

© В. М. Трофимов

DOI: [10.15293/2658-6762.1905.07](https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.07)

УДК 514.8+008

Об одной концепции топологии человеческой рефлексии в сравнении с конечными автоматами

В. М. Трофимов (Краснодар, Россия)

Проблема и цель. Вопросы о том, как чистая мысль приводит в движение материальную природу мышц и как любой ребёнок управляется с ними эффективнее самого совершенного робота, остаются самыми простыми по форме и самыми сложными по содержанию. Цель работы – определить топологию механизма рефлексии, механизма погружения познающего субъекта в объект и наоборот, при этом механизма частично вычислимого, но, в целом, невычислимого.

Методология. Алгоритмическая сторона мыслительного механизма представляется, исходя из общего принципа машины Тьюринга. Но это есть лишь локальное свойство модели. Последовательность топологически особых объектов – лент Мёбиуса – организует направленную рефлексю в целом, и этот процесс уже не является вычислимым, как это присуще машине Тьюринга.

Результаты. Относительно самостоятельные замкнутые циклы восприятия-отражения представляют реальные опыты восприятия в виде неориентируемых топологических структур – лент Мёбиуса. На основе этих опытов могут быть построены примеры целенаправленной рефлексии и в некотором геометрическом смысле противоположные им примеры интуитивных мыслительных актов. Реальная рефлексия включает оба типа ориентации опытов-лент. Сделана попытка ответить на вопрос связи нематериальной структуры с материальными «опытами» в процессе рефлексии.

Заключение. В предложенной модели проявление человеческого сознания ближе всего связано с «картой» возможных ориентаций, которые задают направления каскада рефлексий. Кроме того, операционные проявления возможного человеческого сознательного понимания касаются процессов записи на «обратной стороне» условной ленты цикла, а также переходов на другой цикл в едином каскаде.

Ключевые слова: человеческая рефлексия; опыты-ленты; лента Мёбиуса; ориентация опытов-лент; вычислимость процесса; конечный автомат; невычислимость рефлексии.

Постановка проблемы

В то время как в биологии за последние полвека достигнуты впечатляющие успехи, включая двойную спираль ДНК и геном человека, проникновение в область механизмов

мышления и разума во много раз скромнее. Отсутствует и какая-либо методология, принятая большинством исследователей. Более того единственной внятной и полезной для приложений остается абстрактная модель

Трофимов Виктор Маратович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информационных систем и программирования, Кубанский государственный технологический университет.

E-mail: vtrofimov9@yahoo.com

«вычисляющего ума», предложенная ещё в 1930-х гг. А. Тьюрингом¹ и известная теперь как машина Тьюринга. А. Тьюринг был изначально нацелен на человеческое мышление, но получил в результате самое точное представление алгоритма и функционирования вычислительной машины. Примерно в то же время К. Гёделем [15] была доказана теорема о неполноте любой формальной вычислительной системы в её когнитивном аспекте, и стало видно, что оба результата тесно связаны. Р. Пенроуз интерпретирует это так: для установления математической истины математики не применяют заведомо обоснованные алгоритмы². Он же установил четыре возможных точки зрения, целиком принимая при этом только вариант С:

А. Всякое мышление есть вычисление, в частности, ощущение осмысленного осознания есть не что иное, как результат выполнения соответствующего вычисления.

В. Осознание представляет собой характерное проявление физической активности мозга, хотя любую физическую активность можно моделировать посредством той или иной совокупности вычислений, численное моделирование как таковое не способно вызвать осознание.

С. Осознание является результатом соответствующей физической активности мозга, однако эту физическую активность невозможно должным образом смоделировать вычислительными средствами.

Д. Осознание невозможно объяснить в физических, математических и вообще научных терминах.

Фактически Тьюринг был полностью на стороне варианта А, полагая, что алгоритм в мышлении всегда есть, но бывает скрыт от сознания. Гёдель разделяет точку зрения D, исходя из общего с Тьюрингом взгляда на то, что для установления математической истины математики *не применяют* заведомо обоснованные алгоритмы. Известно, что на самом деле Гёдель переформулировал на языке логики известный с античности парадокс лжеца. Суть его в том, что, говоря просто, в процессе ещё незавершившегося высказывания (доказательства) мы не можем одновременно и продвигаться к завершению высказывания (доказательства), и присваивать ему – процессу – обоснованный результат. Парадокс исчезает, если мы включаем фактор времени: «то, что я выше сказал – ложь». Здесь проявляется, видимо, корневое отличие человека от машины, которое состоит в том, что человек существует во времени, а машина действует только в пространстве рабочей ленты (в машине Тьюринга) или программы (в эквиваленте такой машины – компьютере). Для человека бывают одинаково важны и предвкушение, и сам результат. Человек отличает предвкушение от послевкусия именно потому, что время для него течет в одном направлении.

Согласно принимаемой большинством ученых точке зрения, по нервам передаются сигналы типа «есть или нет», точно так же, как токи в электронных цепях компьютера. Другого мнения придерживаются те, кто, как известный нейрофизиолог Дж. Экклз, указывают на важную роль квантовых эффектов в синаптической передаче [2; 8]. Некоторые исследователи³ [11], распространяя на весь мозг

¹ Hodges A. Alan Turing: the enigma (Burnett, London; Simon and Schuster, New York; new editions Vintage, London, 1992, Walker, New York, 2000). URL: <http://www.turing.org.uk>

² Пенроуз Р. Тени разума: в поисках науки о сознании. 1994 / пер. с англ. А. Р. Логунова и Н. А. Зубченко. URL: <http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s01/z0001005/st000.shtml>

³ Там же.

тот факт, что светочувствительные клетки сетчатки (которая – часть мозга) способны реагировать даже на один-единственный фотон, предположили, что и в самом мозге могут содержаться нейроны, также являющиеся квантовыми преобразователями. Однако принимать во внимание реальные воздействия квантовых эффектов на работу нейронных сетей можно лишь в случаях квантовой когерентности (согласованного поведения множества квантовых объектов, образующих макрообъект). Этот феномен возникает при условиях, позволяющих большому количеству частиц образовывать совместно единое квантовое состояние, как, например, в полупроводниковых гетероструктурах, генерирующих лазерное излучение в кристалле размером порядка одного миллиметра (это уже макрообъект).

Квантовое вычисление – теоретическая концепция, основы которой разработали Д. Дойч [6; 7] и Р. Фейнман, в настоящее время активно исследуется многими учеными. Основная идея заключается в распространении классического понятия машины Тьюринга на соответствующее квантовое устройство. Однако почти сразу выяснилось, что хотя квантовый компьютер и превосходит тьюрингово вычисление в смысле теории сложности [6] и скорости решения некоторых задач, но это и только это его отличает от классического компьютера. Таким образом, даже квантовый компьютер не способен выполнять операции, требуемые для человеческого сознательного понимания.

Классические подходы моделирования продолжились формированием стохастического аналога вычислительного процесса [19] путем транскрипции минимальной машины Тьюринга в эквивалентный асинхронный клеточный автомат с экспоненциальным распределением времени ожидания эффективных переходов. Отдельный интерес представляют

нетрадиционные вычисления. Исследователи этого направления ставят трудные вопросы, исходя из материала совершенно разных предметных областей [1; 3–5; 11–14; 17; 21; 23]. Что такое знание, и как оно представлено в мозгу? Что такое понятия, и как они изучаются? Как мы думаем, вспоминаем, представляем и общаемся? Каково отношение разума и тела, и как это соотносится с роботами и компьютерами? Как природа вычисляет? Что такое формальные процессы? Что такое вычисление? Каковы пределы моделей? Нетрадиционные компьютеры могут выполнять воплощенные вычисления [21; 22], которые могут непосредственно использовать естественную динамику субстрата, например, простейших организмов. Чтобы быть практически полезными, нетрадиционные устройства обычно сочетаются с классическими компьютерами или системами управления. Однако в настоящее время нет установленного способа сделать это или объединить различные нетрадиционные устройства. Сам термин «нетрадиционные вычисления» не имеет пока точного определения. Следующие темы исследований часто классифицируются как «нетрадиционные»: физика вычислений (например, термодинамика вычислений, квантовые вычисления, оптическая логика) [3; 5]; химические вычисления (например, реализация логических функций в химических системах, обработка изображений и распознавание образов в реакционно-диффузионных химических системах и сетях химических реакторов) [14; 21]; биомолекулярные вычисления (например, обработка информации в молекулярных массивах, молекулярная память) [1; 4]; клеточные автоматы как модели массивно-параллельной вычислительной сложности (например, вычислительная сложность нестандартных компьютерных архитектур; теория аморфных вычислений; искусственная химия); неклассическая логика

(например, логические системы, полученные из пространственно-временного поведения природных систем, логические рассуждения в физических, химических и биологических системах) [13; 23]; интеллектуальные исполнительные устройства (например, молекулярные машины, включающие обработку информации, интеллектуальные массивы исполнительных устройств) [1; 17]; новые аппаратные системы (например, функциональные нейронные чипы) [1; 11]; механические вычисления (например, микромеханическое шифрование, вычисления в наномашинках) [1].

Не только для моделирования сложных систем необходимы определенные формы нетрадиционных вычислений [22]. Есть много форм поведения роя, таких как роение насекомых, стая птиц, выпас четвероногих и стайка рыб. Иногда люди ведут себя бессознательно, и это их поведение имеет те же закономерности, что и поведение роев⁴ [20].

Прежде чем сформулировать цель настоящей статьи приведем точку зрения сэра Р. Пенроуза: «Я склонен думать, что пока ни одна физическая, биологическая либо математическая теория не приблизилась к объяснению нашего сознания и его логического следствия – интеллекта, однако этот факт ни в коей мере не должен отпугнуть нас от поисков такой теории» [1]. Отталкиваясь от общей концепции конечных автоматов, полностью вычислимых устройств, мы попытаемся продвинуться к построению такой схемы рефлексии, которая включала бы также элементы невычислимых процессов. Поэтому цель работы – определить топологию механизма рефлексии, механизма погружения познающего субъекта

в объект и наоборот, при этом механизма частично вычислимого, но, в целом, невычислимого.

Методология исследования

Принимая во внимание тот доказанный факт, что *машины Тьюринга* и *вычислимого процесса*, который она осуществляет, недостаточно для любой модели мышления и разума, нет никаких доказательств их полной неуместности и бесполезности для перспективного моделирования и мышления, и разума. Более того, имеются основания для того, чтобы использовать этот факт в моделировании именно человеческого «мыслительного механизма».

Напомним, что представляет собой абстрактная машина Тьюринга. Это прежде всего бесконечная лента с дискретными ячейками, в которых записано некоторое конечное число данных, например, из множества Σ , включая знак пробела. Табличным способом задается конечное число состояний, например, из множества Q , где обязательно выделены начальное q_s и конечное q_f состояния. Кроме того, в виде таблицы задана функция δ , которая представляет собственно программу действий машины. Эта функция может быть представлена в виде отображения из одного множества в другое:

$$\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q \times \Sigma \times \{0, 1, 2\} \quad (1)$$

т. е. как функция, отображающая множество комбинаций конкретных данных и состояний машины на множество комбинаций элементов уже из трёх множеств: данных, состояний машины и одного из элементов множества

⁴ Schumann A., Fris V. Swarm Intelligence among Humans – The Case of Alcoholics // Proceedings of the 10th International Joint Conference on Biomedical En-

gineering Systems and Technologies. – Vol. 4: BIOSIGNALS. – Portugal: Porto, 2017. – P. 17–25. DOI: <https://doi.org/10.5220/0006106300170025>

$\{0, 1, 2\}$, соответствующего командам: передвинуться на шаг влево (0), передвинуться на шаг вправо (1) или оставаться на месте (2).

Каретка машины (вводно-выводное устройство) располагается над ячейкой ленты и считывает с неё некоторый элемент $\sigma \in \Sigma$. Согласно состоянию $q \in Q$, соответствующему данной ячейке ленты, происходит действие: в эту ячейку записывается новый элемент данных $\sigma^* \in \Sigma$ или оставляется старый элемент $\sigma \in \Sigma$. Кроме того, происходит одно из трёх действий: лента протягивается на один шаг вправо, на один шаг влево или же остается на месте. Эта схема в самой простой форме описывает существо программирования вычислений на любом

компьютере, однако только детально разработанные языки программирования позволяют пользоваться компьютером эффективно. Тем не менее именно машина Тьюринга играет важную роль единственной фундаментальной системы для проверки любых утверждений относительно программирования.

Модель рефлексии. Воспользуемся этой простой схемой получения любого вычислимого результата для представления некоторых свойств человеческой рефлексии, включающих те, которые не сводятся к вычислимым (алгоритмическим) процессам, используя при этом именно «ленту» с данными и всю схему машины Тьюринга (МТ), но как элемент некоторой другой феноменологической модели.

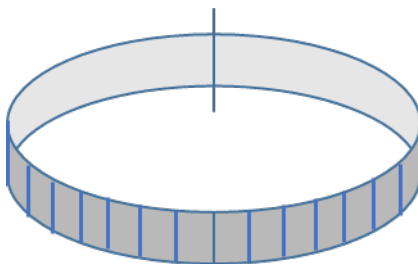


Рис. 1. Обычный вариант конечного автомата

Fig. 1. The usual version of the finite automata

Вначале представим не бесконечную ленту стандартной МТ, а замкнутую петлю (рис. 1), хотя возможно и очень большой длины окружности. Эта машина с конечной лентой будет относиться к классу машин,

называемых конечными автоматами. Она функционирует аналогично любой МТ, отличаясь лишь тем, что длина ленты не бесконечна. Рассмотрим теперь ленту, свернутую в петлю Мёбиуса (рис. 2).

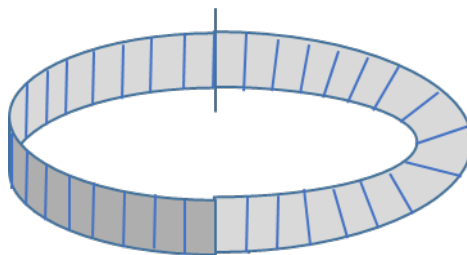


Рис. 2. Петля ленты Мёбиуса в качестве рабочей ленты конечного автомата

Fig. 2. The loop of the Möbius strip as the working tape of the finite automata

Данные на ней могут располагаться, в отличие от обычной петли, изображённой на рис. 1, и снаружи и «внутри», так как такая лента имеет всего одну поверхность, а не две как обычная петля. Мы оставляем за скобками вопросы о том, как такая петля синтезируется на биоинформационном уровне (его называют *wetware* в отличие от *hardware* и *soft-ware*).

Предположим далее, что машина теперь работает следующим образом. Каретка машины считывает с некоторой ячейки ленты (рис. 2) элемент $\sigma \in \Sigma$. Согласно некоторому состоянию $q \in Q$, соответствующему данной ячейке ленты, происходит несколько другое действие: в эту же ячейку всегда перезаписывается старый элемент $\sigma \in \Sigma$, а в соответствующую ячейку на обратной стороне ленты записывается новый элемент σ' , который пополняет конечное множество Σ на один элемент.

Вопрос о том, посредством какого механизма происходит запись нового элемента σ' с обратной стороны ленты и как связан этот элемент со старым элементом σ , рассмотрим чуть позже. Пока лишь введём термин *отражение* для обозначения элементов типа σ' по отношению к элементам начальных (первичных) данных типа σ . Одноразовый полный обход ленты Мёбиуса (рис. 2) (он в два раза длиннее, чем полный обход обычной петли) с заполненными начальными и отраженными данными будем называть *опытом*. В результате такого опыта половина данных на ленте – начальные, а другая половина – отраженные. Под начальными данными будем понимать те, что приходят в машину рефлексии через органолептические каналы восприятия (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус). В силу замкнутости петли с начальными и отраженными данными она поддерживается *во времени и относительно самостоятельна*. Поэтому саму петлю с начальной и отраженной информацией

также будем называть опытом. Допустим, что мы не можем формально определить функцию подобную (1) ввиду того, что алгоритм получения элементов σ' , пополняющих множество Σ , не может быть определён. Пока нам достаточно сделать из этого вывод о том, что «машина рефлексии» *не является* вычислимым процессом, т. е. не может быть в полной мере машиной типа конечного автомата, хотя и использует пошаговые действия, запись и перезапись данных.

Результаты исследования

Как в данном модельном представлении происходит единичный акт рефлексии? Кажется бы, в процессе записи на обратную сторону ленты элементов σ' множества отражения уже происходит акт отражения объекта. Однако собственно рефлексии можно увидеть также в процессе удвоения воспринятой на первом этапе информации:

$$\{\sigma\} \cup \{\sigma'\} \rightarrow \{\sigma\} \cup \{\sigma'\} \cup \{\sigma''\}$$

При этом мощность множества элементов σ'' нового отражения равна мощности множества элементов, освоенных на первом этапе:

$$|\{\sigma\} \cup \{\sigma'\}| = |\{\sigma''\}|$$

Здесь одним элементом, например σ' , обозначается всё множество элементов этого типа. Этот процесс рефлексии может продолжиться до получения какого-то результата, например, получения исчерпывающего представления об объекте. Заметим здесь два момента. Во-первых, объект представляется, а точнее моделируется, в виде множества вида

$$\{\sigma\} \cup \{\sigma'\}, \text{ или } \{\sigma\} \cup \{\sigma'\} \cup \{\sigma''\}, \text{ или } \{\sigma\} \cup \{\sigma'\} \cup \{\sigma'' \cup \{\sigma'''\}\}$$

и так далее, в зависимости от достигнутой степени уточнения его представления. Во-вторых, любое из представлений объекта содержит отраженные данные, например, $\{\sigma'\} \cup \{\sigma''\}$ в $\{\sigma\} \cup \{\sigma'\} \cup \{\sigma''\}$, т. е. то, что конструируется так или иначе самим мозгом (или сознанием). Поэтому объект нельзя полностью отделить от субъекта, если под субъектом понимать мыслящий разум. Действительно, в получающихся замкнутых лентах-опытах (рис.

2) содержится информация и об объекте, и об отражающем эту информацию субъекте, причем они неразрывно связаны, и сложность связи растет с каждым удвоением цикла. Наконец, первоначальные данные – множество $\{\sigma\}$ – никуда не теряются: на каждом цикле уточнения они перезаписываются. Весь процесс рефлексии-мышления представится в виде нарастающих циклов-лент (рис. 3).

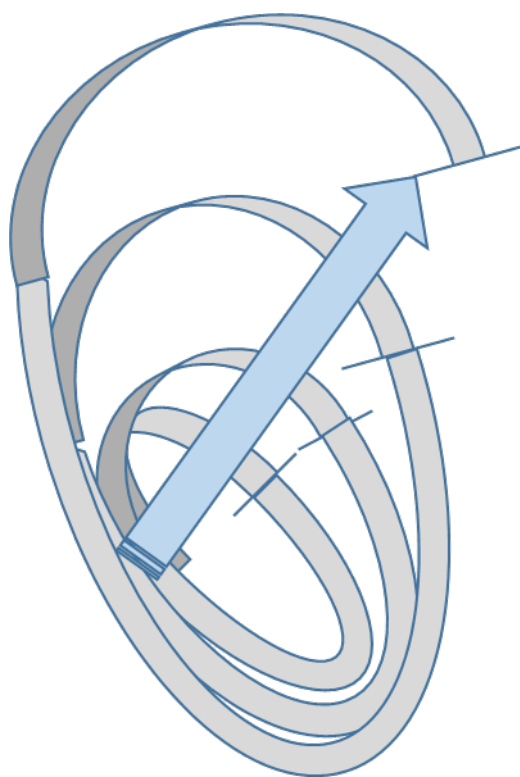


Рис. 3. Процесс удвоения длины циклов в некотором направлении с нарастанием масштаба данных

Fig. 3. The process of doubling the length of cycles in some direction with data scale-up

Собственно, концентрация внимания на объекте в процессе его «понимания» и есть процесс наращивания все новых удваивающихся циклов-лент, объединенных общей ориентацией (стрелка на рис. 3). Направление этой ориентации вырабатывается на уровне системы более высокого порядка – надсистемы – по отношению к рассматриваемой. Заметим, что отдельная лента Мёбиуса есть неориентируемый топологический объект.

Таким образом, составляющие машины рефлексии: спиральность (топология ленты Мёбиуса); замкнутая петля-цикл с возможностью выхода на новый цикл; удвоение цикла рефлексии; выделенное направление рефлексии; сохранение всех данных; механизм записи отражения данных; обход контура ленты в одном направлении; продуцирование множества замкнутых согласованных петель-цик-

лов. Невычислимыми процессами здесь являются как одновременная с прямой записью запись на «обратной стороне» ленты, так и последовательное удвоение цикла рефлексии и тем самым продуцирование каскада петель циклов. Одно из возможных объяснений способа реализации обоих этих процессов может быть связано с *квантовомеханическими явлениями* в открытых биологами микротрубочках, содержащихся в цитоскелете каждой живой клетки, с которыми в свою очередь связывает свои надежды объяснения невычислимости разума Пенроуз⁵ [11]. Об этом необходимо сказать подробнее.

Согласно работам Хамероффа и его коллег (которые уже давно работают над обоснованием этой идеи [9; 10]), микротрубочки могут действовать как клеточные автоматы, передавая и обрабатывая сложные сигналы в виде волн различных состояний электрической поляризации молекул тубулина. Существуют убедительные экспериментальные свидетельства важной роли микротрубочек в управлении пластичностью мозга⁶ [11]. Если ли какие-то основания предполагать, что внутри микротрубочек существует квантовая когерентность? Оказывается [11], если энергия метаболической активности достаточно велика, а диэлектрические свойства задействованных в процессе материалов достаточно экстремальны, то существует возможность возникновения макроскопической квантовой когерентности даже при относительно высоких температурах, какие характерны для

биологических систем. Как выяснилось, не только метаболическая энергия достаточно велика, а диэлектрические свойства необыкновенно экстремальны, но и имеется прямое подтверждение внутриклеточных колебаний с частотой 10^{11} Гц [16].

Согласно предлагаемой Р. Пенроузом предварительной точке зрения, сознание есть проявление «квантовосцепленного внутреннего состояния цитоскелета вкупе с участием этого состояния во взаимодействии между процессами квантового и классического уровней». Главные события сознания и «свободы воли» происходят в цитоскелетных процессах (посредством микротрубочек с когерентным поведением их содержимого), а «нейроны в этой системе выполняют функции, скорее, увеличительных стекол, посредством которых микроскопические цитоскелетные процессы “поднимаются” на уровень, на котором возможно воздействие на другие органы тела – например, на мышцы. Соответственно, нейронный уровень описания, к которому сводится модное нынче представление о мозге и разуме, является не более чем тенью цитоскелетных процессов более глубокого уровня – именно там, в глубине, находится физический фундамент разума, который мы столь упорно разыскиваем!»⁷.

Работу, как мы называем, «мыслительного механизма» с анализом и синтезом опытов-петель, а именно, что характеризует этот процесс, поясним на рисунке 4.

⁵ Пенроуз Р. Тени разума: в поисках науки о сознании. 1994 / пер. с англ. А. Р. Логунова и Н. А. Зубченко. URL: <http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s01/z0001005/st000.shtml>

⁶ Там же.

⁷ Там же.

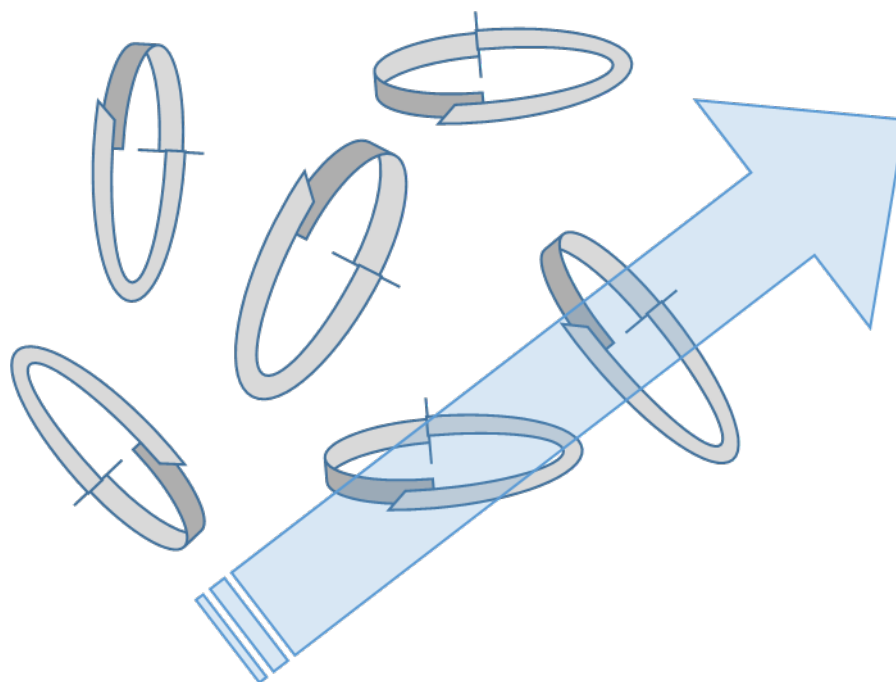


Рис. 4. Ориентация опытов под действием параметра надсистемы

Fig. 4. Orientation of experiments under the action of the super-system parameter

Поскольку опыты-петли относительно самостоятельны, они не могут проявить свойство целостности, пока не появится фактор ориентирования на уровне надсистемы. Этот внешний по отношению к набору опытов фак-

тор может быть любым параметром надсистемы. В результате его действия некоторые опыты-петли ориентируются определённым образом, и возникает синтез информации включением её в единый процесс рефлексии по схеме, изображенной на рис. 3.

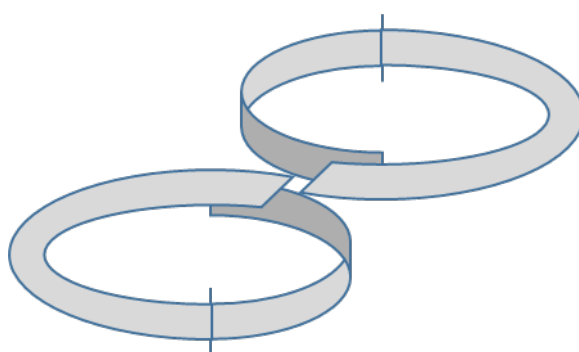


Рис. 5. Встреча подходящих пар опытов

Fig. 5. Meeting suitable pairs of experiences

Наиболее трудно представить процесс интуиции. Дело в том, что в этом случае трудно выявить механизм действия организующего фактора надсистемы. Можно предположить, что геометрия опытов-петель располагается,

условно говоря, в горизонтальной плоскости. Изначально все опыты равноправны и нет никакой иерархии. Избирательность может проявиться в некоторых парных взаимодействиях

петель (рис. 5). Возникает новая ситуация, которая в математике множеств описывается как частичный порядок в бинарных отношениях. Появляются частично упорядоченные системы

опытов-петель (рис. 6). Процесс «созревания результата» завершается вложением этого частичного порядка в линейный порядок с полной определенностью и устойчивостью результата.

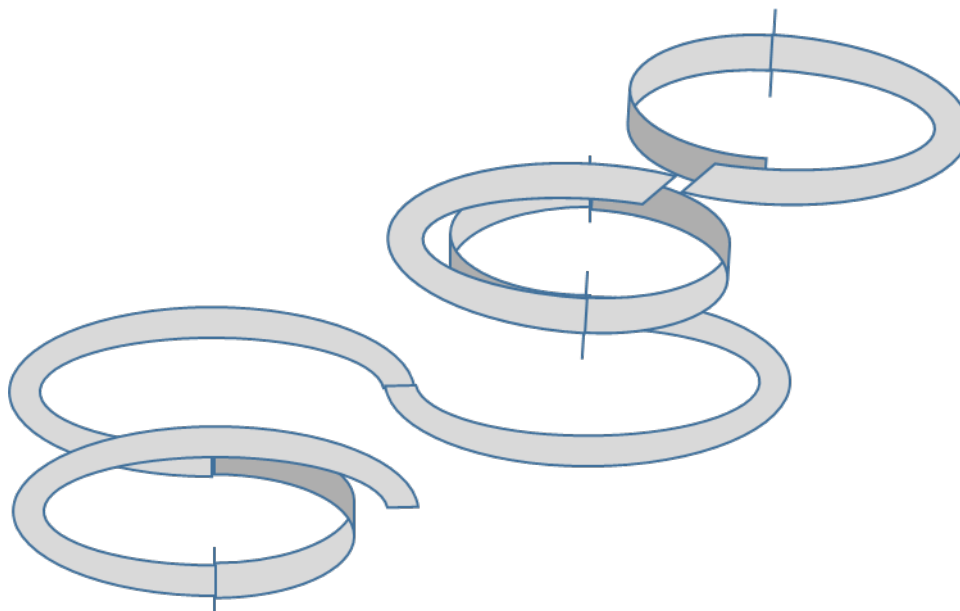


Рис. 6. Частично упорядоченная система опытов

Fig. 6. Partially ordered system of experiments

Процесс «созревания результата» завершается вложением этого частичного порядка в линейный порядок с полной определенностью и устойчивостью результата. Следует заметить, что: 1) благодаря горизонтальной структуре выстраивания системы связанных опытов, многообразию вариантов соединений петель огромно; 2) опытами являются не только опыты восприятия органолептических данных и их отражение, но также чисто «мысленные опыты», данными для которых являются в свою очередь какие-либо предшествующие данные рефлексии.

В целом процесс поиска решения проблемы нельзя представить только горизонтальными поисковыми процессами (рис. 6) или процессами концентрации рефлексии в одном выбранном направлении – в глубину (рис. 3). Для эффективного проникновения в

суть проблемы требуется их сочетание. Мы можем только предполагать, что рефлексия задействует целый спектр масштабов «движения мысли» (рис. 3). При этом продуктивная рефлексия случается, когда все масштабы согласованы и организованы в один каскад, как показано на рис. 3. Находясь в состоянии такого упорядоченного каскада, мозг трансформирует время, органолептически воспринимаемое человеком, в пространство согласованных лент рефлексии.

Заключение, обсуждение

Является ли сама по себе ориентация направления рефлексии материальной субстанцией? В рассмотренной схеме только она одна не связана прямо ни с одним носителем, так как каждая отдельная лента Мёбиуса – неориентируемый объект. Можно представить

язык большого колокола, который нельзя сдвинуть с места напрямую. Лишь организованные по фазе приложения силы позволяют раскачать и заставить работать язык колокола. В этом смысле нематериальная природа *правильной организации* силовых воздействий приводит к материальному эффекту – звуковым волнам. Дело в том, что неправильная организация воздействий не сдвинет язык с места.

В предложенной модели проявление человеческого сознания ближе всего связано с «картой» – будь она в реальности – возможных ориентаций, которые задают направления

каскада рефлексий. Кроме того, операционные проявления возможного человеческого сознательного понимания касаются процессов записи на «обратной стороне» условной ленты цикла, а также переходов на другой цикл в едином каскаде. Предполагается, что эти процессы связаны с квантовомеханической когерентностью в микротрубочках цитоскелетного происхождения. Важным выводом также является невозможность разделить объект и субъект в когнитивном процессе рефлексии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Adamatzky A., Akl S., Burgind M., Caludee C. S., Costa J. F., Dehshibi M. M., Gunji Y.-P., Konkoli Z., MacLennan B., Marchal B., Margenstern M., Martínez G., Mayne R., Morita K., Schumann A., Sergeyev Y. D., Sirakoulis G. Ch., Stepney S., Svozil K., Zenil H.** East-West paths to unconventional computing // *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. – 2017. – Vol. 131. – P. 469–493. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2017.08.004>
2. **Beck F., Eccles J. C.** Quantum aspects of brain activity and the role of consciousness // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 1992. – Vol. 89, Issue 23. – P. 11357–11361. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.89.23.11357>
3. **Calude C. S.** Quantum Randomness: From Practice to Theory and Back // Cooper S., Soskova M. (eds) *The Incomputable. Theory and Applications of Computability* (In cooperation with the association Computability in Europe). – Cham: Springer, 2017. – P. 169–181. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-43669-2_11
4. **Calude C. S., Longo G.** Classical, quantum and biological randomness as relative unpredictability // *Natural Computing*. – 2016. – Vol. 15, Issue 2. – P. 263–278. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11047-015-9533-2>
5. **Dale M., Miller J. F., Stepney S.** Reservoir Computing as a Model for In-Materio Computing // Adamatzky A. (eds) *Advances in Unconventional Computing. Emergence, Complexity and Computation*. – Vol. 22. – Cham: Springer, 2017. – P. 533–571. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-33924-5_22
6. **Deutsch D.** Quantum theory, the Church–Turing principle and the universal quantum computer // *Proceedings of the Royal Society A (Lond.)*. – 1985. – Vol. 400, Issue 1818. – P. 97–117. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.1985.0070>
7. **Deutsch D.** Quantum mechanics near closed timelike lines // *Physical Review D*. – 1991. – Vol. 44, Issue 10–15. – P. 3197–3217. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.44.3197>
8. **Eccles J. C.** How the self controls its brain. – Berlin: Springer, 1994. – 198 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-49224-2>
9. **Hameroff S.** The “conscious pilot”– dendritic synchrony moves through the brain to mediate consciousness // *Journal of Biological Physics*. – 2010. – Vol. 36, Issue 1. – P. 71–93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10867-009-9148-x>



10. **Hameroff S. R., Watt R. C.** Information in processing in microtubules // *Journal of Theoretical Biology.* – 1982. – Vol. 98, Issue 4. – P. 549–561. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(82\)90137-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(82)90137-0)
11. **Hameroff S., Penrose R.** Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory // *Physics of Life Reviews.* – 2014. – Vol. 11, Issue 1. – P. 39–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002>
12. **Horsman D., Kendon V., Stepney S.** The natural science of computing // *Communications of the ACM.* – 2017. – Vol. 60, Issue 8. – P. 31–34. DOI: <https://doi.org/10.1145/3107924>
13. **Gauvrit N., Zenil H., Soler-Toscano F., Delahaye J.-P., Brugger P.** Human behavioral complexity peaks at age 25 // *PLOS Computational Biology.* – 2017. – Vol. 13, Issue 4. – P. e1005408. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005408>
14. **Gauvrit N., Soler-Toscano F., Zenil H.** Natural scene statistics mediate the perception of image complexity // *Visual Cognition.* – 2014. – Vol. 22, Issue 8. – P. 1084–1091. DOI: <https://doi.org/10.1080/13506285.2014.950365>
15. **Gödel K.** Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I // *Monatshefte für Mathematik und Physik.* – 1931. – Vol. 38, Issue 1. – P. 173–198. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01700692>
16. **Grundler W., Keilmann F.** Sharp resonances in yeast growth proved nonthermal sensitivity to microwaves // *Physical Review Letters.* – 1983. – Vol. 51, Issue 13–26. – P. 1214–1216. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.51.1214>
17. **Marchal B.** The computationalist reformulation of the mind-body problem // *Progress in Biophysics and Molecular Biology.* – 2013. – Vol. 113, Issue 1. – P. 127–140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2013.03.014>
18. **Penrose R.** An emperor still without mind // *Behavioral and Brain Sciences.* – 1993. – Vol. 16, Issue 3. – P. 616–622. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0140525X00031964>
19. **Raptis T. E.** “Viral” Turing Machines, computation from noise and combinatorial hierarchies // *Chaos, Solitons and Fractals.* – 2017. – Vol. 104. – P. 734–740. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.09.033>
20. **Schumann A., Woleński J.** Two Squares of Oppositions and Their Applications in Pairwise Comparisons Analysis // *Fundamenta Informaticae.* – 2016. – Vol. 144, Issue 3–4. – P. 241–254. DOI: <https://doi.org/10.3233/FI-2016-1332>
21. **Stepney S., Abramsky S., Bechmann M., Gorecki J., Kendon V., Naughton T. J., Perez-Jimenez M. J., Romero-Campero F. J., Sebald A.** Heterotic Computing Examples with Optics, Bacteria, and Chemicals // Durand-Lose J., Jonoska N. (eds) *Unconventional Computation and Natural Computation. UCNC 2012. Lecture Notes in Computer Science.* – Vol. 7445. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. – P. 198–209. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32894-7_19
22. **Stepney S.** Local and global models of physics and computation // *International Journal of General Systems.* – 2014. – Vol. 43, Issue 7. – P. 673–681. DOI: <https://doi.org/10.1080/03081079.2014.920995>
23. **Zenil H.** What Is Nature-Like Computation? A Behavioural Approach and a Notion of Programmability // *Philosophy and Technology.* – 2014. – Vol. 27, Issue 3. – P. 399–421. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-012-0095-2>

DOI: [10.15293/2658-6762.1905.07](https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.07)

Victor Maratovich Trofimov,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,

Department of Informational Systems and Computer Sciences,

Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0691-6277>E-mail: vtrofimov9@yahoo.com

On a concept of topology of human reflection in comparison with finite automata

Abstract

Introduction. *The questions of how pure thought sets the material nature of muscles in motion, and how any child handles them more efficiently than the most perfect robot, remain the simplest in form and the most complex in content. The aim of this work is to try to consider the topology, so to speak, of reflection, of dive gear knowing subject in the object and on the contrary, when this mechanism is partially computable, but, in General, non-computable.*

Materials and Methods. *The algorithmic side of the thinking mechanism is represented on the basis of the General principle of the Turing machine. But this is only a local property of the model. The sequence of topologically special objects – the Möbius strips – organizes directed reflection as a whole, and this process is no longer computable, as is inherent in the Turing machine.*

Results. *Relatively independent closed cycles of perception-reflection represent real experiences of perception in the form of undirected topological structures – Möbius strips. On the basis of these experiences can be built examples of purposeful reflection and in some geometric sense, the opposite examples of intuitive mental acts. Real reflection involves both types of experience orientation-tapes. An attempt is made to answer the question of the connection of non-material structure with material "experiences" in the process of reflection.*

Conclusions. *In the proposed model, the manifestation of human consciousness is most closely related to the "map" of possible orientations that set the direction of the cascade of reflections. In addition, the operational symptoms of possible human conscious understanding of the affect of the recording process on the "back side" of a conditional tape loop, and transitions to another loop in a single cascade.*

Keywords

Human reflection; Experiences-structures; Möbius strip; Orientation of the experiences-stripes; Computability of process; Finite automaton; Non-computability of reflection.

REFERENCES

1. Adamatzky A., Akl S., Burgind M., Caludee C. S., Costa J. F., Dehshibi M. M., Gunji Y.-P., Konkoli Z., MacLennan B., Marchal B., Margenstern M., Martínez G., Mayne R., Morita K., Schumann A., Sergeev Y. D., Sirakoulis G. Ch., Stepney S., Svozil K., Zenil H. East-West paths to unconventional computing. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2017, vol. 131, pp. 469–493. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2017.08.004>
2. Beck F., Eccles J. C. Quantum aspects of brain activity and the role of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1992, vol. 89, issue 23, pp. 11357–11361. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.89.23.11357>



3. Calude C. S. Quantum randomness: From practice to theory and back. In: Cooper S., Soskova M. (Eds.) *The Incomputable. Theory and Applications of Computability (In cooperation with the association Computability in Europe)*. Cham, Springer Publ., 2017, pp. 169–181. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-43669-2_11
4. Calude C. S., Longo G. Classical, quantum and biological randomness as relative unpredictability. *Natural Computing*, 2016, vol. 15, issue 2, pp. 263–278. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11047-015-9533-2>
5. Dale M., Miller J. F., Stepney S. Reservoir computing as a model for in-materio computing. In: Adamatzky A. (Ed.) *Advances in Unconventional Computing. Emergence, Complexity and Computation*, vol. 22, Cham, Springer Publ., 2017, pp. 533–571. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-33924-5_22
6. Deutsch D. Quantum theory, the Church–Turing principle and the universal quantum computer. *Proceedings of the Royal Society A (Lond.)*, 1985, vol. 400, issue 1818, pp. 97–117. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.1985.0070>
7. Deutsch D. Quantum mechanics near closed timelike lines. *Physical Review D*, 1991, vol. 44, issue 10–15, pp. 3197–3217. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.44.3197>
8. Eccles J. C. *How the self controls its brain*. Berlin, Springer Publ., 1994, 198 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-49224-2>
9. Hameroff S. The “conscious pilot”– dendritic synchrony moves through the brain to mediate consciousness. *Journal of Biological Physics*, 2010, vol. 36, issue 1, pp. 71–93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10867-009-9148-x>
10. Hameroff S. R., Watt R. C. Information in processing in microtubules. *Journal of Theoretical Biology*, 1982, vol. 98, issue 4, pp. 549–561. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(82\)90137-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(82)90137-0)
11. Hameroff S., Penrose R. Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory. *Physics of Life Reviews*, 2014, vol. 11, issue 1, pp. 39–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002>
12. Horsman D., Kendon V., Stepney S. The natural science of computing. *Communications of the ACM*, 2017, vol. 60, issue 8, pp. 31–34. DOI: <https://doi.org/10.1145/3107924>
13. Gauvrit N., Zenil H., Soler-Toscano F., Delahaye J.-P., Brugger P. Human behavioral complexity peaks at age 25. *PLOS Computational Biology*, 2017, vol. 13, issue 4, pp. e1005408. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005408>
14. Gauvrit N., Soler-Toscano F., Zenil H. Natural scene statistics mediate the perception of image complexity. *Visual Cognition*, 2014, vol. 22, issue 8, pp. 1084–1091. DOI: <https://doi.org/10.1080/13506285.2014.950365>
15. Gödel K. Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 1931, vol. 38, issue 1, pp. 173–198. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01700692>
16. Grundler W., Keilmann F. Sharp resonances in yeast growth proved nonthermal sensitivity to microwaves. *Physical Review Letters*, 1983, vol. 51, issue 13–26, pp. 1214–1216. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.51.1214>
17. Marchal B. The computationalist reformulation of the mind-body problem. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2013, vol. 113, issue 1, pp. 127–140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2013.03.014>
18. Penrose R. An emperor still without mind. *Behavioral and Brain Sciences*, 1993, vol. 16, issue 3, pp. 616–622. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0140525X00031964>



19. Raptis T. E. “Viral” Turing Machines, computation from noise and combinatorial hierarchies. *Chaos, Solitons and Fractals*, 2017, vol. 104, pp. 734–740. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.09.033>
20. Schumann A., Woleński J. Two squares of oppositions and their applications in pairwise comparisons analysis. *Fundamenta Informaticae*, 2016, vol. 144, issue 3–4, pp. 241–254. DOI: <https://doi.org/10.3233/FI-2016-1332>
21. Stepney S., Abramsky S., Bechmann M., Gorecki J., Kendon V., Naughton T. J., Perez-Jimenez M. J., Romero-Campero F. J., Sebald A. Heterotic Computing Examples with optics, bacteria, and chemicals. In: Durand-Lose J., Jonaska N. (Eds.) *Unconventional Computation and Natural Computation. UCNC 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7445. Berlin, Heidelberg, Springer Publ., 2012, pp. 198–209. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32894-7_19
22. Stepney S. Local and global models of physics and computation. *International Journal of General Systems*, 2014, vol. 43, issue 7, pp. 673–681. DOI: <https://doi.org/10.1080/03081079.2014.920995>
23. Zenil H. What Is Nature-Like Computation? A behavioural approach and a notion of programmability. *Philosophy and Technology*, 2014, vol. 27, issue 3, pp. 399–421. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-012-0095-2>

Submitted: 17 August 2019

Accepted: 09 September 2019

Published: 31 October 2019



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).