

# Метафорический компьютеринг. Неалгоритмические природоподобные вычислительно-преобразовательные ресурсы сред виртуальных инструментов

И. В. Герасимов<sup>1</sup>, С. А. Кузьмин<sup>2</sup>, А. В. Ли<sup>3</sup>, Н. М. Сафьянников<sup>4</sup>  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup>IVGerasimov-45@yandex.ru, <sup>2</sup>KSA84@yandex.ru, <sup>3</sup>ArtemLee90@gmail.com, <sup>4</sup>NMSafyannikov@etu.ru

**Аннотация.** Излагается накопленный авторами достаточно большой эмпирический материал по внедрению концепций мягких измерений и вычислительной перцепции. Обсуждается концепция метафорических вычислений (метафорического компьютеринга) и возможность её применения при проектировании природоподобных вычислительно-преобразовательных ресурсов сред виртуальных инструментов (VI-сред) с привлечением теории категорий, реляционной парадигмы и парадигмы виртуальности. Принимается в качестве базисного тезис о том, что «все процессы, вызываемые усилиями людей, или же спонтанно происходящие в природе, могут рассматриваться как вычислительные преобразования».

**Ключевые слова:** метафорический компьютеринг; неалгоритмические вычисления; природоподобные технологии; вычислительная перцепция; мир слова; теория категорий; реляционная парадигма; парадигма виртуальности; среды виртуальных инструментов

## I. ПРЕАМУЛА

«Отношение науки к мышлению лишь тогда истинно и плодотворно, когда становится видна пропасть, существующая между наукой и мышлением – притом, такая пропасть, через которую невозможен мост. От науки в мышление нет мостов, возможен лишь прыжок.» [1]

*Мартин Хайдеггер*

## II. ОСНОВНАЯ ИДЕЯ МЕТАФОРИЧЕСКОГО КОМПЬЮТИНГА

Основная идея метафорических вычислений (метафорического компьютеринга – *metaphoric computing*, МС) заключается в том, что сложнейшие для анализа физические системы, такие как погода, плазма или экономика, вычисляющие (моделирующие) свою собственную динамику с невообразимой для современных компьютеров скоростью, можно «заставить» моделировать другие задачи того же порядка сложности.

Из единственной открытой публикации, касающейся темы МС [2], известно, что сердцевинной этой концепции

является факт, согласно которому, нелинейная оптика позволяет эффективно моделировать множество сложных задач из области гидродинамики. В частности, там изложены аргументированные математические рассуждения, демонстрирующие, в том числе, аналогии поведения систем нелинейной оптики и поведения «сухой» (невязкой) жидкости Эйлера (она давно известна как вычислительно трудозатратная и нестабильная для обчётов компьютерными методами).

Таким образом, суть концепции МС состоит в том, чтобы применять экспериментально более доступную физическую систему для моделирования поведения другой системы. Вместе с тем, дальнейшие рассуждения там излагаются в рамках индуктивного подхода к решению проблем с привлечением эвристических приёмов, являющихся интуитивным индивидуальным достижением авторов исследования.

Выделяются две основные группы неопределённостей: неопределённости природы (или физические неопределённости) и неопределённости, обусловленные человеком – оператором или экспертом (лингвистические неопределённости, неопределённости желания, неопределённости целей, нечёткий характер механизмов принятия решений и т.п.). Неопределённости второй группы, содержащиеся в понятиях и отношениях с нестрогими границами, а также в высказываниях с многозначной шкалой истинности, связаны с семантической информацией (а по кибернетической терминологии – с понятием «воли» [3]).

В этой связи нами предлагается при проектировании вычислительно-преобразовательных сред виртуальных инструментов (VI-сред) в качестве руководящего признать тезис о том, что и проектным спецификациям, и сопроводительной документации на изготовление инструментария в контексте решения проблемы мягких измерений наблюдаемых физических величин, имеет смысл придать форму нескольких преломлений под различными углами зрения. Вместе с тем, находит воплощение единая философия (методология) создания в

рамках сравнительного подхода, характерная для интеллектуальной стратегии рационально-классического ряда европейской исследовательской традиции.

Благодаря парадигме виртуальности [4], возникает возможность представления контекстной модели процесса (технологии) проектирования с использованием лингвистических переменных в контексте вербальных представлений и вычислений [5]. Благодаря этому, формируется пространство – «мир слова». Оно является естественным завершением цепочки «число – буква – формула – численно-буквенный алгоритм – слово – мир слова». Открывается возможность работы с многоагентными информационными технологиями в глобальном информационно-функциональном пространстве техносферы [6].

### III. СИСТЕМОЛОГИЯ ФЕНОМЕНАЛЬНОГО

Суть задачи состоит в разработке семейства моделей поведения биологической системы, позволяющих обнаружить неизвестные ранее свойства биологического объекта, которые проявляются во взаимодействии его с другими объектами в составе биоценоза. В центре внимания – исследование механизмов совместимости организации ценоза на основе стихийного процесса гомеостаза (обеспечивающего целостную иерархическую систему) с разнообразными информационно-обменными процессами.

Биотические потоки описываются с помощью аппарата теории категорий, акцентирующего внимание на свойствах отношений между модельными объектами, – причём такими, которые не зависят от их внутренней структуры. Благодаря более высокому уровню абстракции описания отношений в биотике, открывается путь к применению современных тополого-алгебраических методов, включая гомологическую алгебру и операторную алгебру. Её основная смысловая нагрузка состоит в том, что мы получаем не точное число, а лишь некое распределение вероятностей. По сути, речь идёт об обобщении алгебры измеримых функций (некоммутативная теория вероятности). Воспользовавшись теорией меры (теорией вероятности), зачастую удаётся угадать результат в соответствующей теории генезиса биологических форм. Возникает новая точка зрения на вещи, связанные с морфогенезом витаобъектов. И, соответственно, возникает новая методика качественного формообразования. Возникает биологическое знание, отличное от поставляемого биофизикой, на фундаментальном уровне.

Такой реляционный подход находится в полном согласии с фундаментальным принципом западного естествознания – принципом Маха. Этот принцип провозглашает необходимость поиска природных связей отдельных материальных структур со всем остальным материальным миром. Он имеет мощную математическую базу в виде теорем двойственности Пуанкаре-Понтрягина и Гротендика-Серра [7].

### IV. ФОРМАЛЬНЫЙ АППАРАТ

Мы исходим с обсуждения того, почему следующая схема (рис. 1) является ортодоксальным математическим описанием классической процедуры измерения [8], составляющей ядро вычислительной перцепции (computational perception, CP) [9].

Физическая лаборатория	→	Коммутативная унитарная $\mathbb{R}$ -алгебра $A$
Измерительный прибор	→	Элемент алгебры $A$
Состояние наблюдаемой физической системы	→	Гомоморфизм унитарных $\mathbb{R}$ -алгебр $h: A \rightarrow \mathbb{R}$
Показание измерительного прибора	→	Значение этой функции $h(a)$ , $a \in A$

Рис. 1. Описание процедуры измерения с помощью теории категорий

При решении задач вычислительной перцепции отдаётся предпочтение абстрактному подходу – здесь мы вынуждены использовать эвристики (в том числе абстракцию). В контексте вычислительной науки (computational science, CS), заслуживает внимания инициатива «Cognitive Computing via Synaptronics and Supercomputing» (C2S2) – группы исследователей из корпорации IBM. Суть этой инициативы в утверждении: «архитектура вычислений на следующем этапе эволюции должна базироваться – как и всё в окружающем нас мире – на естественной децентрализованной самоорганизации» [10].

Следуя Полу Терстону (лауреату премии Филдса 1982 г. за формулировку гипотезы о геометризации, одному из пионеров маломерной топологии) [11] и применяя методы эвристики, мы выдвигаем гипотезу «О восьми операторах мультиагентной системы». Связь между этими операторами и когнитивными процессами представлена в таблице.

### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Концепция метафорического компьютеринга изложена на основе реляционной парадигмы, где отрицается самостоятельный характер категории пространства-времени, а вместо него вводятся два вида отношений: координатные и токовые.

Последовательный реляционный подход заставляет отказаться от ныне принятой концепции близкодействия и заменить её на концепцию дальнего действия (action-at-a-distance), отражая теорию дальнего действия, развитую в работах Я. И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ф. Хойла и ряда других авторов.

В таблице операторы могут показаться излишне интуитивными. Однако они вполне убеждают нас в правомерности выбранного общего направления рассуждений с привлечением реляционной парадигмы и парадигмы виртуальности.

ТАБЛИЦА 1 Связь между операторами мультиагентной системы (МАС) и когнитивными процессами

Оператор МАС	Функция преобразования МАС	Когнитивный процесс	Сообщение когнитивного процесса
Оператор выделения	Выделение локального и внешнего	Выдвижение	Концепт, характеризующий важность выдвижения на первый план той или иной языковой формы
Оператор избирательности	Выделение избыточного ресурса на восприятие внешнего	Выделенность	"Прорезь", через которую человек воспринимает мир - запас знания субъекта
Оператор усреднения	Формирование усреднённой локально-внешней структуры, инвариантной относительно деформаций	Скрипт	Вид фрейма, выполняющий некоторые специальные задания по обработке (например, естественного языка)
Оператор разграничения	Поиск "гибких" свойств, способных стать основой для канала обмена "данными" между локальным и внешним	Активация	Возбуждение определённых участков мозга в актах мыслительной и речевой деятельности под влиянием некоторых стимулов. Актуализация ментальных репрезентаций концептуальной системы
Оператор сжатия	"Сжатие" локального относительно границ с внешним	Доступность	Когнитивный концепт, характеризующий свойства информативности отдельных составляющих предложения и/или дискурса и свидетельствующего о важности доступа к топикам и тематическим элементам высказывания
Оператор сглаживания	Не выводит ошибку, если возникло некоторое переполнение. А относит это событие к объективному развитию для одного из операторов	Обоснование	Механизм установления отношений между компонентами в текущем ментальном пространстве дискурса и кодирования неканонических ситуаций и альтернативных способов представления одной и той же ситуации
Оператор инкапсуляции	На одном листе можно рассматривать два принципиально различных объекта, забыв об их топологии и рассматривая их только геометрические соотношения	Фигура-Фон	Когнитивная и психическая структура (гештальт), характеризующая человеческое восприятие и интерпретацию модели двойственности; не сводится к композиции её частей
Оператор овещствления (субстанциональности)	Овещствление выходного текста в результате обработки программой выходного	Когнитивная метафора	Когнитивный процесс, который выражает и формирует новые понятия и без которого невозможно получение нового знания

Следует внимательно приглядеться к математическим объектам, которые описывают отношения локальные и глобальные (принцип Маха). Здесь обнаруживается любопытная ситуация: существует всего лишь два типа таких объектов – тензоры и спиноры. Причём, интересно то, что тензоры – это частный случай спиноров. Кроме того, простейшие спиноры образуют своё собственное пространство, не имеющее никакого отношения к пространству-времени Минковского ни по размерности, ни по типу геометрии. Спиноры позволяют описывать спиновые состояния объектов и их отношения без привлечения априорных пространственно-временных представлений. Поэтому мы склоняемся к тому, что в основу реляционной теории концепции метафорического компьютеринга естественно положить спинорное исчисление.

Изложенные в докладе идеи и результаты более подробно представлены в наших публикациях [4, 5, 12, 13].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Хайдеггер М. Что значит мыслить? / Перевод А.С. Солодовникова. - URL: [http://phil.ulstu.ru/files/studentam/6.2\\_ham.pdf](http://phil.ulstu.ru/files/studentam/6.2_ham.pdf).
- [2] Tsang M., Psaltis D. Metaphoric optical computing of fluid dynamics // arXiv:physics/0604149v1. - 18 April 2006. Pp. 1-12. URL: <https://arxiv.org/abs/physics/0604149v1>.
- [3] Турчин В.Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. М.: ЭТС, 2000.
- [4] Герасимов И.В., Мкртычян А.Р., Никитин А.В., Лозовой Л.Н., Кузьмин С.А. Парадигма виртуальности в автоматизированном исследовательском проектировании высокотехнологичных изделий электроники и средств аналитического приборостроения:

Монография / Под ред. И.В. Герасимова. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 205 с.

- [5] Герасимов И.В., Кузьмин С.А., Ли А.В. Развитие концепции лингвистической переменной в контексте вербальных вычислений и представлений // XXII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2019). Сборник докладов. Санкт-Петербург. 23-25 мая 2019 г. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 259-262.
- [6] Тим Бернерс-Ли: от Всемирной сети к Гигантскому глобальному графу // Хабр. - 23 ноября 2007. - URL: <https://habr.com/ru/post/16588/>.
- [7] Акчурин И.А. Концептуальные основания новой топологической физики // Философские проблемы физики элементарных частиц. М., 1995. С. 5-23.
- [8] Неструев Д. Гладкие многообразия и наблюдаемые. М.: МЦНМО, 2000-2003. 317 с.
- [9] Герасимов И.В., Кузьмин С.А., Сафьянников Н.М., Рудинский А.В. Сложно-функциональные блоки вычислительной перцепции в классе вычислительно-преобразовательных цепей // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. Вып. 1. С. 43-51.
- [10] IBM Seeks to Build the Computer of the Future Based on Insights from the Brain // IBM Pressroom. - URL: <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26123.wss#release>.
- [11] Тёрстон У. Трёхмерная геометрия и топология. М.: МЦНМО, 2001. 312 с.
- [12] Герасимов И.В., Кузьмин С.А., Сафьянников Н.М. Пространственно-временной формализм описания характеристических свойств квантовых объектов информации в контексте решения проблемы мягких измерений наблюдаемых величин для VI-сред САИП // XVIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM2015). Россия, Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 19-21 мая 2015 г. Т. 2. С. 140-143.
- [13] Герасимов И.В., Сафьянников Н.М., Якимовский Д.О. Сложно-функциональные блоки смешанных систем на кристалле: автоматизация функционального проектирования: Монография / Под ред. И.В. Герасимова. СПб.: Издательство «ЭЛМОР», 2012. 237 с.