, no. 4. — P. 217–235.
- Grundlagen der Geometrie / hrsg. von D. Hilbert. — Dordrecht : Springer-Verlag, 2013.
- Knauff M., Mulack T., Kassubek J.* Spatial Imagery in Deductive Reasoning : A Functional MRI Study // Cognitive Brain Research. — 2002. — Vol. 13, no. 2. — P. 203–212.
- Perini L.* Explanation in Two Dimensions : Diagrams and Biological Explanation // Biology and Philosophy. — 2005a. — Vol. 20, no. 2. — P. 257–269.
- Perini L.* The Truth in Pictures // Philosophy of Science. — 2005b. — Vol. 72, no. 1. — P. 262–285.
- Perini L.* Depiction, Detection, and the Epistemic Value of Photography // The Journal of Aesthetics and Art Criticism. — 2012. — Vol. 70, no. 1. — P. 151–160.
- Rocci A., Pollaroli C.* Introduction : Multimodality in Argumentation // Semiotica. — 2018. — Vol. 220. — P. 1–17.
- Roque G.* Rhetoric, Argumentation, and Persuasion in a Multimodal Perspective // Multimodal Argumentation and Rhetoric in Media Genres / ed. by A. Tseronis, C. Forceville. — Amsterdam : John Benjamins, 2017. — P. 25–49.
- Schlimm D.* On Frege's Begriffsschrift Notation for Propositional Logic : Design Principles and Trade-Offs // History and Philosophy of Logic. — 2018. — Vol. 39, no. 1. — P. 53–79.
- Space to Reason : A Spatial Theory of Human Thought / ed. by M. Knauff. — Cambridge : The MIT Press, 2013.
- Stapleton G., Thompson S. J., Fish A.* A New Language for the Visualization of Logic and Reasoning // Proceedings of the 2005 International Workshop on Visual Languages and Computing. — Illinois : Knowledge Systems Institute, 2005. — P. 287–292.
- Tseronis A.* Multimodal Argumentation : Beyond the Verbal/Visual divide // Semiotica. — 2018. — Vol. 220. — P. 41–67.
- Wu T.* Reasoning and Appraisal in Multimodal Argumentation // Chinese Semiotic Studie. — 2020. — Vol. 16, no. 3. — P. 419–438.

Zaytseva, N. V. 2023. "Uvidet' dokazatel'stvo [To See the Proof]" [in Russian]. *Filosofiya. Zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki [Philosophy. Journal of the Higher School of Economics]* 7 (2), 284–301.

NATAL'YA ZAYTSEVA

PHD IN PHILOSOPHY, LEADING RESEARCH FELLOW

FACULTY OF PHILOSOPHY, LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY (MOSCOW, RUSSIA);

ORCID: 0000-0002-1691-1402

TO SEE THE PROOF

Submitted: Jan. 24, 2023. **Reviewed:** Mar. 23, 2023. **Accepted:** Apr. 07, 2023.

Abstract: The paper continues studying the visual component's role in logic, starting in the article *Logical Visualization of Meaning* (2022). The research focuses on the cognitive substantiation of visual representations and the identification of the role of visualization in reasoning and proof. The starting point of the current analysis of the cognitive foundations of the reasoning procedure was to consider the results of neuro-cognitive studies of natural reasoning, which testify in favor of using both a rule-based, symbolic-linguistic mechanism and a representational one based on visual models in the process of natural reasoning. In so doing, I assert that a genuine understanding of the meaning of visual representations in logic involves an appeal to the very nature of logicity. In this regard, there are various approaches to logic as a science. The first one treat logic as an a priori science, purified from any psychological impurities, while according to the second, logic is a cognitively based science. Visualization, in this case, is considered not just as a backup or an illustrative technique but as the essential side of the proof procedure. One of the key questions for the cognitive examination of reasoning is proposed of how the visual component can manifest itself in reasoning. The two sides of this question are revealed: firstly, whether an image can serve as a premise in reasoning, and secondly, whether an illustration can replace/represent the process of reasoning per se as a transition from premises to conclusion. The research presented in the paper testifies to recognizing the visual component not only directly in the process of reasoning but also the corresponding logical formalisms, including proof and conclusion.

Keywords: Cognitive Grounds of Reasoning, Logic, Visualization, Proof, Multimodality, Representation, Dual Process Theory.

DOI: 10.17323/2587-8719-2023-2-284-301.

REFERENCES

- Bardelle, C. 2009. "Visual Proofs: An Experiment." *Proceedings of CERME*, no. 6, 251–260.
- Barwise, J., and J. Etchemendy. 1996. "Visual Information and Valid Reasoning." In *Logical Reasoning with Diagrams*, ed. by G. Allwein and J. Barwise, 3–25. Oxford: Oxford University Press.
- Bird, A. 1996. "The Logical Status of Diagrams." *Philosophical Books* 37 (1): 50–51.
- Bobrova, A. S. 2021. "Logika i vozmozhnosti ikonicheskogo analiza rassuzhdeniy [Logic and Possibilities of Economic Analysis of Reasoning]" [in Russian]. *Praksema. Problemy vizual'noy semiotiki [ПРАКْسЕМА. Journal of Visual Semiotics]*, no. 1, 7–24.
- Choudhury, L., and M. K. Chakraborty. 2004. "On Extending Venn Diagram by Augmenting Names of Individuals." In *Diagrammatic Representation and Inference : Third International Conference, Diagrams 2004, Cambridge, UK, March 22–24, 2004, Proceedings*,

- ed. by A. F. Blackwell, K. Marriott, and A. Shimojima, 142–146. Berlin: Springer Berlin, Heidelberg.
- Dove, I. J. 2012. “On Images as Evidence and Arguments.” In *Topical Themes in Argumentation Theory: Twenty Exploratory Studies*, ed. by F. H. van Eemeren and B. Garssen, 223–238. Dordrecht: Springer.
- . 2016. “Visual Scheming: Assessing Visual Arguments.” *Argumentation and Advocacy* 52 (4): 254–264.
- Eaton, M. 1980. “Truth in Pictures.” *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 39 (1): 15–26.
- Fleming, D. 1996. “Can Pictures Be Arguments?” *Argumentation and Advocacy* 33 (1): 11.
- Gabriel, G., H. Hermes, and F. Kambartel. 1980. *Philosophical and Mathematical Correspondence of Gottlob Frege*. London: Blackwell.
- Giaquinto, M. 2020. “The Epistemology of Visual Thinking in Mathematics.” Ed. by E. N. Zalta. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Accessed June 25, 2023. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/possible-worlds/>.
- Goel, V. 2005. “Cognitive Neuroscience of Deductive Reasoning.” In *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, ed. by K. J. Holyoak and R. G. Morrison, 475–492. Cambridge: Cambridge University Press.
- . 2021. “Rationality and the Brain.” In *The Handbook of Rationality*, ed. by M. Knauff and W. Spohn, 115–128. Cambridge: The MIT Press.
- Gooding, D. C. 2010. “Visualizing Scientific Inference.” *Topics in Cognitive Science* 2 (1): 15–35.
- Groarke, L., C. H. Palczewski, and D. Godden. 2016. “Navigating the Visual Turn in Argument.” *Argumentation and Advocacy* 52 (4): 217–235.
- Hilbert, D., ed. 2013. *Grundlagen der Geometrie* [in German]. Dordrecht: Springer-Verlag.
- Knauff, M., ed. 2013. *Space to Reason: A Spatial Theory of Human Thought*. Cambridge: The MIT Press.
- Knauff, M., Th. Mulack, and J. Kassubek. 2002. “Spatial Imagery in Deductive Reasoning: A Functional MRI Study.” *Cognitive Brain Research* 13 (2): 203–212.
- Markin V.I., N.I., Kozhokaru. 2016. “Primeneniye diagrammnogo metoda L'yuisa K-errolla v fundamental'noy sillogistike i sillogistike Bol'tsano [Application of the Lewis Carroll diagram method in Fundamental Syllogistics and Bolzano Syllogistics]” [in Russian]. *Ratsio.ru [Ratio.ru]*, no. 2, 1–16.
- Perini, L. 2005a. “Explanation in Two Dimensions: Diagrams and Biological Explanation.” *Biology and Philosophy* 20 (2): 257–269.
- . 2005b. “The Truth in Pictures.” *Philosophy of Science* 72 (1): 262–285.
- . 2012. “Depiction, Detection, and the Epistemic Value of Photography.” *The Journal of Aesthetics and Art Criticism* 70 (1): 151–160.
- Rocci, A., and C. Pollaroli. 2018. “Introduction: Multimodality in Argumentation.” *Semiotica* 220:1–17.
- Roque, G. 2017. “Rhetoric, Argumentation, and Persuasion in a Multimodal Perspective.” In *Multimodal Argumentation and Rhetoric in Media Genres*, ed. by A. Tseronis and Ch. Forceville, 25–49. Amsterdam: John Benjamins.
- Schlimm, D. 2018. “On Frege’s Begriffsschrift Notation for Propositional Logic: Design Principles and Trade-Offs.” *History and Philosophy of Logic* 39 (1): 53–79.
- Stapleton, G., S. J. Thompson, and A. Fish. 2005. “A New Language for the Visualization of Logic and Reasoning.” In *Proceedings of the 2005 International Workshop on Visual Languages and Computing*, 287–292. Illinois: Knowledge Systems Institute.

- Tseronis, A. 2018. "Multimodal Argumentation: Beyond the Verbal/Visual divide." *Semiotica* 220:41–67.
- Wu, T. 2020. "Reasoning and Appraisal in Multimodal Argumentation." *Chinese Semiotic Studie* 16 (3): 419–438.
- Zaytseva, N. V. 2022. "Logicheskaya vizualizatsiya smysla [Logical Visualization of Meaning]" [in Russian]. *Tsennosti i smysly [Values and Meanings]*, no. 6, 6–19.