

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пятигорский государственный университет»

**Философские проблемы  
информационных технологий  
и киберпространства**

Сетевой научный журнал

**№ 1 (25) 2024**

**ISSN 2305-3763**

<https://cyberspace.pgu.ru>

# ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ информационных технологий и киберпространства

№ 1 (25) 2024

ISSN 2305-3763

Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
Эл. № ФС77-50786

<https://cyberspace.pgu.ru>

**Сетевой журнал «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства» является электронным научным изданием, официально зарегистрированным в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Свидетельство о регистрации средств массовой информации Эл № ФС77-50786).**

Журнал руководствуется политикой свободного доступа (Open Access) на основании Лицензии Creative Commons «Attribution-NoDerivs» («Атрибуция – Без производных произведений») CC BY-ND.

Учредитель журнала – ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет».

Издание включено в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и представлено в Научной Электронной Библиотеке в открытом доступе, на открытой платформе научной электронной библиотеки Cyberleninka.ru и электронной библиотечной системе IPRBooks.

Журнал индексируется в международных базах данных: Ulrich's Periodicals Directory European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences (ERIH PLUS), EBSCO Host, CrossRef (DOI), Social Science Open Access Repository (SSOAR) UlrichsWeb, EBSCOhost, а также в репозиториях CrossRef. Опубликованным статьям присваивается уникальный идентификатор DOI.

Первые издания увидели свет в 2010 г. в качестве сборников научных статей, выпущенных по итогам Международной конференции «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства», регулярно проводимой на базе ФГБОУ ВО «Пятигорский государственный университет».

© ФГБОУ ВО «ПГУ», 2024

© Коллектив авторов, 2024

**В статусе научного журнала издается с 2012 г.**

СОДЕРЖАНИЕ

**Каспарян К.В., Рутковская М.В., Колесников И.Н.**

Отображение социальных сетей и компьютерных технологий во вселенной «Звездных войн» в 1977-2023 гг.: историческая ретроспектива .....4

**Букреева Л.А., Велис Л.А.**

Количественный анализ ольфакторной лексики на примере русского, английского и немецкого языков .....28

**Филимонов В.Ю.**

Большие языковые модели и их роль в современных научных открытиях .....42

**Михайлов И.Ф.**

Концепция рекурсии в когнитивных исследованиях. Часть I: от математики к познанию .....58

**Хомяков А.Б., Чижик Петр**

Новый способ нахождения аналогов как возможность исследования языка, мышления и построения систем искусственного интеллекта .....77

**Барышников П.Н.**

Чем является научное знание, произведенное методами Больших языковых моделей? .....89

УДК 141.3

DOI 10.17726/phillT.2024.1.1



## **Отображение социальных сетей и компьютерных технологий во вселенной «Звездных войн» в 1977-2023 гг.: историческая ретроспектива**

***Каспарян Константин Викторович,***

*кандидат исторических наук, доцент,  
доцент кафедры исторических и социально-философских  
дисциплин, востоковедения и теологии,  
Пятигорский государственный университет  
Пятигорск, Россия  
kasparyan@pgu.ru*

***Рутковская Марина Валерьевна,***

*кандидат философских наук, доцент, доцент кафедры  
исторических и социально-философских дисциплин,  
востоковедения и теологии,  
Пятигорский государственный университет  
Ессентуки, Россия  
rutkovskayam@list.ru*

***Колесников Илья Николаевич,***

*кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры  
исторических и социально-философских дисциплин,  
востоковедения и теологии,  
Пятигорский государственный университет  
Ессентуки, Россия  
in\_kolesnikov@mail.ru*

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию специфических черт отображения социальных сетей и компьютерных технологий в период конца 70-х гг. XX в. – начала 20-х гг. XXI в. в фантастической вселенной «Звездных войн», созданной американским кинематографистом Д. Лукасом. В данной научной работе аргументированы актуальность и научная новизна рассматриваемой проблемы; охарактеризованы особенности влияния социальных сетей и компьютерных технологий в условиях современности; приводится обоснование необходимости анализа отражения

данной проблематики в фантастическом искусстве, как вспомогательном факторе развития прогностической функции науки. Авторы аргументированно объясняют выбор вселенной «Звездных войн» в качестве объекта исследования, с учетом ее значимости в фантастическом жанре, а также с целью опровержения стереотипов, согласно которым «Звездные войны» представляют собой совокупность развлекательных материалов, в которых полностью отсутствует смысловая нагрузка. В исследовании дан анализ принципиальных различий освещения изучаемой проблемы в таких жанрах искусства, как литература и кинематограф, в контексте «Звездных войн». В статье раскрыты особенности эволюции отображения кибернетических технологий и коммуникационных сетевых площадок во вселенной «Звездных войн» в середине 1970-х – начале 2020-х гг., как отражения реального развития научно-технического прогресса, а также в качестве примера воздействия политических, социально-экономических и нравственных факторов на применение онлайн-площадок и компьютерной техники в течение исследуемого периода; на примере вселенной «Звездных войн» рассмотрены особенности трансформации роли специалистов в области высоких технологий через призму отношения к ним деятелей искусства – конкретнее, писателей и кинематографистов. Авторы обратились также к нравственно-этическому аспекту применения компьютерных технологий и социальных сетей, который выявлен деятелями искусства, внесшими значительный вклад в развитие фантастической эпопеи «Звездных войн».

**Ключевые слова:** вселенная «Звездных войн»; авантюрно-философские произведения; дроиды (андроиды); искусственный интеллект; кибернетический организм; комлинг; чипирование; компьютерный эксперт.

## **The mapping of social networks and computer technology in the star wars universe in 1977-2023: a historical retrospective**

***Kasparyan Konstantin Viktorovich,***

*Candidate of Historical Sciences, associate professor,  
Department of Historical and Socio-Philosophical Disciplines,  
Oriental Studies and Theology, Pyatigorsk State University  
Pyatigorsk, Russia*

*kasparyan@pgu.ru*

***Rutkovskaya Marina Valeryevna,***

*Candidate of Philosophical Sciences, associate professor,  
Department of Historical, Socio-Philosophical Disciplines,  
Oriental Studies and Theology,  
Pyatigorsk State University  
Essentuki, Russia  
rutkovskayam@list.ru*

***Kolesnikov Ilya Nikolaevich,***

*Candidate of Historical Sciences, associate professor,  
Department of Historical and Socio-Philosophical Disciplines,  
Oriental Studies and Theology,  
Pyatigorsk State University  
Pyatigorsk, Russia  
in\_kolesnikov@mail.ru*

**Abstract.** This article is devoted to the study of the specific features of the display of social networks and computer technologies in the late 70s of the XX – early 20s of the XXI century in the fantastic Star Wars universe created by American filmmaker D. Lucas. In this scientific work, the authors argue for the relevance and scientific novelty of the problem under consideration. The study examines the peculiarities of the influence of social networks and computer technologies in modern conditions. The article provides a justification for the need to analyze the reflection of this issue in fantasy art as an auxiliary factor in the development of the prognostic function of science. This paper provides a reasoned explanation of the choice of the Star Wars universe as an object of research, taking into account its importance in the fantasy genre, as well as in order to refute stereotypes according to which Star Wars is a collection of entertainment materials in which there is completely no semantic load. The authors analyze the fundamental differences in the coverage of the studied problem in such genres of art as literature and cinema in the context of Star Wars. The article examines the features of the evolution of the display of cybernetic technologies and communication network platforms in the Star Wars universe in the mid-1970s – early 2020s, as a reflection of the real development of scientific and technological progress, as well as an example of the impact of political, socio-economic and moral factors on the use of online platforms and computer technology during the period under study. In this article, using the example of the Star Wars universe, the features of the transformation of the role of specialists in the field of high technology through the prism of the attitude of artists to them – more specifically, writers and cinematographers – are also considered. The article also examines the moral and ethical aspect of

the use of computer technology and social networks, considered by artists who have made a significant contribution to the development of the fantastic epic of Star Wars.

**Keywords:** Star Wars universe; adventure and philosophical works; droids (androids); artificial intelligence; cybernetic organism; comlink; chipping; computer expert.

## Введение

Как представляется, необходимо принять во внимание то обстоятельство, что в условиях современности, т. е. в реалиях постиндустриального общества, значимость социальных сетей и компьютерных технологий становится все более весомой. Например, для всего комплекса наук: точных, естественных, общественно-гуманитарных – кибернетические технологии играют определяющую роль при разработке и совершенствовании баз данных и поисковых систем, хранении и обработке информации. В свою очередь, различные интернет-площадки дают международному научному сообществу возможность участия в конференциях и форумах в любой точке планеты в режиме онлайн.

Именно высокие технологии и социальные сети обеспечили становление и развитие такого всемирного экономического процесса, как глобализация; переговоры между партнерами из разных стран и перевод финансовых средств стали гораздо более быстрыми и удобными процессами благодаря им.

Большое значение для обеспечения национальной безопасности государств в начале XXI столетия имеет активное внедрение в оборонительные системы кибернетических устройств, отвечающих, в том числе, и за стратегическое планирование, и за иные компоненты военной доктрины.

Социальные сети предоставляют к тому же возможность дистанционного обучения на разных уровнях образования, в сфере которого осуществляется интенсивный процесс компьютеризации, и получения стабильного дохода при работе в удаленном режиме. В еще большей степени онлайн-сети играют роль в повседневной коммуникации, с учетом того факта, что сотни миллионов людей по всему миру отдадут предпочтение общению на виртуальных ресурсах.

Следует принять во внимание и то обстоятельство, что весьма большое количество людей, от детей и подростков до представителей пожилого возраста, проявляют все большее пристрастие к сетевым играм разной направленности. Возрастание роли социальных сетей и компьютерных игр влечет за собой формирование и укоренение такого массового феномена, как интернет-культура, с ее особым сленгом, правилами общения и прочими отличительными чертами.

При этом важно учесть тот факт, что процесс создания кибернетических технологий и сетевых коммуникационных платформ был запущен еще в последние десятилетия XX в. и ознаменовал радикальные изменения в технической и информационной сфере.

Безусловно, кибернетические технологии и онлайн-площадки ярко отражают и противоречивость научно-технического прогресса, являясь причиной неврологических заболеваний, сокращения занятости, замкнутости представителей молодого поколения, утрачивающих способность общаться в реальном (офлайн) режиме, ослабления памяти и аналитического мышления в молодежной среде, размывания нравственных ориентиров у наименее морально устойчивых групп подростков и юношества, использования виртуального пространства для распространения экстремистских политических идей и мошеннических манипуляций в экономической сфере.

Представляется логичным, что столь значимый сегмент общественных отношений не мог быть проигнорирован деятелями искусства, которые, как правило, быстро реагируют на общественные изменения и их характерные особенности.

В первую очередь, по вполне объективным причинам, интерес к отображению социальных сетей и высоких технологий в своей творческой деятельности проявляют те мастера, которые работают в фантастическом жанре, поскольку он во многом связан с техническими аспектами развития социума. Кроме того, что следует особенно подчеркнуть, писатели-фантасты и режиссеры, работающие в данном направлении, зачастую выполняют прогностическую функцию, предсказывая создание какого-либо технологического устройства, в том числе – коммуникационного, либо его бурный прогресс в будущем.

Сложно отрицать тот факт, что многие предположения о развитии техники, которые высказывали в своих произведениях



Ж. Верн, Р. Брэдбери, Ф. Карсак, А. Н. Стругацкий и Б. Н. Стругацкий, А. Р. Беляев и другие литераторы-фантасты, в той или иной мере стали реальностью человеческой жизни. В той же степени это относится и к выдающимся кинематографистам, работающим в данном жанре: Д. Родденберри, Д. Кэмерону, Р. Скотту, П. Верховену. Также следует признать, что фантасты в целом поднимают в своих произведениях морально-этические и философские проблемы и зачастую предлагают оригинальные способы их решения.

В немалой степени это относится и к режиссеру и продюсеру Д. Лукасу – автору фантастической вселенной «Звездных войн». Важно отметить, что данная эпопея рассматривается многими несведущими людьми в качестве комплекса произведений, имеющих лишь развлекательную направленность и ориентированных сугубо на извлечение максимальной прибыли. Безусловно, «Звездные войны», как и любой иной образец массовой культуры, носят и коммерческий характер, однако, по своей изначальной сути, которую подразумевал их создатель, они предназначены и на разъяснение точки зрения Д. Лукаса о понимании вопросов Добра и Зла в той интерпретации, в которой они представлены в столь значимой общественной науке, как этика. Данный факт, в свою очередь, явился одним из стержневых факторов, обеспечивших «Звездным войнам» исключительную популярность и сотни миллионов поклонников.

Кроме того, вселенная «Звездных войн» включает в себя не только художественные фильмы, но и большое количество литературных произведений различного формата, графических новелл и компьютерных игр, создание которых началось еще в 1970-х гг. и продолжается в условиях современности. Практически все они в той или иной степени отображают развитие социальных сетей и компьютерных технологий. В определенной мере произведения по «Звездным войнам», в особенности книги, художественные и анимационные фильмы и сетевые игры, являются своеобразным историческим источником, отражающим как сам технический прогресс в изучаемой сфере, так и его интерпретацию в различные временные периоды, относящиеся к эпохе конца 1970-х – начала 2020-х гг.

Таким образом, как представляется авторам данной статьи, изучение процесса отражения онлайн-платформ и высоких технологий во вселенной «Звездных войн» имеет не меньшую актуаль-

ность, чем проведенный в предыдущей работе анализ данной проблемы в фантастической вселенной «Терминатора» Д. Кэмерона.

**Цель работы:** детальное изучение процесса освещения сетевых площадок и кибернетических технологий во вселенной «Звездных войн» в исторической ретроспективе – с середины 70-х гг. XX века до начала 20-х гг. XXI века.

**Материалы и методы исследования:** прежде всего, следует учесть то обстоятельство, что характерные особенности освещения социальных сетевых площадок и высоких технологий в фантастической вселенной «Звездных войн» непосредственно изучены такими экспертами, как Ю. Л. Варшавская, Е. Гоцило, Б. Гоцило, К. С. Декер, Т. И. Ивакин, Д. Р. Муртазина, В. В. Родионова, О. М. Седых, С. А. Слесова, С. Биркрофт, Э. Доусетт, Д. Зер, П. Идальго, Э. Райчеу, Х. Блэкмэн, К.Р.К. Пэттелл, Е. В. Хаецкая, К. Хортон.

Такие исследователи, как Л. В. Баева, М. Глэсси, Б. Грэнт, У. Ирвин, Е. Ю. Козьмина, А. П. Кошкин, С. А. Мельков, А. А. Манахов, Л. Б. Окавка, К. Э. Разлогов, Д. А. Хрюкин, анализируют в своих научных работах общие проблемы интерпретации электронно-вычислительной техники и сетевых коммуникационных систем.

Большую значимость при изучении рассматриваемой в данной работе тематики представляют и труды А. Н. Афанасьева, Б. Н. Баранова, Н. С. Овчинниковой, Д. Р. Паль, в которых дан анализ развития компьютерных технологий и социальных сетей как составной части духовной сферы общественной жизни.

### **Результаты исследования и их обсуждение.**

Мы считаем необходимым отметить, прежде всего, что специалисты расценивают «Звездные войны» не как исключительно развлекательное произведение, а в качестве яркого образца авантюрно-философского жанра, которое характеризуется сочетанием осмысления важных проблем общественного развития с аспектами, направленными на достижение зрелищности [7, с. 149].

Следовательно, уже с учетом данного факта, франшиза, созданная Д. Лукасом, представляет собой нечто большее, чем коммерческий проект аттракционного типа, и подразумевает наличие определенной концепции, которая может являться предметом на-

учного анализа, что признавали, например, исследователи иных франшиз [25, p. 312].

Следует учесть тот факт, что вселенная «Звездных войн» начала свое официальное существование еще до выхода на американские киноэкраны фильма «Звездные войны. Новая надежда» (позднее получившего приставку «Эпизод Четвертый») в 1977 г. В 1976 г. по заказу Д. Лукаса писатель-фантаст А. Д. Фостер выпустил новеллизацию – «Звездные войны», взяв себе в качестве псевдонима имя и фамилию автора фильма [18, с. 84].

Литературное произведение, при этом, отличается от кинематографического тем фактом, что в нем имеется возможность подробно описать мысли и мотивацию героев, окружающую обстановку, а также технические устройства. В своей новеллизации А. Д. Фостер раскрыл, например, технические характеристики электробинокля – устройства, в которое главный герой, Люк Скайуокер, вел наблюдение за боем двух космических кораблей на орбите его родной планеты – Татуина.

Данный прибор был оснащен стереоскопическими линзами и базировался на кибернетической обработке данных, которые фиксировались в его памяти; пользователь получал точную информацию об объеме, массе и иных параметрах наблюдаемого объекта, а также точном расстоянии до него. По существу, в данном случае наблюдается предположение создателей данной фантастической франшизы о создании (в их понимании) в относительно далеком будущем цифровой оптической техники и многофункциональных устройств, которые будут являться средствами наблюдения и сохранения важной информации [21, p. 202].

Роман А. Д. Фостера помог зрителям понять особенности устройства дроидов (андроидов) – роботизированных мобильных организмов, наделенных искусственным интеллектом. Фильм «Новая надежда» и его новеллизация представили вниманию зрителей и читателей различные модели дроидов. В первую очередь, следует обратить внимание на С-3-РО, человекообразную модель, выполняющую функции переводчика и протокольного секретаря [26, p. 76].

С учетом того факта, что данный дроид был способен к коммуникации на шести миллионах языков, следует констатировать, что он был оснащен весьма обширной базой памяти. Сложно не выявить аналогию между С-3-РО и современными роботизированными

ми «умными помощниками», использующимися в человеческом обиходе [24, р. 31].

В свою очередь, механический андроид-техник R2-D2, способный ремонтировать кибернетическую основу управления космическими кораблями и производить взлом внутренних компьютерных сетей, хранить важные данные и транслировать видеоизображение, записанное в его памяти, вызывает ассоциации как с использованием кибернетических устройств в оборонной отрасли, так и с новейшими электронными бытовыми приборами [15, с. 84].

Важно отметить, что R2-D2 был настроен на фиксацию в режиме видео с последующим хранением записанных данных. Благодаря этому старый архивированный файл, случайно обнаруженный Люком Скайуокером уже в зрелом возрасте, продемонстрировал главным героям сцену, в которой отец Люка и Лейи Энакин пытался задушить свою жену Падме.

В результате Люк Скайуокер начал переосмысливать свое жизненное кредо, а его племянник Джейсен Соло получил дополнительную мотивацию для смены политической и морально-философской позиции, что в итоге способствовало совершению им государственного переворота и захвату власти, спровоцировавшим новую гражданскую войну [10, с. 73].

Данная ситуация, описанная в цикле художественных романов «Наследие», выпущенных в период с 2006 по 2010 г., во многом была связана с кибернетическими атаками хакеров, которые совершались на официальные сайты как финансовых организаций, так и военно-оборонительных учреждений. Случай с архивированным файлом являлся отражением высказывавшихся в средствах массовой информации призывов создавать более качественные системы защиты, способные сберечь критически важную информацию от незаконного скачивания [3, с. 13].

Фактически именно в «Звездных войнах» осуществлялась демонстрация массового и дифференцированного применения механических организмов, наделенных кибернетическим разумом. На протяжении нескольких десятилетий в данной фантастической вселенной прослеживается использование дроидов, исполняющих боевые и разведывательные функции, обязанности кулинера, водителя, пилота, строителя, медика, наемника и т.д. [5, с. 105].

Кроме того, анализ дроидов, представленных в данной фантастической вселенной, позволяет констатировать, что значитель-

ная их часть наделена не только умственными способностями, но и личностными качествами: общительностью, любопытством, стяжательством, упрямством, смелостью или малодушием. Как представляется, в данном случае можно проследить тождество с современной политикой компаний, занятых развитием робототехники, в первую очередь – японских, направленной на создание человекообразных роботов, которые в определенной степени отличаются индивидуальностью и способностью к социализации [2, с. 58].

В Эпизоде Четвертом «Новая Надежда» и его литературном воспроизведении была поднята значительная для данной фантастической вселенной нравственная проблема. В сцене, описывающей знакомство Люка Скайуокера и Оби-вана Кеноби с капитаном грузового корабля Ханом Соло и его помощником Чубаккой в кантине Чалмуна на планете Татуин, бармен Вухер требует, чтобы сопровождающие юношу и его наставника дроиды C-3-PO и R-2-D-2 покинули заведение, в котором могут находиться только органические формы жизни [21, р. 194].

На первый взгляд, данный эпизод является юмористическим. Однако такое восприятие ситуации ошибочно. На примере негативного отношения к дроидам Д. Лукас, в частности, стремился вызвать у зрителей ассоциации с существовавшей в тот период в США проблемой дискриминации национальных меньшинств, в особенности – представителей чернокожего населения. Данный вопрос постепенно утрачивал свою остроту, однако оставался предметом обсуждения в широких кругах американского общества [16, с. 343].

Помимо этого, следует учесть и тот факт, что в межавторском цикле литературных произведений «Новый Орден джедаев», опубликованном в 1999-2003 гг. и содержащем двадцать два романа и несколько рассказов, тема негативного отношения к дроидам («дроидофобия», «технофобия») была использована в еще более сложном и значимом контексте. В данном цикле героям приходится бороться с йуужань-вонгами, пришельцами из соседней Галактики, религиозная доктрина которых основана на резком отрицании применения механических устройств и, главным образом, какой-либо электроники.

Соответственно, дроиды, в особенности имеющие человекообразный облик, воспринимаются галактическими агрессорами как проявление наиболее греховной ереси и подлежат тотально-

му уничтожению. Как представляется, в данном случае авторы «Звездных войн» акцентируют внимание не только на ксенофобии как таковой, набравшей силу в 1990-х гг., но и на многочисленных тоталитарных религиозных сектах, ставших в конце XX в. – XXI в. одной из важных угроз стабильности человеческого общества [14, с. 14].

Также важно принять во внимание и то обстоятельство, что дроиды были, в данном контексте, использованы для непосредственного акцентирования внимания на фобиях американского и, в целом, всего западного социума, связанных с искусственным интеллектом [4, с. 15].

При этом, в отличие от своих коллег, создатель франшизы «Звездных войн» стремился доказать зрителям, что искусственный разум может быть использован в благих целях; направленность его деятельности будет зависеть во многом от того, какая программа внедрена в его сознание, иными словами, отрицательные проявления деятельности искусственного интеллекта могут проявляться лишь при его некомпетентном использовании людьми [20, р. 133].

Обратим внимание и на тот факт, что тема дроидов получила развитие в контексте описания кибернетических организмов (киборгов), имеющих внешний вид, идентичный разумным биологическим формам жизни, прежде всего представителям наиболее многочисленной расы – человеческой. Первым литературным произведением, в котором использован подобный персонаж, являлся роман С. Перри «Тени Империи», опубликованный в 1996 г. Киборг по имени Гури, имеющий внешность привлекательной девушки, был создан для работы в качестве телохранителя принца Ксизора, лидера галактического криминального картеля «Черное Солнце» [13, с. 114].

Характерно, что Гури, осознавая, что является существом искусственного происхождения, идентифицировала себя как личность женского пола и испытывала глубокие романтические чувства по отношению к своему работодателю, который, в свою очередь, воспринимал ее лишь в качестве эффективного и дорогостоящего оружия, а также мобильной базы данных, так как электронный мозг киборга содержал большое количество файлов с досье на партнеров и потенциальных конкурентов главы криминальной структуры и на всех крупных государственных и военных деятелей Галактической Империи [6, с. 21].

Киборг Гури была способна подключиться к любому кибернетическому устройству в Галактике и скопировать большой массив необходимых для ее владельца сведений. Целесообразно при этом отметить, что Гури отдавала себе отчет, что владелец не может и не желает воспринимать ее как нечто большее, чем прислуга, однако, при наличии независимого мышления, сохраняла абсолютную преданность Ксизору. В данном случае, как утверждают эксперты, наблюдается яркое проявление философской составляющей вселенной «Звездных войн» – морально-этическая сторона использования кибернетических организмов, наделенных разумом и волей, лишь в качестве инструментов. Важно указать, что, несмотря на совершенный Гури на страницах романа ряд жестоких убийств, она вызывала читательские симпатии своей исключительной преданностью объекту своей любви [17, с. 50].

В Эпизоде Пятом «Империя наносит ответный удар», вышедшем на американские экраны в 1981 г., действовал второстепенный персонаж Денгар – наемник («охотник за головами»), потерявший ряд важных органов в ходе боевых столкновений и заменивший их компьютеризированными имплантами. В романе К. У. Джетера «Мандалорский доспех» (1998 г.) представлен Шубаран – гуманоид, которому, в результате ряда сложных операций, голова заменена на компьютерное устройство, малокалиберное лазерное оружие. Таким образом, в данной фантастической франшизе высказывается предположение, которое частично подтверждено к началу 2020-х гг.: наличие электронно-механических эквивалентов утраченных человеческих конечностей, гибких и подвижных, в отличие от обычных протезов [22, р. 68].

Необходимо учесть то обстоятельство, что уже в эпоху создания классической трилогии «Звездных войн» (Эпизод Четвертый. Новая Надежда; Эпизод Пятый. Империя наносит ответный удар; Эпизод Шестой. Возвращение джедая), иными словами – в середине 1970-х – начале 1980-х гг., в фильмах и книгах вселенной был представлен гипердвигатель (или гипердрайв) – электронное устройство, позволяющее космическим кораблям развивать скорость, многократно превосходящую скорость света [9, с. 1281].

Данный вид двигателя, согласно сложившейся в «Звездных войнах» концепции, функционировал на основе импульсов, исходящих от гамма-лучей – разновидности электромагнетическо-

го радиоизлучения и воздействующих на площадь проводника. Гипердрайв, при этом, является компьютеризированным устройством, практическая деятельность которого зависит от степени профессиональности программирования полета; при этом, что важно принять во внимание, все маршруты, ведущие в различные звездные системы, введены в память бортового кибернетического устройства [19, p. 96].

Заслуживает внимания то обстоятельство, что, по оценкам профессиональных астрофизиков, концепция гипердвигателя и гиперпространства, описанного в данной фантастической франшизе, представлена в наукообразном виде. Данная ситуация объясняется тем, что на ранних этапах творчества Д. Лукас консультировался с известной писательницей-фантастом Л. Брэккетт и ее супругом и коллегой Э. Гамильтоном, имевшим незаконченное высшее образование по специальности «физик» и обладавшим обширными (для периода 1970-х гг.) познаниями в области вычислительной техники [23, p. 143].

Отметим и тот факт, что наличие гиперпространственных устройств на космических летальных аппаратах было описано в американских литературных произведениях еще в 1960-1970-х гг., однако именно в созданной Д. Лукасом фантастической вселенной данный механизм был связан с эффективным функционированием навигационного компьютера, параметры и объем памяти которого зависели от габаритов и иных характеристик межзвездного транспортного средства.

Управление навигационным вычислительным механизмом, согласно логичной концепции «Звездных войн», требует от бортового инженера (и, по совместительству, программиста), отвечающего за данный вид работы, длительного процесса обучения для овладения всем комплексом необходимых умений и навыков [11, с. 95]. Пренебрежительное отношение к получению профессиональных знаний способно привести к катастрофе, что наглядно описано в одном из первых романов данной фантастической вселенной – «Хан Соло в Звездном Тупике», написанном в 1978 г. Б. Дейли. Соответственно, должность бортинженера на космическом летательном аппарате каждого калибра капитан может доверить только опытному и квалифицированному космонавту, чья работа, в свою очередь, оплачивается по наиболее высокому тарифу из всех членов экипажа [8, с. 89].



Следует принять во внимание то обстоятельство, что подробное разъяснение данного процесса в «Звездных войнах» вызвало резкое неприятие ряда критиков в США и за их пределами в начале 1980-х – 1990-х годах. Их замечания были основаны на том, что Д. Лукас и его последователи пытаются действовать в рамках жанра научной фантастики, ориентированной на популяризацию астрономии и астрофизики, которые не имеют отношения к фильмам развлекательного характера [1, с. 46]. Кроме того, в отрицательных рецензиях подчеркивалось, что описание работы бортовых инженеров на космических кораблях и акцент на необходимости долгого и качественного обучения являются констатацией прописных истин, направленных на попытку максимально увеличить объем книжного текста [15, с. 85].

Однако, как представляется, подобные критические замечания не имели существенных оснований. Во-первых, подобные объяснения обеспечивали произведениям и, в целом, всей фантастической франшизе большую реалистичность, что подтверждается как позитивной реакцией читательской и зрительской аудитории, так и мнением другой группы экспертов, настроенных менее скептически по отношению к «Звездным войнам». Данные специалисты акцентировали внимание на том непреложном обстоятельстве, что в любом жанре допустимы предположения о векторах дальнейшего технического прогресса. Во-вторых, в период становления данной фантастической франшизы в США начался процесс массового распространения персональных компьютеров среди рядовых американских граждан. Описание компьютерных технологий, таким образом, являлось, в том числе, и реакцией ее создателей на общественно-экономические процессы, происходившие в стране. При этом многие читатели, в свою очередь, начинали проявлять глубокую заинтересованность в освоении компьютерной техники после ознакомления с произведениями о данной фантастической вселенной [21, р. 182].

Важно отметить, что, согласно сюжету кинематографических и литературных произведений по «Звездным войнам», созданных в последней четверти XX столетия, именно благодаря эффективной работе навигационных компьютерных устройств во время полетов в различные регионы Галактики, в которой происходят события данной франшизы, были обеспечены постоянные контакты между многочисленными расами и государственными об-

разованиями, что, в итоге, способствовало формированию столь сложного и масштабного политического сообщества, как Галактическая Республика. При этом создание безопасных и наиболее эффективных, с точки зрения логистики, гиперпространственных маршрутов явилось заслугой республиканских программистов-навигаторов, чья деятельность, как следует из сюжета вселенной «Звездных войн», в значительной степени упростила освоение навыков профессионального космического пилотажа [26, р. 93].

Кроме того, на технологически развитых планетах, где использовались различные виды средств перемещения – воздушные (флайеры), колесно-гусеничные (краулеры, или кролеры) или транспортные единицы, функционирующие на воздушной подушке (спидеры), они неизменно оснащались бортовыми компьютерами, представляющими собой уменьшенные копии кибернетических устройств, установленных на межпланетных и межзвездных кораблях [19, р. 39].

Освоение подобных транспортных средств, соответственно, требовало наличия профессиональных умений. По существу, «Звездные войны» уже в начале 1980-х гг. явились одной из площадок, которые предугадали появление средств передвижения, оснащенных сложными электронными приборами, в том числе навигаторами, реальность конструирования которых, при этом, подвергалась сомнению в научных кругах до середины 90-х гг. XX в. [15, с. 88].

В начале 1990-х гг. был отмечен новый подъем популярности вселенной «Звездных войн», несколько уменьшившейся за период, прошедший после выхода последнего фильма классической трилогии «Эпизод Шестой. Возвращение джедая», который появился на экранах в 1983 г. Возвращение интереса поклонников к данной фантастической франшизе было вызвано запуском масштабной книжной серии, посвященной событиям, которые происходят после окончания указанной выше кинематографической ленты [22, р. 9].

Начало серии было положено книгами Т. Зана: «Наследник Империи», «Возрождение Тьмы» и «Последний приказ» (1991-1993 гг.). Среди большого числа новых ярких персонажей, созданных автором для исследуемой фантастической вселенной, следует выделить программиста Гента, работающего у Тэллона Карде – одного из авторитетных представителей галактического преступного сообщества [24, р. 198].

Гент наделен узкой специализацией, именуемой на местном жаргоне «ледоруб». В его функции входит незаконное проникновение на серверы военных, коммерческих и прочих организаций. Таким образом, в произведениях Т. Зана была подробно освещена проблема хакерства, уже упомянутая выше [20, p. 71].

Однако гораздо большее значение имело введение писателем в сюжет Голографической Сети (ГолоСети, ГолоНета). Согласно данным, которые привел Т. Зан, данная всегалактическая коммуникационная система была создана по решению Сената Республики за несколько столетий до событий классической трилогии и эпохи приквелов [23, p. 11].

Эффективное функционирование ГолоСети было обеспечено бесперебойной работой нескольких миллионов передаточных аппаратов, расположенных на гиперпространственных маршрутах. Линии ГолоНета были, в целом, надежно защищены. По этой причине сведения, отправленные по данной виртуальной системе, было весьма сложно перехватить. Успеха в подобной деятельности добивались лишь профессионалы уровня вышеупомянутого Гента или дроида RD-D2, оснащенного комплексом устройств, предназначенных для преодоления различных уровней защиты [6, с. 35].

ГолоСеть использовалась Галактическим Сенатом и другими властными структурами для освещения своей деятельности посредством голографических трансляций; в период гражданских войн ГолоНет являлся главным инструментом ведения информационной войны обеими противоборствующими сторонами: Галактической Республикой и Конфедерацией Независимых систем, Галактической Империей и Альянсом повстанцев (позднее – Новой Республикой), в созданном Дисней-каноне – Первым Орденом [24, p. 205].

Жители Галактики использовали данный коммуникационный комплекс для проведения деловых переговоров, неформального общения, участия в сетевых играх, просмотра новостей, голографических художественных и документальных фильмов. В серии романов М. Стэкпола «Разбойная эскадрилья» и А. Оллстона «Эскадрилья-Призрак», вышедших в период 1996-1999 гг., в сюжет были введены персонажи – Сиал Антиллес-Фел и Гарик Лоран («Мордашка»), которые являлись звездами ГолоНета [19, p. 67].

Следует признать тот факт, что отражение ГолоНета как полноценной социальной сети продолжилось и после перехода франшизы во владение компании Дисней. При этом в очередной раз

инструментом реализации данного процесса стали литературные произведения. Новой отличительной чертой сетевых коммуникационных площадок в эпоху Дисней явилось отражение так называемых «повесточных» вопросов. В частности, в романах нового книжного цикла «Звездные войны. Расцвет Республики», события в котором происходят за двести-триста лет до «Эпизода Первого. Призрачная угроза» и начало которому было положено в 2020 г., описываются многочисленные ресурсы ГолоСети, являющиеся каналами общения борцов с расизмом, экологических организаций и прочих социальных групп, которые в реальном современном мире отстаивают различные аспекты указанной выше «повестки».

Характерно, что новые авторы «Звездных войн» отображают данную ситуацию в сугубо положительном ключе. Этот факт подтверждается, помимо всего прочего, и тем, что представители указанных выше сообществ в книгах нового канона позиционируются исключительно в качестве позитивных персонажей. В особенности это относится к Ч. Вендигу, автору трилогии «Последствия» (2015-2017 гг.), чья ультралиберальная позиция, агрессивно изложенная в Твиттере, способствовала его увольнению из компании Марвел [16, с. 344]. Один из героев Ч. Вендига, Синджир Рат-Велус, бывший офицер имперской службы безопасности, яркий образец выходца из одной из указанных выше социальных групп, заявляет, что ГолоНет на протяжении многих десятилетий является символом борьбы за толерантность и основой для противодействия устаревшим традиционным ценностям. Как и сам автор, Рат-Велус нетерпим к лицам, выражающим «непрогрессивные взгляды» [26, р. 236].

Следовательно, можно констатировать, что рассматриваемая в данной работе проблема в условиях современности является отражением социально-политических тенденций, занимающих лидирующие позиции в американском обществе.

В фильмах классической трилогии и их новеллизациях упоминались комлинки – портативные переговорные устройства. В период 1990-2000-х гг. в данной франшизе произошло уточнение их функций и дизайна. Комлинки, согласно обновленной информации, имели обтекаемую форму, были снабжены голографической камерой, большим объемом памяти и обеспечивали прямую связь с любым миром в пределах Галактики. Фактически комлинки следует сравнить со смартфонами, при одном важном отличии – они

не могли обеспечить прямого выхода в ГолоСеть. Можно провести аналогию с современными, усовершенствованными индивидуальными переговорными устройствами, использующимися в вооруженных силах большинства современных государств [24, р. 209].

Возможность применения ресурсов галактической сетевой площадки гражданам Галактики во вселенной «Звездных войн» обеспечивало другое устройство, именуемое датападом (на жаргоне – декой). Данный аналог информационного планшета был предназначен для поисковой деятельности в ГолоНете, хранения фото- и видеоматериалов, работы в сфере графического дизайна, использования в компьютерных играх [12].

Таким образом, творчество писателей, начавших работу во вселенной «Звездных войн» в 1990-х гг., отражало новый для того периода феномен общественной жизни – Интернет, постепенно обретавший все более прочные позиции в вопросах межсубъектной коммуникации.

Сложно отрицать тот факт, что еще в фильме Ф. Ланга «Метрополис» (1927 г.) впервые показано использование видеосвязи. Данное явление нашло место и в пользующейся большим успехом научно-популярной франшизе «Звездный путь» («Стар-Трек»), созданной Д. Родденберри еще в середине 1960-х гг. Однако невозможно игнорировать и то обстоятельство, что именно во вселенной «Звездных войн» применение дистанционного коммуникативного устройства, оснащенного возможностью визуального контакта, было продемонстрировано в наиболее эстетически привлекательном стиле [24, р. 213].

В конце 1970-х – 1980-х гг. видеосвязь в «Звездных войнах» изначально была показана в форме изображения на компьютерном экране, обладающем большой плоскостью и обеспечивающем крупную картинку. Следовательно, была предугадана система связи, созданная на рубеже 2000-2010-х гг., которая базировалась на использовании стационарных компьютеров и ноутбуков [19, р. 15].

В свою очередь, франшиза Д. Лукаса послужила платформой для популяризации голографической связи. Уже в Эпизоде Четвертом «Новая Надежда» зрителям был продемонстрирован голографический проектор (голопроектор), обеспечивающий связь пользователя практически с любой точкой Галактики (за исключением территорий, охваченных колебаниями звезд, провоцирующих серьезные помехи) [23, р. 74].

Таким образом, следует констатировать, что, в определенной степени, в «Звездных войнах» рассматривалась возможность создания качественной дистанционной связи в видеоформате, то есть как и в иных фантастических франшизах, но в более масштабной форме был высказан технологический прогноз, который, по многим параметрам, оказался верным, с учетом тех принципов и возможностей, которыми обладают современные компьютеры, айпады и айфоны, и коммуникационные платформы – Skype, Zoom, Yandex Telemost и др.

Голопроекторы, по понятным причинам, производились в промышленных масштабах и применялись не только для осуществления двусторонней связи, но и в образовательных и развлекательных целях, так как объем их памяти позволял хранить большое количество файлов.

Как следует из романа Д. Волвертона «Выбор принцессы Лейи», написанного в 1996 г., голографические записи могли оставаться в сохранности на протяжении нескольких столетий, причем не только в памяти устройства, но и на компакт-дисках. Относительно дисков следует отметить, что их упоминание было связано с активным внедрением данных накопителей информации в общественную жизнь в период создания рассматриваемого литературного произведения [21, р. 287].

Голографические проекторы были оборудованы таким образом, что обеспечивали формирование объемных копий собеседников в формате 3D. Большая часть данных устройств была оснащена качественными динамиками, что позволяло субъектам коммуникации отчетливо слышать друг друга. Кроме того, голографические изображения могли обретать весьма масштабные размеры [26, р. 150].

Для достижения столь впечатляющего визуального эффекта участникам коммуникационных действий следовало встать на специальные платформы и занять место точно в их центре. Данные платформы обеспечивали и резкое увеличение уровня звука, что также добавляло определенную солидность. Как правило, эта возможность использовалась одним из участников беседы для оказания психологического эффекта на второго из них, в основном – для его устрашения. Подобный прием применял Император Палпатин, а в так называемом новом каноне, созданном после приобретения прав на франшизу «Звездные войны» корпорацией Дисней в начале 2010-х гг., – созданный им Верховный лидер Сноук [7, с. 151].

Голографические проекторы малой мощности обладали значительно меньшим объемом памяти в сравнении со стационарными устройствами. Для увеличения данного параметра к ним подключались голографические рекордеры (иное название – голографические регистраторы). Рекордеры были оснащены функцией записи трехмерных фотоизображений и видеофайлов. Подключение рекордера позволяло сохранять большие видеодокументы, общим объемом в двести часов. Однако данное дополнительное устройство по своей массе превосходило килограмм; его стоимость составляла более тысячи кредитов – сумма, которую большинство граждан Республики / Империи были не в состоянии потратить на подобные нужды [21, p. 269].

В данном случае прослеживается отображение очередной злободневной проблемы. Подробное описание голографических устройств в «Звездных войнах» началось в так называемую Эпоху приквелов, т.е. время создания новой трилогии: «Эпизода Первого. Призрачная угроза»; «Эпизода Второго. Атака клонов» и «Эпизода Третьего. Месть ситхов», в 1999-2005 гг. (созданных при помощи новейших на тот момент компьютерно-графических технологий) [19, p. 196].

В данный хронологический отрезок еще не были введены в эксплуатацию крупномасштабные накопители информации. Например, в 2004 г. журналы, освещающие развитие кибернетических технологий, отметили, как весьма знаменательное событие, создание японскими инженерами жесткого диска, обладавшего памятью в восемь гигабайт и размером не уступавшего среднеформатному книжному тому [24, p. 219].

Следовательно, привлечение внимания читателей к теме с малогабаритными голографическими проекторами и регистраторами в указанный период имело отношение к серьезной проблеме, связанной с ограниченными возможностями по хранению данных, а также пространственной и транспортировочной проблемам, которые были вызваны большими размерами данных устройств [23, p. 201].

По понятным причинам, писатели и кинематографисты, работавшие со вселенной «Звездных войн», не могли не испытывать проблем в подобной ситуации, что нашло отражение в их произведениях. Кроме того, неоднократная фиксация внимания зрительской и читательской аудитории на ценовой стоимости голорекордеров также имела под собой вполне практические обоснования.

Как и в рассматриваемой фантастической франшизе, среднестатистический гражданин зачастую не имел финансовой возможности для их приобретения [20, p. 93].

Наиболее оригинальная концепция, предложенная во вселенной «Звездных войн» в рамках рассматриваемой темы, – биологические технологии. Впервые данная идея была освещена еще в 1993 г., в романе К. Тайерс «Перемирие на Бакуре». В этой книге главные герои сталкиваются с агрессорами из отдаленной туманности – разумной рептилоидной расой сси-руук (шши-руук). Ученые сси-руук научились добывать энергию из живых существ (в первую очередь – разумных) и использовать ее в качестве топлива для энергетических генераторов, вычислительных машин высокой мощности, а также дистанционных переговорных устройств [24, p. 78].

Более масштабные идеи отражены в литературной серии «Новый Орден джедаев», в котором упоминавшиеся выше йуужань-вонги научились выращивать живые аналоги боевых и транспортных кораблей, компьютеров и аппаратов, обеспечивающих коммуникацию на астрономических расстояниях. Следует отметить, что в обоих случаях главной задачей авторов являлась критическая оценка жестоких опытов над людьми и лишения разума доверчивых индивидуумов в религиозных сектах. Однако в данном случае необходимо признать и стремление осветить проблемы ограниченности природных ресурсов и альтернативных вариантов технологического развития [23, p. 204].

### Заключение

Анализ представленных в данной работе материалов позволяет констатировать, что вселенная «Звездных войн» может представлять научный интерес для экспертов, исследующих характерные черты отображения высокотехнологичной вычислительной техники и социальных сетей в искусстве.

В первую очередь, данный вывод базируется на том факте, что осмысление франшизы «Звездных войн» позволяет опровергнуть ошибочный тезис о ее исключительно развлекательной направленности. В реальности, с момента своего создания, данная фантастическая вселенная является авантюрно-философской по своему характеру; соответственно, в ее произведениях поднимаются



различные вопросы морально-этического характера и проблемы, актуальные для того или иного периода времени.

Следует признать тот факт, что франшиза «Звездные войны» оказала содействие в процессе повышения популярности компьютерных технологий и социальных сетей – в первую очередь, посредством отражения их особенностей в кинематографических и литературных произведениях, а также с помощью фактической рекламы высоких технологий, использовавшихся при создании полнометражных фильмов.

В данной фантастической вселенной следует отметить не только своевременную реакцию на изменения в развитии двух данных сфер, но и многочисленные прогнозы относительно их дальнейшего прогресса, часть из которых оказалась точной, в частности относительно все более возрастающей роли социальных сетей в общественной жизни, бурного развития коммуникационных видеоустройств, полномасштабного развития робототехники и искусственного интеллекта.

### Литература

1. Афанасьев А. Н. Дети Интернета. Что они смотрят, и кто ими управляет? М.: Наше Завтра, 2021. 314 с. (Afanasiev A. N. Children of the Internet. What are they watching and who controls them? M.: Nashe Zavtra, 2021. 314 c.)
2. Баева Л. В. Образ киберчеловека в современной науке и культуре // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. 2015. № 1(9). С. 56-69. (Baeva L. V. The image of a cyberman in modern science and culture // Filosofskie problemy informatsionnykh tekhnologiy i kiberprostarnstva. 2015. № 1(9). S. 56-69.)
3. Баранов Б. Н. Социальные сети // Управление. 2020. № 2. С. 12-14. (Baranov B. N. Social networks // Upravlenie. 2020. № 2. – S. 12-14.)
4. Варшавская Ю. Л. Космические киноужасы // Литературная газета. 1977. № 36. С. 15. (Varshavskaya Yu. L. Space movie scenes // Literaturnaja gazeta. 1977. № 36. S. 15.)
5. Гошило Е., Гошило Б. Выцветание красного: бывший враг времен холодной войны в русском и американском кино 1990-2005 годов. СПб.: Academic Studies Press, 2020. 480 с. (Goshilo H., Goshilo B. Fade from Red. The Cold War Ex-Enemy in Russian and American Film 1990-2005. SPb.: Academic Studies Press, 2020. 480 c.)
6. Звездные войны. Только факты; под ред. Т. И. Ивакина. М.: Эгмонт Россия ЛТД, 2016. 72 с. (Star Wars. Just the facts; edited by T. I. Ivakin. M.: E`gmont Rossiya LTD, 2016. 72 s.)
7. Козьмина Е. Ю. Фантастика начала XX века в жанровом освещении // Научный диалог. 2017. № 6. С. 148-157. (Kozmina E. Y. Fiction of the

- early twentieth century in genre lighting // Nauchnyj dialog. 2017. № 6. S. 148-157.)
8. Кошкин А. П., Мельков С. А. Герой в России: кто он? (анализируя современный кинематограф) // Национальные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 1. С. 83-90. (Koshkin A. P., Melkov S. A. Hero in Russia: who is he? (analyzing modern cinema) // Nacional'nye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity. 2010. № 1. S. 83-90.)
  9. Манахов А. А. Фантастика и фэнтези: стилистические различия // Science and education. 2023. Т. 2. № 4. С. 1279-1283. (Manakhov A. A. Science fiction and fantasy: stylistic differences // Science and education. 2023. Т. 2. № 4. S. 1279-1283.)
  10. Муртазина Д. Р. Фильм «Звездные войны» глазами советских критиков // Вестник РГГУ. Серия: Литературоведение. Языкознание. Культурология. 2016. С. 72-76. (Murtazina D. R. The film «Star Wars» through the eyes of Soviet critics // Vestnik RGGU. Serija: Literaturovedenie. Jazykoznanie. Kul'turologija. 2016. S. 72-76.)
  11. Окавка Л. Б. Социальный статус кино как феномена художественной культуры // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. 2021. № 1. С. 94-100. (Okavka L. B. The social status of cinema as a phenomenon of artistic culture // Gumanitarnye issledovaniya v Vostochnoj Sibiri i na Dal'nem Vostoke. 2021. № 1. S. 94-100.)
  12. Овчинникова Н. С., Паль Д. Р. Социальные сети. История. URL.: <https://seclgroup.ru/vse-o-soczialnyh-setyah-vliyanie-na-cheloveka-chast-1> (дата обращения: 19.10.2021). (Ovchinnikova N. S., Pal D. R. Social network. History. URL: <https://seclgroup.ru/vse-o-soczialnyh-setyah-vliyanie-na-cheloveka-chast-1> (data obrasheniya: 19.10.2021).)
  13. Разлогов К. Э. Утопия и антиутопия в мировом кинематографе // Международный журнал исследований культуры. 2012. № 4 (9). С. 112-115. (Razlogov K. E. Utopia and dystopia in world cinema // Mezhdunarodnyj zhurnal issledovanij kul'tury. 2012. № 4 (9). S. 112-115.)
  14. Родионова В. В. Инверсия как особый художественный прием на примере анализа речи героя фильма «Звездные войны» магистра Йоды // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 1. С. 13-14. (Rodionova V. V. Inversion as a special artistic technique based on the example of the speech analysis of the hero of the movie “Star Wars” Master Yoda // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2012. № 1. – S. 13-14.)
  15. Седых О. М. Джозеф Кэмпбелл и зигзаги неофилологизма: от феномена «Звездных войн» к алгоритмам сторителлинга // Вестник Московского университета. Сер. 7. Философия. 2019. С. 77-93. (Sedikh O. M. Joseph Campbell and the zigzags of Neophilologism: from the phenomenon of “Star Wars” to storytelling algorithms // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 7. Filosofija. 2019. S. 77-93.)
  16. Слесова С. А. Специфика объективации концепта «Противостояние» в кинотексте «Звездных войн»: стилистический аспект // Балтийский

- гуманитарный журнал. 2021. Т. 10. № 4(37). С. 341-345. (Slesova S. A. The specifics of objectification of the concept of “Confrontation” in the film text of “Star Wars”: stylistic aspect // Baltijskij gumanitarnyj zhurnal. 2021. Т. 10. № 4(37). S. 341-345.)
17. Хаецкая Е. В. Звездные войны. Тридевятая галактика навсегда. М.: Алгоритм, 2016. 320 с. (Khayetskaya E. V. Star Wars. A galaxy far away forever. M.: Algoritm, 2016. 320 s.)
  18. Хрюкин Д. А. «Сотворение мира»: способы образного моделирования в научно-фантастическом кино // Артикульт. 2014. № 1(13). С. 81-87. (Khryukin D. A. “Creation of the world”: methods of figurative modeling in science fiction cinema // Artikul't. 2014. № 1(13). S. 81-87.)
  19. Beecroft S., Hidalgo P., Dowsett E., Richau E., Zehr D. Star Wars Character Encyclopedia, Updated and Expanded Edition. New-York: DK Children, 2021. 224 p.
  20. Blackman H. The New Essential Guide to Weapons and Technology, Revised Edition (Star Wars). London: Random House World, 2004. 224 p.
  21. Decker K. S. Star Wars and Philosophy More Powerful than you can imagine. New-York: Tor Books, 2005. 320 p.
  22. Glassy M. The Biology of Science Fiction Cinema. Jefferson McFarland, 2001. 281 p.
  23. Grant B. Film genre From Iconography to Ideology. London: Wallflower, 2006. 233 p.
  24. Horton C., Hidalgo P., Zehr D. The Star Wars Book Expand your knowledge of a galaxy far, far away. New-York: DK, 2020. 224 p.
  25. Irwin W. Terminator and Philosophy: I'll be back, therefore I am. New-York: Palgrave Macmillan, 2009. 359 p.
  26. Patell C. R. K. Lucasfilm Filmmaking, Philosophy, and the Star Wars Universe. Manchester: Bloomsbery Academic, 2021. 289 p.

УДК 81-13

DOI 10.17726/phillT.2024.1.2



## Количественный анализ ольфакторной лексики на примере русского, английского и немецкого языков<sup>1</sup>

**Букреева Людмила Александровна,**  
студентка второго курса магистратуры,  
Санкт-Петербургский государственный университет  
Санкт-Петербург, Россия  
*liudmilabukreeva@gmail.com*

**Велис Лолита Андреевна,**  
студентка второго курса магистратуры,  
Пятигорский государственный университет  
Пятигорск, Россия  
*lolla-99@mail.ru*

**Аннотация.** В данной исследовательской работе проведен анализ коллокаций, связанных с понятиями «запах», «аромат», «вонь» и «смрад» в русском и английском языках, с использованием количественных методов и автоматической обработки языка на базе Национального корпуса русского языка (НКРЯ), корпуса английского языка (СОСА) и Мангеймского корпуса для немецкого языка. Полученные статистические показатели позволяют выявить особенности употребления прилагательных, глаголов и существительных, отражающих отношение к ольфакторному опыту в английском, русском и немецком языках. Результаты дают возможность сравнить описания запахов в разных культурах и выявить тенденции в оценке ольфакторных впечатлений. Закономерности в сочетаемости ольфакторной лексики также указывают на тенденцию ключевых слов к приобретению положительной или отрицательной эмоциональной окраски за счет коллокатов.

**Ключевые слова:** количественные методы; автоматическая обработка языка; корпусная лингвистика; семантика запахов.

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-00540, <https://rscf.ru/project/24-28-00540>. The research was funded by Russian Science Foundation No. 24-28-00540, <https://rscf.ru/en/project/24-28-00540>.

## Quantitative analysis of olfactory vocabulary based on the example of Russian, English and German languages

**Bukreeva Lyudmila A.,**

*2d year master student, St. Petersburg State University  
St. Petersburg, Russia*

*liudmilabukreeva@gmail.com*

**Velis Lolita A.,**

*2d year master student, Pyatigorsk State University  
Pyatigorsk, Russia*

*lolla-99@mail.ru*

**Abstract.** In this research work, an analysis of collocations associated with the concepts of “smell”, “aroma”, “stench” and “stench” in the Russian and English languages was carried out using quantitative methods and automatic language processing on the basis of the National Corpus of the Russian Language (NCRL), corpus English (COCA) and the Mannheim Corpus for German. The obtained statistical indicators make it possible to identify the peculiarities of the use of adjectives, verbs and nouns that reflect the attitude to olfactory experience in English, Russian and German. The results allow us to compare descriptions of odors in different cultures and identify trends in the assessment of olfactory impressions. Patterns in the compatibility of olfactory vocabulary also indicate the tendency of keywords to acquire a positive or negative emotional connotation due to collocates.

**Keywords:** quantitative methods; automatic language processing; corpus linguistics; semantics of smells.

### **Введение**

Развитие технологий, позволяющих проводить автоматическую обработку языка, в сочетании с корпусной лингвистикой сегодня значительно облегчает проведение исследований с применением количественного (квантитативного) метода.

Количественному методу в лингвистике противопоставляется качественный, который считается менее точным и более субъективным. Проводя сравнительный анализ двух данных методов,

А. В. Кашеева указывает на то, что количественный включает в себя «дисперсионный анализ и нормальное распределение, кластерный и факторный анализ, регрессионно-корреляционный анализ», в то время как качественный метод сосредотачивается на «исследовании изображений, письменных текстов или записей устных текстов, в ходе которых исследователь пытается выявить единый общий смысл. В лингвистике примерами качественных методов могут служить разговорный и этнографический анализ» [1, с. 155].

Большая вариативность инструментов количественного метода и его распространенность в различных теоретических направлениях приводят к тому, что, как отмечает С. С. Верхозин, данный метод сложно соотнести с конкретными отраслями языкознания. Автор указывает на то, что применение количественных методов и в математической, и в статистической лингвистике порождают вопросы к положению такого направления как количественная лингвистика [2, с. 147]. В рамках математической лингвистики количественные методы применяются при разработке формального аппарата для описания строения языков (искусственных и естественных), в статистической лингвистике применяются вероятностно-статистические методы, позволяющие выделять количественные закономерности в тексте.

При проведении исследований с использованием статистических методов выделяют несколько типов переменных. Количественные переменные в данном случае являются лингвистическими единицами (фонемы, морфемы, слова, словосочетания) [3, с. 772]. Поскольку современные технологии позволяют автоматизировать процесс выполнения количественного анализа, то статистическую лингвистику часто определяют как раздел компьютерной лингвистики.

Возможность быстрой и эффективной обработки больших массивов данных за относительно короткий промежуток времени достигается за счет развития программ, предназначенных для обработки естественного языка. С целью выполнения языковой обработки применяется автоматический анализ, в котором принято различать следующие этапы: 1) графематический; 2) морфологический; 3) синтаксический; 4) семантический [4, с. 301], иногда имеет смысл выделять еще один этап – 5) прагматический [5, р. 8]. Каждый из этапов может сталкиваться с определенными неодно-

значностями, возникающими по причине сложности кодирования всех языковых особенностей.

Таким образом, применение возможностей современных технологий совместно с огромными объемами корпусов открывает большое поле для лингвистических исследований. Сегодня языковые корпусы позволяют проводить лексический анализ при помощи поиска коллокаций, под которыми в корпусной лингвистике понимаются статистически устойчивые словосочетания [6, с. 57]. Под «устойчивостью» в данном случае не подразумеваются фразеологические или идиоматические выражения, которые, однако, также могут встречаться. Важность изучения коллокатов с применением количественных методов обуславливается тем, что числовые показатели способны показать закономерности использования лексики, частотность тех или иных лексически единиц в определенных сочетаниях и контекстах. Данные результаты могут применяться для сопоставления языков и выявления культурных особенностей.

### **Цель, материалы и методы работы**

В рамках данной работы предполагается провести анализ выборки коллокаций к следующим леммам: «запах», «аромат», «вонь», «смрад» и их словарным эквивалентам в английском языке «smell», «aroma», «stink», «stench».

Полученные данные были сформированы автоматически с помощью имеющихся инструментов Национального корпуса русского языка (НКРЯ) и Корпуса английского языка (Corpus of Contemporary American English – COCA).

В Национальном корпусе русского языка для составления выборки применялся инструмент «портрет слова», из которого отбирались 15 наиболее частотных примеров. Коллокации подбирались по трем признакам: имя существительное с расстоянием, равным 4; глагол и прилагательное с расстоянием –4 и 4. Выборка сортировалась по параметру t-score, данный параметр «вычисляет частоту совместной встречаемости ключевого слова и его коллокатов» [7].

В корпусе COCA использовалась функция поиска коллокаций. Для прилагательных и глаголов было выставлено расстояние от –4 до 4. При поиске существительного для предотвращения неправильного автоматического семантического анализа (корпус

выдавал примеры, где исходное слово выступало в качестве глагола, а не существительного) было принято решение расширить поисковый запрос предлогом «of» («smell of», «aroma of» и т.д.). Это объясняется тем, что данная конструкция в английском языке (N+of+N) выполняет функцию родительного падежа в русском языке. Расстояние для поиска существительного равнялось 4. Выборка сортировалась по количеству частотных вхождений.

### Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку при формировании выборки в НКРЯ список оформлялся с помощью t-score, а не по количеству вхождений, то лексемы в русскоязычной выборке не всегда чередуются от большего количества вхождений к меньшему. Тем не менее, интересным кажется тот факт, что корпус СОСА, обладающий базой данных, равной 1 млрд, имеет приблизительно одинаковое (иногда меньшее) число вхождений коллокатов в сравнении с основным корпусом НКРЯ (374 млн на 2024 год).

При анализе русско- и англоязычных прилагательных видно, что количественный показатель вхождений в русском языке уменьшается в зависимости от ключевого слова «запах» – «аромат» – «вонь» – «смрад», что может обуславливаться несколькими причинами: 1) употребимость ключевого слова («запах», будучи более нейтральным и общеупотребительным словом, используется значительно чаще «аромата», который положительно окрашен и используется ситуативно, отрицательно окрашенные «вонь» и «смрад» используются реже); 2) в русском языке видна тенденция чаще характеризовать с помощью прилагательных нейтральные или положительно окрашенные лексемы («запах», «аромат») и не описывать отрицательно окрашенные.

	НКРЯ	частотность	СОСА	частотность	НКРЯ	частотность	СОСА	частотность
	запах / smell – прилагательные				аромат / aroma – прилагательные			
1.	свежий	632	sweet	621	тонкий	241	sweet	140
2.	сильный	570	bad	361	нежный	158	fresh	74
3.	неприятный	504	strong	360	приятный	145	rich	73



4.	приятный	479	fresh	275	свежий	137	pungent	72
5.	острый	438	burning	249	пряный	116	wonderful	61
6.	сладкий	405	faint	207	сладкий	103	strong	54
7.	тяжелый	404	musty	173	сильный	90	delicious	52
8.	резкий	394	hot	172	теплый	80	faint	49
9.	густой	340	familiar	158	полный	83	heady	48
10.	теплый	339	warm	156	легкий	77	pleasant	45
11.	знакомый	331	sour	150	душистый	72	spicy	41
12.	крепкий	315	thick	148	густой	70	floral	31
13.	тонкий	283	sharp	147	новый	82	warm	30
14.	легкий	276	wet	144	особый	68	baked	28
15.	кислый	249	pungent	138	весенний	52	earthly	25

Квантитативность английских лексем также показывает тенденцию к снижению «smell» – «aroma» – «stink» – «stench». Однако данные таблицы дают интересные результаты: разрыв между первой и последующими лексемами с точки зрения частотности практически кратен двум при ключевых словах «smell», «aroma» и почти шести для «stink». Т.е. «stink» встречается чаще, чем «stench», только в сочетании с прилагательным «big». Из этого следует, если результаты автоматической выборки английского корпуса не ложны, что лексема «stink» имеет прочную частотную связь лишь с одним прилагательным и практически не используется в других вариациях. Такое поведение лексемы «stink» при сопоставлении с ее русским эквивалентом «вонь» может говорить в пользу того, что не всегда корректен перевод только с учетом подбора эквивалента.

Несмотря на то, что прилагательные к слову «stench» изначально имеют невысокие показатели, их уменьшение происходит не так стремительно, как у «aroma» или «stink», что может свидетельствовать о большей описательной и коннотативной вариативности лексемы «stench» и, напротив, невысокой вариативной возможности для «stink».

В сравнении с русскоязычной выборкой видно, что английские лексемы имеют тенденцию более сильного соединения с конкретным прилагательным, о чем свидетельствует разрыв между первым и последующими словами, чего не наблюдается в русскоязычной выборке. Разрыв в употреблении между нейтральным «smell» и положительно («aroma») или отрицательно («stench», «stink») окрашенными словами свойственен как русскому, так и английско-

му языку, т.е. лексема «smell» также более общеупотребима из-за своей изначальной нейтральности. Однако количество прилагательных для отрицательных слов в английском языке больше, т.е. неприятные запахи англоговорящее население описывает так же часто.

	смрад / stench – прилагательные				вонь / stink – прилагательные			
1.	нестерпимый	23	rotting	55	нестерпимый	44	big	120
2.	удушливый	20	foul	41	ужасный	34	brown	21
3.	невыносимый	20	burning	40	невыносимый	31	sweet	15
4.	тяжелый	20	overwhelming	33	кислый	30	dead	13
5.	густой	19	strong	31	страшный	28	terrible	13
6.	трупный	17	dead	29	бензиновый	19	huge	10
7.	страшный	14	awful	26	едкий	18	sharp	9
8.	отвратительный	12	acrid	24	отвратительный	18	foul	9
9.	тяжкий	12	horrible	19	густой	18	rotting	9
10.	черный	12	sweet	18	тяжелый	17	heavy	8
11.	человеческий	11	thick	18	удушливый	16	rotten	8
12.	полный	10	overpowering	18	трупный	15	sweaty	8
13.	вонючий	9	terrible	17	человеческий	14	familiar	7
14.	ужасный	9	unbearable	17	гнилой	12	chemical	7
15.	великий	9	heavy	15	жуткий	12	sour	7

Выборка глаголов показала, что, как и в случае с существительными, частотные характеристики в русском языке уменьшаются от большего к меньшему: «запах» – «аромат» – «вонь» – «смрад».

В англоязычной выборке происходят следующие изменения: коллокации к слову «smell» являются наиболее частотными и разрыв между словами (начиная от первого и заканчивая четвертым) достаточно значителен. Показатели для «aroma» падают незначительно в отличие от «stink» и «stench», однако мы видим, что по количественному употреблению глагола «stink» превосходит «aroma», что в данном случае свидетельствует о том, что воздействие отрицательного ольфакторного опыта в английском языке встречается так же часто, как и положительного, чего нет в русском языке.

Примечательно, что лидирующим в русском языке является коллокат «быть», в то время как в английской выборке его эквивалент «to be» не встречается. Можно предположить, что это опять же связано с автоматическим анализатором, который по тем или иным причинам: 1) либо распознает данный глагол в английском языке как вспомогательный (что возможно из-за грамматического строя английского языка) и включает его в список «стоп-слов», т.е. не учитывающихся при подсчете; 2) либо конструкции типа «N+to be+ N» редко используются при описании запаха, что кажется маловероятным.

	запах / smell – глагол				аромат / aroma – глагол			
1.	быть	1778	love	400	вдыхать	242	smell	129
2.	вдыхать	567	fill	299	быть	269	fill	103
3.	пахнуть	456	waft	202	источать	102	waft	81
4.	стоять	486	breathe	145	пахнуть	102	inhale	59
5.	чувствовать	451	notice	135	дышать	98	release	37
6.	почувствовать	427	mix	117	напоить	87	flavor	36
7.	иметь	444	hang	116	распространять	78	carry	30
8.	идти	445	rise	111	наполнять	76	mingle	26
9.	пропитать	379	hate	107	пропитать	68	produce	25
10.	слышать	320	remind	91	благоухать	64	cook	25
11.	исходить	302	inhale	91	наполнить	61	mix	23
12.	издавать	300	cook	90	цвести	60	bake	23
13.	распространять	268	burn	82	веять	57	enjoy	22
14.	напоминать	270	linger	76	вдохнуть	56	rise	22
15.	ощущать	233	detect	71	обладать	57	breathe	22

	смрад / stench – глагол				вонь / stink – глагол			
1.	быть	77	smell	99	быть	124	make	215
2.	стоять	41	fill	49	стоять	54	raise	85
3.	дышать	29	rise	35	нести	25	smell	48
4.	идти	25	waft	25	исходить	21	cause	20
5.	пахнуть	20	emanate	22	задыхаться	19	rise	16
6.	исходить	19	hang	20	пахнуть	18	fill	15
7.	задыхаться	18	ignore	20	стать	22	blow	13
8.	наполнять	15	carry	16	идти	20	wash	12
9.	нести	15	burn	16	пропитать	15	throw	11
10.	гореть	14	notice	14	распространять	12	hang	11
11.	гнить	12	over-power	14	чувствовать	13	notice	8

12.	наполнить	12	blow	13	тянуть	12	complain	8
13.	распространять	9	mix	13	дышать	12	burn	7
14.	подниматься	9	permeate	12	пойти	14	ignore	6
15.	удушать	8	emit	11	обдаты	11	mask	6

Рассматривая выборку существительных, для более точных результатов НКРЯ появилась необходимость помимо метки «существительное» добавлять метку «родительного падежа», т.к. без данного параметра появляется большое количество «зашумлений», т.е. неправильно распознанного коллоката автоматическим анализатором в русском языке. Так, в списки попадали такие слова: «запах», «дух», «вкус», «цвет», «аромат» и др., что в принципе невозможно, т.к. порождает либо тавтологию, либо лишнее семантики словосочетание.

Выборка с меткой родительного падежа дала количественно более низкие результаты. При этом надо обратить внимание на некоторые погрешности анализатора:

1) слово «дух», представленное в начальной форме, при рассмотрении примеров на самом деле в большинстве своем реферировало к «духИ», т.е. парфюмерному изделию;

2) слово «цвет» также в большинстве своем относилось к слову «цветок»;

3) слово «мочь» – на самом деле неправильно подобранная начальная форма к слову «моча».

Для «смрада» не набралось 15 коллокатов. Коллокат «червь» оказался также «зашумлением», т.к. это слово часто встречалось рядом, но как однородный член предложения.

Говоря о выборке, представленной к слову «вонь», стоит отметить, что неожиданно появляющееся «благоухание» действительно встречается в текстах 6 раз, однако в одном и том же зафиксированном виде «в воню благоухания духовного», что на самом деле говорит о высокой ситуативности (религиозный дискурс) и, следовательно, нераспространенности в повседневной речи данного словосочетания.

В английском языке «aroma» и «stink» показали низкую сочетаемость с существительными, в отличие от «stench», у которого большая часть коллокатов относится к семантическому полю тела и смерти.

Помимо прямой референции к источнику запаха в английском языке также появляются такие метафорические выражения, как «smell of success», «stench of failure», «stink of exhaust», «stink of fear».

Со словом «аромат» в русском языке сочетаются различные лексемы. Большая часть из них относится к природе и растениям в обобщенном смысле – «цветок», «трава», «лес», «сад», «дерево» и т.д., реже встречаются отсылки к конкретным цветам – «роза», «фиалка». В английском «аромат» имеет больше коллокаций с напитками и едой. Данный показатель подтверждает отсутствие полных синонимов в языках, т.к. английское «аромат» тематически не соответствует в применении русской лексеме «аромат».

	запах / smell of – существительное				аромат / aroma of – существительное			
1.	дух (духи)	589	smoke	258	цветок	253	coffee	68
2.	трава	439	blood	192	дух (духи)	174	bread	24
3.	пот	410	coffee	155	трава	121	smoke	18
4.	дым	405	death	146	роза	82	food	16
5.	цветок	376	grass	126	кофе	53	flowers	15
6.	земля	354	sweat	121	лес	48	tobacco	15
7.	гарь	327	oil	109	сад	45	spices	14
8.	кровь	287	food	107	земля	42	oil	13
9.	масло	234	fish	104	цвет (цветы)	40	beans	12
10.	тело	216	earth	92	дерево	36	beef	12
11.	табак	208	flesh	91	фиалка	34	bacon	12
12.	мясо	198	meat	91	зелень	30	meat	12
13.	хлеб	198	hair	87	весна	29	garlic	10
14.	рыба	191	success	84	хвоя	28	turkey	10
15.	вода	197	urine	84	сено	28	wood	10

	смрад / stench of – существительное				вонь / stink of – существительное			
1.	труп	14	death	80	грязь	13	sweat	15
2.	тело	13	flesh	50	тело	13	smoke	14
3.	мясо	9	blood	33	мясо	9	fish	12
4.	<b>червь</b>	8	decay	31	труп	8	cigarettes	11
5.	разложение	8	urine	26	масло	7	fear	9
6.	дым	7	bodies	21	<b>благоухание</b>	6	oil	8
7.	испарение	6	smoke	19	нечистота	6	death	7
8.	грех	6	fish	15	уборная	6	flesh	7
9.	смерть	6	sweat	15	<b>мочь (моча)</b>	6	shit	7
10.	земля	6	garbage	14	рот	6	urine	7

11.	гниение	5	failure	12	кожа	6	exhaust	6
12.			manure	12	газ	6	failure	6
13.			rot	10	перегар	5	fuel	6
14.			sewage	10	солярка	5	breath	5
15.			corpses	9	краска	5	body	5

Для сравнения также была произведена попытка получения частотного списка слов на немецком языке. Поскольку авторам на момент исследования не были известны немецкоязычные корпуса, предоставляющие возможность подсчета частотности в интерфейсе самого корпуса, было принято решение провести статистический подсчет на базе Мангеймского корпуса немецкого языка (COSMAS) при помощи языка программирования Python и библиотеки spaCy.

Код для обработки контекста получал на вход языковой материал в виде 10 тысяч примеров со словом «Geruch» («запах»). Чтобы осуществить необходимую синтаксическую разметку текста, было необходимо для начала токенизировать текст, то есть разделить его на более мелкие единицы, в данном случае на слова. Инструменты библиотеки spaCy предоставляют простой и эффективный способ сделать это при помощи предварительно обученной немецкой языковой модели (de\_core\_news\_sm). При употреблении синтаксической разметки происходит извлечение необходимых лексем, составляющих контекстное окружение слова «Geruch».

Прилагательное	Частотность	Глагол	Частотность	Существительное	Частотность
Beißend	194	Liegen	255	Tod	24
Unangenehm	191	Steigen	156	Mensch	19
Übler	180	Verbreiten	121	Buch	15
Stechend	117	Wahrnehmen	111	Frau	14
Streng	111	Kommen	103	Meer	14
Süßlich	97	Hängen	98	Tier	13
Stark	96	Nehmen	98	Fleisch	11
Muffig	95	Verströmen	90	Mann	10
Typisch	89	Ziehen	78	Wasser	10
Penetrant	82	Bemerken	72	Pflanze	10
Intensiv	69	Haben	67	Leiche	10
Modrig	61	Schlagen	58	Verwesung	10

Angenehm	58	Machen	51	Grauen	9
Würzig	53	Dringen	51	Geld	9
Scharf	47	Bleiben	46	Feuer	8

В таблице представлена частота использования прилагательных, глаголов и существительных в сочетании со словом «Geruch» (запах) в немецком языке. Самыми частотными являются прилагательные «beißend» (едкий, резкий, образованное от глагола «beißen» (кусать)), «unangenehm» (неприятный), «übel» (дурной) и «stechend» (острый), использующиеся для описания отрицательных впечатлений от запаха.

Самый частотный глагол, употребляемый со словом «Geruch» (запах) в немецком языке, – «liegen» (лежать). Запах, распространяющийся в воздухе, описывают следующие по частотности глаголы: «steigen» (подниматься) и «verbreiten» (распространяться).

Среди существительных частотными оказались природные источники запахов: «Meer» (море), «Tier» (животное), «Fleisch» (мясо), телесные запахи «Mensch» (человек), «Frau» (женщина). Слово «Tod» (смерть), вероятно, употребляется в контекстах, связанных с запахом разложения, которое тоже присутствует в списке частотных («Verwesung» (разложение)) наряду со словом «Leiche» (труп). Так, существительные в контекстах обнаруживают большое разнообразие источников запахов, от природных явлений до человеческой деятельности. В выборку немецких существительных, как и в русском языке, попало некоторое количество неправильно распознанных коллокатов. Например, в список попадали такие существительные, как «Geschmack» (вкус), «Farbe» (цвет) и «Lärm» (шум).

Таким образом, представленные частотные списки коллокатов могут представить нам, какими способами в немецком языке описываются запахи, включая их интенсивность, качество и происхождение.

## Выводы

Применяя количественный метод в исследовании перцептивной лексики, можно говорить как о его достоинствах, так и недостатках. С одной стороны, частотные показатели позволяют сравнить большие объемы материала, выявлять тенденции и за-

висимости в разных языках. Через сопоставление становятся еще отчетливее детали, которые в прочих условиях могли бы остаться незамеченными. С другой же стороны, возникает сложность подбора и сопоставления материала.

Во-первых, тот факт, что для русской и англоязычной выборки используются разные корпуса, уже накладывает отпечаток на качество сопоставления, поскольку неизвестны ни временные, ни количественные, ни жанровые соотношения материала.

Во-вторых, автоматический машинный подсчет, очевидно, допускал ошибки, сопоставляя с ключевым словом лексемы, не имеющие с ним связи, согласно запрашиваемым синтаксическим и семантическим требованиям. Таким образом, полученные списки из пятнадцати слов являются приблизительными.

В случае с англоязычным корпусом возникает еще больше сомнений. В приведенном перечне не только неясно, на каком количестве материала была подготовлена выборка, но и вызывают недоверие количественные показатели, поскольку они часто уступают русскоязычному корпусу. При том, что объем НКРЯ меньше, чем СОСА.

Несмотря на наличие погрешностей, можно говорить о том, что благодаря частотному анализу возможно сопоставление ольфакторных картин мира, отраженных в разных языках. Количественный метод позволяет утверждать, что в трех приведенных языках ольфакторный опыт имеет тенденцию преимущественно описываться с положительной или отрицательной коннотацией, т.е. при описании ольфакторных впечатлений реципиент стремится дать запаху оценку, которая достигается за счет прилагательных, экспрессивных глаголов или, что менее эмоционально выражено, существительных.

Более того, при сопоставлении англо- и русскоязычной выборки видно, что для существительных с изначально нейтральной или положительной окраской («запах», «аромат», «smell», «aroma») набор наиболее частотных прилагательных в большинстве своем схож. Лексика, применяемая с отрицательной коннотацией, чаще всего в качестве источника указывает на человека, животных, резко пахнущие растения или нечистоту, что свойственно для всех рассматриваемых в статье языков. Поэтому можно говорить о том, что ольфакторная картина мира в русском и английском языках с точки зрения отношения к приятным и неприятным запахам от-



личается не слишком сильно, хотя и очевидны различия в употреблении слов, считающихся переводческими эквивалентами («аромат» – «агома»).

Первичные показатели обработки немецкой выборки также показывают схожесть с англо- и русскоязычной выборкой, однако есть смысл проведения дальнейшего сопоставления по остальной ольфакторной лексике.

### *Литература*

1. Кашеева А. В. Квантитативные и качественные методы исследования в прикладной лингвистике // Социально-экономические явления и процессы. 2013. № 3 (049). С. 155-162.
2. Верхоzin С. С. О статусе количественных методов в лингвистике // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. 2013. № 3 (24). С. 145-150.
3. Гречачин В. А. Статистические методы в исследовании текстов // Вестник Башкирского университета. 2018. № 3. С. 772-775.
4. Кочеткова Н. А. Статистические языковые методы. Коллокации и колликации // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2013. № 16. С. 301-305.
5. Lee R. S. T. Natural Language Processing: A Textbook with Python Implementation / R. S. T. Lee, United International College: Springer Nature, 2023. 436 с.
6. Павельева Т. Ю. Изучение коллокаций на основе лингвистических корпусов текстов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2016. № 3-4 (155-156). С. 56-61.
7. Палийчук Д. А. Корпусные технологии в изучении коллокаций (на примере сервисов «antconc» и «sketchengine») // Studia Humanitatis. 2020. № 2.

УДК 167.5

DOI 10.17726/phillT.2024.1.3



## Большие языковые модели и их роль в современных научных открытиях

**Филимонов Владимир Юрьевич,**

*аспирант Института подготовки кадров высшей  
квалификации, Пятигорский государственный университет  
Пятигорск, Россия*

*fil2016vo@yandex.ru*

**Аннотация.** Сегодня большие языковые модели являются очень мощным информационно-аналитическим инструментом, значительно ускоряющим большинство существующих методов и методологий обработки информационных процессов. Особую значимость в этом качестве получает научная информация, в которую постепенно вовлекаются мощности больших языковых моделей. Такое взаимодействие науки и качественно новых возможностей работы с информацией приводит нас к новым, уникальным научным открытиям, их большому количественному многообразию. Происходит ускорение научного поиска, сокращение временных затрат на его осуществление – высвободившееся время можно потратить как на решение новых научных проблем, так и на научное творчество, которое хотя может и необязательно привести к конкретному решению того или иного научного вопроса, но способно продемонстрировать красоту науки в различных дисциплинарных направлениях. В результате взаимодействие больших языковых моделей и научной информации – это одновременно и поиск-решение научных проблем, и научное творчество. Решение задач требует возможности эффективной обработки больших данных, что нельзя осуществить без эффективного метода. Одним из значимых методов стала архитектура Transformer, представленная в 2017 году и комплексно интегрированная в модель GPT-3, которая, по состоянию на сентябрь 2020 года, являлась самой крупной и продвинутой языковой моделью в мире. Поэтому GPT-3 можно назвать базисом большинства научных разработок, осуществляемых в контексте использования больших языковых моделей. Взаимодействие науки и больших языковых моделей стало фактором возникновения большого количества вопросов, среди которых можно выделить такие: является ли результат анализа данных новым знанием, каковы перспективы научного творчества в эпоху больших вычислений. В настоящее время эти вопросы крайне значимы, поскольку

именно они позволяют выработать основы эффективного взаимодействия человека и компьютера. Поэтому в данном исследовании производится анализ представленных вопросов.

**Ключевые слова:** большие языковые модели; LLM; научное открытие; компьютерный алгоритм; анализ данных; результат анализа данных; научное творчество; большие вычисления; искусственный интеллект.

## Large language models and their role in modern scientific discoveries

*Filimonov Vladimir Yuryevich,*

*postgraduate student*

*at the Institute of Top-Qualification Personnel Training,*

*Pyatigorsk State University*

*Pyatigorsk, Russia*

*fil2016vo@yandex.ru*

**Abstract.** Today, large language models are very powerful, informational and analytical tools that significantly accelerate most of the existing methods and methodologies for processing informational processes. Scientific information is of particular importance in this capacity, which gradually involves the power of large language models. This interaction of science and qualitative new opportunities for working with information lead us to new, unique scientific discoveries, their great quantitative diversity. There is an acceleration of scientific research, a reduction in the time spent on its implementation – the freed up time can be spent both on solving new scientific problems and on scientific creativity, which, although it may not necessarily lead to a specific solution to a particular scientific problem, but is able to demonstrate the beauty of science in various disciplinary areas. As a result, the interaction of large language models and scientific information is at the same time a research for solutions to scientific problems, scientific problems, and scientific creativity. Solving scientific problems requires the ability to efficiently process big data, which cannot be done without an effective method – one of the significant methods was the Transformer architecture, introduced in 2017 and comprehensively integrated into the GPT-3 model, which, as of September 2020, was the largest and most advanced language model in the world. Therefore, GPT-3 can be called the basis of most scientific developments carried out in the context of using large language models. The interaction of science and large language models has become a factor in the emergence of a large number of questions,

among which are: «Is the result of data analysis new knowledge?», «What are the prospects for scientific creativity in the era of big computing?». Currently, these issues are extremely important, because they allow us to develop the foundations for effective human-computer interaction. Therefore, this study analyzes the issues presented.

**Keywords:** large language models; LLM; scientific discovery; computer algorithm; data analysis result; scientific creativity; Big Data; artificial intelligence.

## 1. Обзор научных открытий, сделанных при помощи LLM, за период с 2019 по 2024 г.

Научные открытия, сделанные при помощи LLM, начинают постепенно видоизменять традиционное представление о научной деятельности, как о деятельности, связанной с исключительной ролью человека или человеческого коллектива в научных изысканиях. Роль человека сопрягается в этом контексте с компьютерным алгоритмом, мощность которого на современном этапе развития техники и технологии позволяет взять «часть научной работы, научного поиска» на себя, сокращая, таким образом, трудовые и временные затраты на осуществление научно-исследовательской деятельности.

Области «научного прорыва» LLM начинают постепенно расширяться. Это достигается не только количественным образом – разработкой LLM-алгоритмов под каждую конкретную задачу, но и качественным образом – переносом LLM-алгоритма из одной научной отрасли в другую (или другие).

Поскольку практически любая научная отрасль связана с моделированием процесса вычислений – числовых и пространственных, то первоочередной значимостью характеризуются LLM-алгоритмы, связанные с областью математических знаний. Одним из таких алгоритмов является система FunSearch [1], выраженная в интеграции предварительно обученной LLM с системным оценщиком, где LLM дает базу алгоритмов в виде компьютерных программ, а оценщик выделяет из этих программ наиболее эффективные; затем эффективные программы опять передаются в LLM – так совершенствуется работа алгоритма «FunSearch». Благодаря

LLM «FunSearch» были решены две задачи – классическая задача из чистой математики «проблема множества крышек», а также задача об оптимальной упаковке контейнеров. Последнюю задачу можно интерпретировать как междисциплинарную, поскольку она определяется не только предметной математической значимостью, но также сосредотачивает в себе ценность для прикладной информатики. Вместе с тем, сам фактор возможности обучения компьютерной программы «внешним агентом» сопрягается с условной областью «алгоритмической компьютерной дидактики», которая, в свою очередь, может нести в себе алгоритмическую ценность для традиционной дидактики, образуя возможности контекстного видоизменения образовательной системы в соответствии с теми или иными задачами. Таким образом, алгоритм напрямую трансформируется в средство решения социальных проблем.

Современные «математические LLM» не ограничиваются лишь решением проблем, связанных с числовыми комбинациями или числовым моделированием, – большую важность представляет также и решение проблем пространственно-геометрического характера, разработка которых, в настоящий момент, является достоинством LLM-системы AlfaGeometry от DeepMind [2]. Одним из ключевых направлений этой LLM-системы является решение сложных геометрических задач олимпиадного уровня. AlfaGeometry способна состязаться с золотым медалистом Международной математической олимпиады (IMO). Данный LLM-алгоритм справляется с 25 олимпиадными задачами за установленное время с опережением предыдущей системы на 15 позиций. Если, по негативной оценке, этот алгоритм может привести к отсутствию необходимости организации математических соревнований или, как конечный результат, к полному исчезновению профессии математика, то в положительной оценке математические соревнования, как и сама профессия, могут быть подвергнуты некоторым видоизменениям. Обучающиеся получают возможность посоревноваться с компьютерным алгоритмом в решении определенных задач, причем оцениваться может самостоятельность решения какой-либо определенной геометрической задачи LLM в ее исходном исполнении в сравнении с использованием обучающимся какой-либо ее версии в решении аналогичных задач. Кроме того, LLM может упростить процесс проверки решений олимпиадных задач, освободив время на проработку контекста вопроса олим-

пиадной задачи. Таким образом, несколько изменится профессия математика как учителя или преподавателя, занятого в методологии решения олимпиадных задач, или же в различных разделах или уровнях математики – от школьного до высшего уровня. Соответственно, упрощается работа и профессиональных математиков, где контекст решения пространственно-геометрической задачи является сборником LLM-алгоритмов, успешно справившихся с решениями более простых композиций или конструкций задач, связанных с исходной.

Продолжением работы компании DeepMind над совершенствованием «математических LLM» явилась разработка программного продукта AlphaTensor [5], нацеленного на алгоритмическую оптимизацию операции матричного умножения. Данная операция на вопросно-проблемном уровне задействуется в вычислительной технике, где постоянно требуется повышение эффективности расчетных операций. AlphaTensor можно представить как игровой программный алгоритм, направленный на поиск решения с наикратчайшей цепочкой ходов. При этом он не является предварительно обученным – изначально, перед вхождением в игру, ему ничего не известно о характере алгоритмизации заданной матричной операции. AlphaTensor, как алгоритмический поисковик, стал настоящим конкурентом человеческой логики и научной интуиции, даже своеобразной «научной насмотренности».

Математика определяется постановкой не только проблемно-алгоритмического контекста поиска решения задачи, но также и теоретико-доказательного контекста, где проблема представлена определенной теоремой, нуждающейся в доказательстве. По мере усложнения математики, усложняются и теоремы (в упрощенном виде как набор каких-либо конечных алгоритмов) и, соответственно, доказательства этих теорем – они становятся более объемными. Эта проблема не может не привлекать к себе программные возможности ее решения. В первую очередь, в этом контексте стоит отметить использование программного продукта Coq для доказательства теоремы Фейта-Томсона, известной также как «теорема о нечетном порядке» [3]. Областью функционирования теоремы является математический раздел «Теория групп». Следует отметить, что программная разработка этой теоремы производилась до разработки архитектуры «Трансформер», а следовательно, лишена достоинств оптимизации в действующем вычислительном кон-

тексте больших языковых данных, поэтому особой значимостью определяется оптимизация действующего алгоритма доказательства в контексте эмуляции работы Coq на платформе LLM с архитектурой «Трансформер» или в рамках интеграции в LLM-механизм алгоритма «FunSearch».

Решение научных задач в области математики тесным образом взаимосвязано с решением аналогичных задач в рамках физической науки. Характерным примером тому является система SciNet [4], которая на математической базе способна анализировать экспериментальные физические разработки. В частности, с помощью этой системы исследована специфика периодического обратного орбитального движения Марса, что ранее являлось препятствием для гелиоцентрической интерпретации мироздания. Предметно астрономический аспект решенной задачи SciNet позволяет создавать формульно-алгоритмическую базу разработки схожих алгоритмических задач из других естественнонаучных дисциплин.

Вместе с тем, совместные физико-математические наработки могут помочь в решении задач в такой передовой отрасли, как квантовая механика, и в сопряженном с ней анализе квантовых систем. «Физики из МФТИ, ФТИАН и Университета ИТМО создали нейронную сеть, которая предсказывает, «глядя» на схему узлов и связей, будет ли та обладать квантовым преимуществом. Проще говоря, подходит ли ее конфигурация (граф) для создания на ее основе квантовых систем. Если чуть сложнее, дадут ли квантовые блуждания внутри этой схемы выигрыш в скорости вычислений» [6].

Также в части физических LLM стоит отметить, что разработан, реализован и протестирован алгоритм трехмерной сейсмической инверсии на основе машинного обучения с использованием трехмерного сверточного моделирования в глубинной области для создания обучающего набора данных и нейронной сети U-Net для реконструкции модели трещин [17].

Сопряжение научных достижений из математики и физики может стать значимым толчком для развития такой важной научной отрасли, как биология. Это можно выразить в современном достижении компании DeepMind в нейросетевой разработке алгоритма AlphaFold, способного прогнозировать 3D форму практически любой белковой структуры [15], с учетом количественного множества таких структур, превышающего 200 миллионов молекул.

«Высокие гуманитарные технологии основаны на применении высоких технологий управления техническими объектами в условиях динамики и неопределенности к решению задач инновационного развития в условиях быстрых изменений» [13]. На основе этого свойства проистекает то обстоятельство, что, несмотря на значимость исследований LLM в точных и естественных научных областях, следует отметить тот факт, что все они, в той или иной мере, базируются на кодификации языковых единиц, где язык представляет собой не меньшую ценность в сравнении с сопрягаемой дисциплинарной логикой изложения научного материала.

В этой связи образуется актуальность развития «прямых языковых LLM». Так, например, Российское историческое общество и «Сбер» при участии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института РАН в 2020 году инициировали конкурс по расшифровке рукописного наследия Петра I с помощью искусственного интеллекта. Его итогом явилась разработка программного продукта «Digital Петр», обученного на датасете из 10 000 строк и позволяющего распознавать рукописи Петра I с помощью компьютерного зрения [14]. Точность распознавания является впечатляющей и составляет 97,6%, что значительно превышает точность известного аналога данной системы «Transkribus» в размере 68,1%. Распознавание производится в 5 этапов: поиск строки, анализ строки, извлечение признаков, анализ последовательности и финальное формирование текстовой строки с транскрипцией рукописного текста.

## **2. Является ли результат анализа данных новым знанием?**

Если анализ данных сопрягается с такими категориями, как «информация», «данные» и «знания», то крайне важно представлять контекст дефиниций этих понятий. «Данные состоят из базовой, неочищенной и, как правило, нефилтрованной информации. Информация – это гораздо более точные данные, которые эволюционировали до такой степени, что стали полезными для той или иной формы анализа. Знание находится в пользователе... это происходит только тогда, когда человеческий опыт и проницательность применяются к данным и информации» [7].



Анализ данных можно представить как естественный процесс обработки компьютерным алгоритмом какого-то определенного набора информации, где, по итогу, получается определенный результат – данные, но несколько видоизмененной формы. Группировка этих данных способна, через некоторую цепь преобразований, свести их к знанию, где знание представимо как «то, что выражается обоснованным, общезначимым, интерсубъективным предложением или системой таких предложений» [10]. В свою очередь, важно представить также свойства нового знания. «Новое знание – совокупность сведений о существовании каких-либо объектов или их свойств, о процессах и явлениях действительности, ранее не известных науке и не входящих в существующую на какой-либо данный момент систему человеческих представлений о мире» [11, с. 605].

Анализ данных, как функциональная система, сопряженная с поиском знания, приводит к следующему вопросу: является ли результат анализа данных новым знанием? Здесь мы должны прийти к двум моделям:

1. Тождественность анализа данных и нового знания. На основании условия тождественности возникает вопрос: при введении каких-либо условий можно ли достигнуть равенства между анализом данных и новым знанием или нельзя? Функционально роль анализа данных и нового знания могут совпадать, что можно выразить в предметной привязке к научной литературе: «Анализ данных можно определить как процесс поиска скрытых закономерностей и генерации новых знаний. Анализ данных – междисциплинарная область знаний, находящаяся на стыке математики, теории алгоритмов и информационных технологий» [8, с. 5]. «Анализ данных используется для получения новых знаний об изучаемом объекте (процессе, явлении)» [9, с. 6]. Тождественность анализа данных и нового знания может достигаться посредством использования функциональных возможностей такого субагента, как датификация. Новый термин «датификация» определяет процесс преобразования привычных для нас форм восприятия действительности в цифровую форму, что обеспечивает возможность получения новых знаний для решения самых разных задач [9, с. 5]. Датификация позволяет обернуть анализ данных в процесс – в цифровой процесс, благодаря которому можно достигнуть его тождественного представления с новым знанием. Этот процесс, в таком случае,

является как бы балансировщиком между анализом данных и новым знанием – в нужный момент он сопрягает проблемы и задачи каждой из систем, образуя между ними межсистемную тождественную связь. В результате анализ данных и новое знание – это необязательно прямая тождественная связь; ее достижение может быть результатом взаимодействия некоторого количества субагентов, связывающих внутренние объекты и процессы анализа данных и нового знания на уровне межсистемного взаимодействия.

2. Нетождественность анализа данных и нового знания. Если анализ данных может приводить к новому знанию, то в каких случаях этого может не происходить? Как было установлено ранее, знание требует применения человеческого опыта к данным и к информации, и получается, что отсутствие знания сопрягается с неиспользованием этого самого опыта. В случае же нового знания анализ данных, в таком случае, должен сосредотачиваться вокруг входящих в существующую на какой-либо данный момент систему человеческих представлений о мире. Таким образом, если анализ данных, его результат, попросту повторяет какую-либо систему представления человека об окружающей действительности, то отсутствует тождественность этого анализа с новым знанием. Однако может ли быть такое, что анализ данных в своей основе не задействует человеческий опыт? В таком случае он должен либо отсутствовать, либо иметь альтернативу – например, выражаться в «машинном опыте». Если машинный опыт и человеческий опыт можно представить как тождественные, тогда результат анализа данных должен приводить к новому знанию или с применением человеческого опыта, или с применением машинного опыта. Возникает вопрос: «А может ли машинный опыт не быть тождественным человеческому опыту в течение какого-либо промежутка времени?». Такая ситуация возможна, если машинный опыт породил какое-то определенное количество метафор, которые в установленный промежуток времени не были каким бы то ни было образом интерпретированы человеком, не образовали его опыт. То есть самостоятельная работа машины с данными, которые человеку нужно будет в дальнейшем интерпретировать, во временные промежутки отсутствия самой интерпретации или ее проведения, не является новым знанием как таковым.

Если информация представляет собой точные данные с потенциальной полезностью для их непосредственного анализа, то,

в случае представления результата анализа данных в качестве информации – набора каких-то точных данных для последующего анализа, является ли такая информация новым знанием? С введением в возможную тождественную связь анализа данных и нового знания субагента в виде «информации» действительно ли эта связь возникает? Результатом анализа данных может быть не новое знание, а просто уже имеющееся и действующее знание, которое контекстуально может быть сопряжено с информацией в ее заданной характеристике – на этом этапе переход от анализа данных к новому знанию не представляется возможным. В то же время, если продолжить эту цепь, где информация будет переходить в другую информацию и поступательно укрупняться как система, то в какой-то момент времени результат анализа данных такой информации потребует их машинной интерпретации, которая, в свою очередь, уже будет нуждаться в «человеческой интерпретации», происходящей не сразу, – поэтому, на этом этапе, возникают предпосылки для тождественности анализа данных и нового знания.

В рассматриваемом контексте увязки тождественности и нетождественности анализа данных и нового знания также возникает вопрос: «Может ли анализ данных и новое знание быть одновременно тождественными и нетождественными (при разных внешних условиях для тождественности и нетождественности)?». Иными словами, при различных условиях переход из анализа данных в новое знание может быть как возможным, так и невозможным. Все будет зависеть от того, какие данные используются изначально, нужно ли их интерпретировать и кому изначально их проще интерпретировать – человеку или же машине. Поэтому допускается ситуация, что анализ одних данных может сопрягаться с получением нового знания, в то время как анализ других данных, в своем абсолюте, – не представлять собой какое-то новое знание, а быть новым лишь в локальном смысле. Но если знание является новым в локальном представлении, то оно должно сохранять свои интересубъективные качества – иначе оно перестает быть знанием как таковым – то есть общезначимый и локальный ценностный компоненты нового знания, в конечном счете, должны быть уравнены – через тот или иной период времени.

### 3. Перспективы научного творчества в эпоху больших вычислений

Большие вычисления позволяют качественным образом упрощать модели работы с наукой, с научным творчеством и со всеми производными от них категориями.

1. Научная «насмотренность». Научное творчество является результатом анализа большого количества научных данных, которые в индивидуальном познании деятеля науки можно свести к профессиональной «насмотренности». Благодаря большим вычислениям отдельные компоненты такой «насмотренности» могут быть подвержены многообразным группировкам, приводящим к неким «уникальным группировкам», способным быть оформленными в качестве нового научного опыта или быть его основанием. Платформами развития научной «насмотренности» могут быть практически все легально действующие интернет-ресурсы, которые способны выполнять функции исходной функции или исходного концентрата научного исследования; индивидуальная группировка интернет-ресурсов также носит ценностный научный характер, позволяя выстраивать алгоритмы логических цепочек продвижения научного знания в научных отраслях и на их стыках.

2. Соревновательные научные изыскания. Одним из способов выражения научного творчества является соревновательная деятельность, где качество научного творчества сопоставляется с некоторой системой критериев и оценок, обусловленных самими условиями соревнования. В данном случае характерным примером может являться олимпиадная деятельность по определенному научному предмету, где успешность прохождения олимпиады оценивается системностью подходов к решению той или иной олимпиадной задачи. Олимпиадная деятельность может значительным образом ускорить научный поиск, в особенности если он связан с возможностью применения каких-либо больших вычислительных технологий на базе научного базиса той или иной дисциплины. На уровне организации школьного олимпиадного движения большими перспективами ускорения научного поиска обладают ежегодно проводимые на базе международного математического турнира «Турнир Городов» летние конференции. Как отмечается на портале турнира, «одна из целей конференции – приобщить способных школьников к решению задач исследовательского ха-

рактера» [16]. Участники, успешно справившиеся с заданиями олимпиады, решают математические задачи исследовательского характера, некоторые из которых связаны с открытыми математическими проблемами. Оценивается наибольшее продвижение по каждой из предложенных задач в рамках проекта. Работа над проектом может быть как индивидуальной, так и командной. Задачи могут носить междисциплинарный характер и представлять ценность не только для математики, но также и для физики, химии, биологии, информатики и т.п. То есть допускается возможность разработки в рамках конференции задач, способных продвигаться в решении тех или иных алгоритмических проблем в контексте больших вычислений. В случае возможной интеграции конференции с сессионными мероприятиями на базе крупных российских IT-организаций, таких как «Яндекс», «VK», «Сбер» и др., становится возможной разработка задач, решающих одновременно и корпоративные проблемы той или иной компании, с перспективой дальнейшего трудоустройства наиболее успешных участников конференции или участников, справившихся с проектом или определенной проектной задачей, которая предоставлена конкретной IT-организацией.

3. Иммерсивные научные изыскания. Виртуализация и геймификация повышают возможности удаленного моделирования «ограничителей» научного исследования или же создания всех необходимых условий для его проведения или осуществления экспериментальной научной работы. Ценность иммерсивных научных изысканий заключается в возможности неограниченного видоизменения условий эксперимента без нанесения опасного вреда всем задействованным в процессе исследования объектам или внешней среде в целом (за исключением вырабатываемой в процессе работы тепловой энергии от компьютерных элементов, нуждающейся в контроле, или вероятных иных пагубных мероприятий, связанных с работой компьютерной техники под нагрузкой).

4. «Машинное обучение машинного обучения». Обучение компьютерных программ выполнению различных операций различными внешними алгоритмическими агентами формирует вопрос, связанный с возможностью количественной оценки реализации таких вложенных циклов обучения, – того, какой объем компьютерных программ необходимо обучить исходным алгоритмом для решения задачи. Таким образом, научное творчество в решении

исследовательских задач может сводиться как раз к оценке оптимальности таких «компьютерных вложенностей», анализу того, как видоизменяется эффективность решения задачи в монолитной или микросервисной архитектуре организации работы компьютерных программ в решении научной задачи. Помимо непосредственной оценки роли компьютерных программ в этом процессе, также возникает вопрос, связанный с местом человеческого оценщика в анализе системы машинного обучения, – того, на каких этапах необходимо вводить человека в анализ работы компьютерного алгоритма. Научное творчество позволяет представить это качество в виде экспериментальной работы в эмулируемых программных средах для определенных задач, где относительная оценка научного творчества сопоставима с изменчивостью роли человека-оценщика в таком программном моделировании. Конструкт «машинное обучение машинного обучения» непосредственно сопрягается с конструктом детерминированной каузальности, где «всякое вычислимое состояние определяет последующее вычислимое состояние» [12].

5. Робот как носитель больших вычислений. Прорыв в области техники и технологии с использованием LLM-систем также состоит в возможности их практически безграничного технического использования, что позволяет напрямую задействовать их практически в любом роботизированном механизме. Таким образом, LLM-системы способны получать более выраженную материальную оболочку, что расширяет возможности научного творчества путем не только работы с программной платформой LLM-системы, но также с ее прямыми компонентными узвязками с теми или иными робототехническими механизмами. Человек может определять, в какой мере робот может сам манипулировать данными, получаемыми из LLM-системами; какие именно механизмы могут быть увязаны с внешним контролем LLM, а какие необходимо оставить в прямом доступе «к человеческому контролю» и т.п. Кроме того, робот как возможный носитель некоторых человеко-социальных признаков способен упростить определенные процессы моделирования социальных взаимодействий, которые, как известно, на естественно-экспериментальном уровне крайне сложны – как для производства, так и для последующих воспроизведения и интерпретации. То есть становится возможным моделирование различных социально-управленческих моделей на их роботизированном приближении, где можно замкнуть алгоритмическую цепь – со-

циальный алгоритм, в виде исходных данных, манипулирующих деятельностью LLM, получает роботизированную материальную оболочку и материально воспроизводится, отождествляясь в управленческой модели, которая, при необходимости, его видоизменяет и оставляет в прежнем, но уже оцененном, виде, выраженном как «потенциальное исходное данное» для дальнейшего применения в аналогичных или сторонних LLM-системах. Таким образом, можем снова перейти к модели «машинное обучение машинного обучения».

6. Большие вычисления как прямые агенты научного творчества. Несмотря на все указанные тенденции, эпоха больших вычислений сама дает подсказку, что следует рассматривать в качестве основного агента научного творчества – это большие вычисления. Исследования ресурсов, которые могут подкреплять эти вычисления: природных, финансовых и т.п.; алгоритмов, локально и системно оптимизирующих эти вычисления; самих людей, которые будут технически и культурологически обслуживать эти вычисления, – концентрируют внимание на больших вычислениях как на естественном запросе общества, его объективной потребности в стремлении к более совершенным формам общественного прогресса.

Таким образом, большие языковые модели – это эффективный инструмент научного поиска и научного творчества. И в том, и в другом случае большие языковые модели как бы «сталкиваются» с проблемой того, насколько их можно воспринимать в качестве самостоятельного агента – насколько они могут быть независимы от человеческой деятельности. К этому сводится процесс поиска ответа на вопрос: «Является ли результат анализа данных новым знанием?». То есть то, что нашла машина, – это новое знание? Как было отображено в исследовании, процесс поиска ответа на этот вопрос сводится к тому, когда взаимодействуют человек и машина. Кроме того, важно, к какому объему информации есть доступ – как у человека, так и у машины. Поэтому ответ на вопрос «Является ли результат анализа данных новым знанием?» является скорее контекстуальным. И да, и нет. При этом сохраняется актуальность поиска наибольшего количества «контекстов» – как для первого ответа, так и для второго. Если первый вопрос исследования – это скорее вопрос области научного поиска, то второй вопрос – «Каковы перспективы научного творчества в эпоху больших вычислений?» – это вопрос области научного творчества, от-

вет на него может быть свободен и ограничен только фантазией его исследователя.

В результате оба рассмотренных в исследовании вопроса сохраняют свою актуальность с точки зрения более контекстуального рассмотрения: затрагивание обоих вопросов как перспективы научного исследования позволяет сохранять баланс между стремлением к стандартизации научного поиска и субстандартизации основанного на нем научного творчества.

### *Литература*

1. Romera-Paredes, B., Barekatin, M., Novikov, A. et al. (2024) Mathematical discoveries from program search with large language models. *Nature* 625, P. 468-475.
2. Trinh, T.H., Wu, Y., Le, Q.V. et al. (2024) Solving Olympiad geometry without human demonstrations. *Nature* 625, P. 476-482.
3. Gonthier, G. et al. (2013) A Machine-Checked Proof of the Odd Order Theorem. In: Blazy, S., Paulin-Mohring, C., Pichardie, D. (eds) *Interactive Theorem Proving. ITP 2013. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7998. Springer, Berlin, Heidelberg.
4. Iten, R., Metger, T., Wilming, H., del Rio L., Renner R. (2020) Discovering Physical Concepts with Neural Networks. *Phys. Rev. Lett.* Vol. 124, P. 1-6.
5. Fawzi, A., Balog, M., Huang, A. et al. (2022) Discovering faster matrix multiplication algorithms with reinforcement learning. *Nature* 610, P. 47-53.
6. Melnikov, A. A. (2019) Predicting quantum advantage by quantum walk with convolutional neural networks. *New Journal of Physics*, Vol. 21, No. 12. P. 1-11.
7. Liew, A. (2007) Understanding Data, Information, Knowledge And Their Inter-Relationships. *Journal of Knowledge Management Practice*. Vol. 7, P. 1-10.
8. Поручиков М. А. *Data analysis*. Samara: Izd-vo Samarskogo universiteta, 2016. 88 с.
9. *Data analysis technologies* / Садовникова Н.П., Щербakov М.В. Volgograd: VolgGTU, 2021. 75 с.
10. Никифоров А.Л. Analysis of the concept of «knowledge»: approaches and problems // *Epistemology & Philosophy of Science*. 2009. № 3. С. 61-73.
11. Касавин И. Т. *Encyclopedia of Epistemology and Philosophy of Science*. М.: «Kanon+», ROOI «Reabilitaciya», 2009. 1248 с.
12. Барышников П.Н. Metaforicheskie osnovaniya komp'yutacionalizma v kognitivny`x nauках i filosofii soznaniya // *Filosofiya nauki i texniki*. 2018. № 2. С. 61-72.
13. Барышников П. Н. *Filosofiya it, high-hume i ... mifologiya* // *Filosofskie problemy` informacionny`x texnologij i kiberprostranstva*. 2012. № 1. С. 15-23.



14. Digital Пётр – Распознавание рукописей Петра I с помощью компьютерного зрения // SberAI. <https://fusionbrain.ai/digital-petr>.
15. AlphaFold reveals the structure of the protein universe // Google DeepMind. <https://deepmind.google/discover/blog/alphafold-reveals-the-structure-of-the-protein-universe>.
16. Летние конференции Турнира городов // Международный математический Турнир Городов. <https://turgor.ru/lktg>.
17. Технология обработки сейсмических данных на основе асимптотических методов и методов машинного обучения для поиска и описания трещиноватых коллекторов // Российский научный фонд. <https://www.rscf.ru/project/21-71-20002>.

УДК: 165.62

DOI 10.17726/philIT.2024.1.4



## Концепция рекурсии в когнитивных исследованиях. Часть I: от математики к познанию

*Михайлов Игорь Феликсович,*

*доктор философских наук, ведущий научный сотрудник,*

*Институт философии РАН*

*Москва, Россия*

*ifmikhailov@iph.ras.ru*

**Аннотация.** В статье обсуждаются различные подходы к понятию рекурсии и его эволюция от математики к когнитивным исследованиям. Рассматриваются такие подходы как: самовстраиваемые структуры, многоуровневые иерархии с использованием одного и того же правила и встраивание структур в структуры. Предлагается концепция мета-рекурсии. Исследование мета-рекурсии может объяснить возможность применения рекурсивных процессов к многоуровневым иерархиям, при этом рекурсивные процедуры действуют как генераторы. Эти типы рекурсивных процессов могут быть фундаментальными элементами общих когнитивных способностей. Автор также кратко обсуждает роль вероятностных подходов в современных рекурсивных когнитивных теориях. Предполагается, что иерархический механизм познания демонстрирует своего рода мета-рекурсию в том смысле, что рекурсивные нейронные петли могут поддерживать некоторые примитивные рекурсивные когнитивные процессы, которые, в свою очередь, объясняют рекурсивность языковых грамматик, пространственной ориентации, социального познания и т.д. Исследование показывает, что использование нескольких подходов к пониманию феномена рекурсии может обеспечить более полное понимание сложности рекурсии, поскольку она играет важную роль в таких областях, как язык, математика и когнитивная наука.

**Ключевые слова:** рекурсия; когнитивные исследования; самовстраиваемые структуры; иерархические структуры; мета-рекурсия.

## The Concept of Recursion in Cognitive Studies. Part I: From Mathematics to Cognition

**Mikhailov Igor Felixovich,**

*Doctor of Philosophy, Leading researcher,  
Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences  
Moscow, Russia*

*ifmikhailov@iph.ras.ru*

**Abstract.** The paper discusses different approaches to the concept of recursion and its evolution from mathematics to cognitive studies. Such approaches are observed as: self-embedded structures, multiple hierarchical levels using the same rule, and embedding structures within structures. The paper also discusses the concept of meta-recursion. Examining meta-recursion may enable understanding of the ability to apply recursive processes to multi-layered hierarchies, with recursive procedures acting as generators. These types of recursive processes could be the fundamental elements of general cognition. The paper also briefly discusses the role of probability in current recursive approaches to cognition. It is conjectured that the hierarchical mechanism of cognition demonstrates a kind of meta-recursion in the sense that recursive neural loops may support some primitive recursive cognitive processes, which in turn account for recursiveness of language grammars, space orientation, social cognition, etc. The study indicates that using multiple approaches to understand the phenomenon of recursion can provide a more complete understanding of the complexity of recursion, as it plays a significant role in fields like language, mathematics, and cognitive science.

**Keywords:** recursion; cognitive studies; self-embedded structures; hierarchical structures; meta-recursion.

If one has no sense of humor, then, at least,  
one should have a sense of having no sense of humor.  
(attributed to) *Stanisław Jerzy Lec*

What is known as Cognitive Science (CS) started from the conjecture that cognition is essentially computation conceived as algorithmic manipulation with whatever may be assessed as symbols. In turn, theories of computation and computability, as evolved since the edge of XIX-XX centuries, started from attempts to solve Gilbert's decidability problem initially basing on the earlier theory of recursive functions.

The Church's Thesis is often interpreted as the statement of equality of the class of computable functions to the class of partially recursive ones. These circumstances could induce a belief that recursion is somewhat crucial to understanding the realm of the cognitive as well. And, indeed, recursion has been seen by Noam Chomsky as a substantial mechanism fundamental for human linguistic capacities, while today we see a certain number of publications envisaging recursive nature of mind and consciousness. A reservation should be made, however, that recursive mechanisms that facilitate our mental lives are seen as more complex now. In the first part of the review, I outline the history of discussions in brief and give some advances to the importance of the subject for cognitive studies.

### Discussions in mathematics

According to Soare [1], the concept of recursive functions evolved in mathematics through the works of various mathematicians such as Dedekind, Hilbert, Skolem, Ackermann and R. Peter from 1888 to 1951. The current meanings of 'recursive' derive from the verb 'recur' that means 'to return to a place or status', or the concept of 'definition by recursion', which is defined as 'definition by induction.' The term 'recursive' is presently used in the field of mathematics in at least four different ways, which are summarized in the following disambiguation:

- <...>The current meanings of recursive and recursion are these:
- (i) recursion is used with meanings derived from the verb 'recur,' <...>;
  - (ii) recursion is used in the sense of 'definition by recursion' (i.e., definition by induction) <...>;
  - (iii) following Kleene 1936 and Church 1936 the term 'recursive' denotes 'general recursive' and any of its mathematically equivalent formal variants, such as 'Turing computable,' ' $\lambda$ -definable,' 'specified by a Post 1944 normal system,' or Kleene's ' $\mu$ -recursive'.
  - (iv) 'recursive' is used to mean any of the informal variants of Definition 1.1 such as '(intuitively) computable,' 'effectively calculable,' 'defined by a mechanical process,' or 'specified by an algorithm.' [1, p. 310]

The  $\mu$ -recursive functions, partially recursive functions and general recursive functions are different classes of computable functions.

A function is said to be  $\mu$ -recursive if it can be obtained through primitive recursion schema and unbounded minimization schema. Partially recursive functions are a class of functions that contain the computable partial functions, which are obtained from the total recursive functions by blocking the output values of the function at some points. General recursive functions have a different definition. Here, ‘general recursive’ refers to any algorithmically computable function, and recursive implies being defined by means of finite compositions of the following three fundamental operations: initial functions, composition operators, and primitive recursion schema.

The class of partially recursive functions is equal to the class of computable functions. This is known as the Church-Turing thesis. It states that if an algorithm exists to compute a mathematical function, then a Turing machine can be constructed to compute that function as well, and vice versa. The definition of partially recursive functions by primitive recursion and unbounded minimization schema is equivalent to the definition of computable functions, which can be computed by a Turing machine. Hence, the class of partially recursive functions is equivalent to the class of computable functions, and any function that can be computed by any recognizable system of computation, such as register machines, counter machines, or Markov algorithms, can be computed by any other recognizable system of computation with at most a polynomial increase in running time.

The Church-Turing thesis states that a function is computable by an effective method if and only if it is computable by a Turing machine. As is shown in [2] the notion of ‘effectively computable’ was formalized first by Church using functions expressed in the lambda calculus, and later by Turing using machines. Church and Turing showed that their models for computation were equivalent in the sense that they capture the same class of functions, which are now known as the recursive or computable functions. The authors also mention that there are other formalizations of the notion of ‘effective computability’, such as the partial recursive functions, which are equivalent to Turing machines and the lambda calculus.

The Self-reference lemma, also called the Fixed-point lemma or the Diagonalization lemma, establishes that for any formula  $Q(x)$  that describes a property of a numeral, there exists a sentence  $W$  that is logically equivalent to the sentence  $Q(\ulcorner W \urcorner)$ <sup>1</sup>. Gödel’s incompleteness theorems

<sup>1</sup>  $\ulcorner W \urcorner$  stands for a numeral of a Gödel number of  $W$ .

rely heavily on self-referential constructions like this. Additionally, the halting problem for Turing machines is undecidable, in part, because of the possibility of recursive loops in their operations [2, p. 135].

An important reservation was given by Kleene in [3, p. 187-188]: The idea, and imagery, of an ‘oracle’ was introduced by Turing 1939 pp. 172-173 in defining the computability of one fixed number-theoretic predicate from another. (He could just as well have talked about their representing functions, taking as values 0 for truth and 1 for falsity.) Kleene 1952 (at the 1950 International Congress) adapted this idea to define the recursiveness (or computability) of a function ...

According to Soare, this novation started continuous discussion on ‘relative computability’, or ‘relative reducibility’, which eventually allowed for stating that, using *Turing reducibility* ‘(denoted  $A \leq_r B$ ), we say that two sets  $A$  and  $B$  have the same *information content* or have the same *Turing degree* if  $A \leq_r B$  and  $B \leq_r A$ .’ [1, p. 302]. This remark, in my view, opens an interesting perspective on cognitive representations, as I will try to show in a forthcoming part of this article.

### A more general view

An interesting attempt to provide a comprehensive account of the concept of recursion, its relation to inductive definitions and mathematical induction, and its use in cognitive science is made by Sergio Mota in [4], where he presents an in-depth exploration of the concept of recursion and its relevance to cognitive science research.

In his view, recursion, inductive definitions, and mathematical induction are related concepts that are often conflated. Recursion refers to a function defined by induction, which involves defining a function for an argument by using its previously defined values and simpler functions. Inductive definition, on the other hand, involves defining a set in terms of its elements, similar to how natural numbers are defined. Mathematical induction is a proof technique that allows one to establish the truth of an infinitely many statements. While these concepts share similarities, the author warns that they should not be conflated.

Recursion and self-involvement are conceptually related in that recursion often involves self-embedding or self-reference. For example, a function defined by recursion may call itself as part of its definition. This kind of self-reference or self-embedding is often a hallmark of

systems that exhibit recursive behaviour. However, it is important to distinguish between recursion and self-reference, as they are not necessarily the same thing.

Mota reviews the Chomskian approach to recursion, which ‘emphasizes the origin of recursion in the formal sciences, and applies it to characterize the mechanical procedure which underlies the language faculty’ [4, p. 89]. But he also mentions three non-Chomskian approaches:

1. *Self-embedded structures*: This approach sees recursion as the ability to embed structures within structures of the same kind, creating a sort of self-reference. For example, a sentence like ‘the cat that chased the mouse that ate the cheese’ is recursive because it contains nested clauses of the same form. This approach also includes self-embedded structures like fractals, in which the same pattern is repeated at different scales. The self-embedded structures approach to recursion emphasizes how the ability to embed structures within structures of the same kind creates a sort of self-reference, and views recursion as a property of such structures. This approach recognizes that recursive structures can take many different forms, including linguistic structures, as well as structures found in mathematics and computer science. It also acknowledges that recursive structures are found in nature in the form of fractals, which are self-similar patterns at different scales. Overall, this approach highlights the importance of self-embedding as a key characteristic of recursive behaviour.
2. *Multiple hierarchical levels using the same rule*: This view emphasizes the ability to represent multiple levels of structure using the same set of rules. For example, a tree structure in which each node can have many children can be represented using the same ‘recursive’ rule to create new nodes at each level. This approach is commonly used to understand hierarchical structure in general and is not limited to language. The multiple hierarchical levels using the same rule approach to recursion emphasizes the ability to represent multiple levels of structure using the same set of rules, often leading to complex hierarchical structures. This approach is not limited to language but is also commonly used to understand hierarchical structure in many other domains, such as mathematics, computer science,

and biology. For example, a fractal pattern can be created using a simple recursive rule that generates the same pattern at different scales. In general, this approach highlights the importance of using the same set of rules at multiple levels to create complex hierarchical structures.

3. *Embedding structures within structures of the same kind*: This approach is similar to the self-embedded structures approach but focuses on the use of embedding to create hierarchical structure. For example, in a sentence like ‘the cat that chased the mouse that ate the cheese,’ the embedded clauses help to create a hierarchical structure by nesting ideas within each other. This approach is sometimes called ‘nesting,’ and it is closely related to the self-embedded structures approach, as it involves the use of embedding to create hierarchical structure. However, it focuses more specifically on how embedding can be used to create hierarchical ‘nested’ structures. This approach can be applied not only to language, but also to other domains where hierarchy and nesting are common, such as mathematics and computer science. Overall, this approach highlights the importance of the hierarchical relationships that are created when structures are embedded within each other.

All of these approaches focus on different aspects of recursion, but they share the idea that recursion involves creating new structures that are similar to the existing structures in some way. Each approach has its own advantages and limitations for understanding recursion. While the self-embedded structures, multiple hierarchical levels using the same rule, and embedding structures within structures approaches each provide valuable insights into recursion, it is likely that multiple approaches will be needed to fully understand the phenomenon. This is because recursion is a complex phenomenon that plays a role in many different areas, including language, mathematics, and computer science, among others. Therefore, each approach has its own advantages and limitations, and using multiple approaches can help to provide a more complete understanding of recursion.

Each of the approaches to recursion is significant for cognitive science because they all help to shed light on different aspects of the phenomenon and can lead to a better overall understanding of how humans process information.

The self-embedded structures approach is significant because it



emphasizes the importance of self-referentiality. This approach is especially relevant to understanding how language and thought are connected, and how our ability to use recursive structures may be related to more general cognitive processes.

The multiple hierarchical levels using the same rule approach is significant because it highlights the power of using a limited set of rules to generate complex hierarchical structures. This approach is relevant not only to language, but also to many other domains, such as mathematics, computer science, and biology, where complex hierarchical structures are common.

The embedding structures within structures approach is significant because it focuses on how embedding can be used to create hierarchical relationships. This approach is directly relevant to understanding how we use language, and how we are able to understand complex sentences with embedded clauses. Not to forget Predictive Processing/Active Inference paradigm in CS completely based on the ‘hierarchical Bayes’ formalism [5], which will be touched on in Part II.

Mota’s review helps conceiving that the concept of recursion has two important applications in CS: one, originated from Chomsky, refers to the ability of building self-embedding structures in thought and language, and the other, characteristic to present-day cognitive approaches, identifies recursive loops and hierarchies in underlying computational neural mechanisms. In a sense, this allows for a concept of meta-recursion that should grasp this nested view of cognition. The question of whether we can speak about a kind of meta-recursion in the case of cognition is an interesting one and might be developed against the ideas behind the relative mathematical concept [6].

One way to approach this question is to consider the idea that cognition is itself a recursive process. This view suggests that the processes underlying cognitive functions are recursive, and that this recursive process is what enables us to perform complex cognitive tasks. For example, in language processing, we are able to understand complex sentences that contain embedded clauses by recursively applying a set of rules to generate a hierarchical structure. This recursive process of applying rules to generate hierarchical structures is thought to be a fundamental aspect of language processing and may be seen as a kind of meta-recursion. Similarly, in mathematics, we are able to break down complex problems into simpler, more manageable components by recursively applying a set of rules to generate a solution. This recursive

process is also thought to be a fundamental aspect of mathematical reasoning and may be seen as another kind of meta-recursion.

Overall, the idea of meta-recursion in the case of cognition is intriguing and has some support in the literature. While it is still a topic of debate and further research is needed, it is clear that the ability to perform recursive processes is a fundamental aspect of human cognition and is involved in many different cognitive tasks.

### **Recursion in cognitive linguistics**

If by ‘cognition’ we mean processing that underlies, in particular, linguistic capabilities, then one example of the said meta-recursion may be the linguistic recursion famously studied by Chomsky. In [7] he presents a series of theoretical arguments and observations about the nature of human language. Some of the key themes he touches include the idea that language is a computational system that can be studied by analogy with other computational domains; the assertion that the range of possible linguistic expressions is constrained by a set of innate, domain-specific principles of ‘Universal Grammar’; the suggestion that language is optimized for the conceptual/intentional interface rather than the sensory-motor interface, with ‘externalization’ a secondary phenomenon; and the hypothesis that the minimal recursion approach to language offers a more streamlined and explanatorily powerful framework for studying language than earlier approaches. In the chapter cited, he emphasizes the importance of formulating precise, well-motivated theoretical hypotheses about language structure and function, and using these hypotheses to generate testable predictions and explanations for phenomena at all levels of linguistic analysis.

According to Chomsky, minimal recursion is the pursuit of the simplest possible solution to the central problem of determining the nature of the recursive procedures in language that provide an unbounded array of hierarchically structured expressions at the sensory-motor and conceptual-intentional interfaces. This involves the enumeration of a set of discrete objects by a computable finitary procedure that can be programmed for an ordinary digital computer that has access to unlimited memory and time. He argues that this approach deepens explanatory power and expedites the study of language acquisition and offers insights into the evolution of the language capacity [7, p. 1].

Chomsky links his approach to the Recursive Function Theory developed by Gödel, Church, Kleene, and others. He notes that their work established a framework for studying mathematical operations in a way that could be executed by a finite computational procedure, and he argues that language can be studied in a similar way. He also suggests that the human language capacity may involve a kind of abstract computational procedure that outstrips the Turing machine model in its complexity<sup>1</sup>, which could account for the remarkable range of linguistic expressions generated by the system.

According to Chomsky, the program of minimal recursion eliminates many unwanted stipulations that burden earlier work on language. He argues that by reducing the number of elementary operations posited in the computation and avoiding revision of complex phrase structure rules, we can arrive at a system that is more straightforward, predictive, and explanatory than earlier approaches. For example, he suggests that the ‘externalization’ of the language system, that is, the mapping of abstract linguistic structures to sensory-motor forms, need not be modelled by a separate set of rules but can rather be understood as a process of translation. By constraining the operations in this way, we can arrive at a ‘minimalist’ approach that emphasizes conceptual and computational simplicity [7, p. 3].

As ‘evidence for an asymmetry of the interfaces, with externalization an ancillary procedure’ he refers to the hypothesis (which Chomsky calls ‘thesis T’) that language is optimized relative to the conceptual/intentional interface alone, and that ‘externalization’ is a secondary phenomenon. In other words, the primary driver of the language capacity is the system that generates meaningful expressions (the conceptual/intentional interface), while the mapping of those expressions to external forms (sensory-motor forms) is a secondary, less important process. Evidence for this hypothesis comes from observations about the limited range of variation in the sensory-motor properties of language, suggesting that these properties do not play a fundamental role in shaping the system as a whole. The idea is that a minimalist approach should aim to capture the essence of the conceptual/intentional interface while leaving externalization to be modelled as a kind of translation procedure [7, p. 7].

Tomalin [8], in his turn, suggests that certain research fields, in-

---

<sup>1</sup> Sufficiency of TM as a universal model for any computation has been discussed in the literature on philosophy of CS; see, for instance, [16, 17].

cluding linguistics, were plagued by misconceptions because researchers had not realized that certain phenomena in those fields could be most easily analysed recursively. He also mentions that some linguists in the 1950s were aware of developments in recursive function theory from the first decades of the 20th century, and it is possible to trace the routes along which recursive techniques entered the domain of linguistic inquiry. Particularly Bar-Hillel and Chomsky are mentioned in this regard.

The role of recursive definitions within the Minimalist Program is discussed at length, and the main focus falls upon comparatively recent claims concerning the centrality of recursion in the context of biolinguistics. Specifically, the hypothesis that recursion constitutes a species-specific property of the human language faculty that is particularly associated with natural language was reassessed, and the problematic term ‘recursion’, in the author’s opinion, should be abandoned and replaced by less ambiguous terminology such as ‘inductive definition’. The Minimalist Program, as said above, is a framework in linguistics developed by Noam Chomsky in the 1990s, which aims to provide a basis for explaining the fundamental principles of Universal Grammar with the minimum of theoretical luggage. It seeks to derive the properties of the human language faculty from considerations of simplicity, economy, and optimal design. The program focuses on deriving grammatical specifications from general principles that are fixed and universal, within a deductive framework that considers only those operations necessary for this derivation.

Tomalin advises the term ‘recursion’ to be replaced by more accurate terminology such as ‘inductive definition’ in the specific context of linguistic theory because there are inherent ambiguities in the former term as it is standardly used within the formal sciences. If ‘recursion’ is interpreted as ‘inductive definition,’ the ‘recursive’ components of generative grammar are able to accomplish all that is required of them, and the correspondence between the human linguistic and arithmetical cognitive functions is not undermined. Any other interpretation of the term ‘recursion’ makes stronger (and possibly undesirable) claims about the nature of the faculty of language, which should be avoided if possible. The term ‘inductive definition’ is a more accurate and less ambiguous alternative to ‘recursion’ within the context of linguistic theory. The term ‘recursion’ has a number of ambiguous meanings within the formal sciences, which can lead to confusion, imprecise thinking, and

poor communication within the field of linguistics, and this highlights the need for more precise terminology. In this particular case, the term ‘inductive definition’ more accurately captures the linguistic phenomenon at hand and helps to avoid any misunderstandings or overgeneralizations about the nature of language.

Corballis [9] challenges the notion that recursion is unique to human language and argues that it is instead a property of human thought that likely preceded language. Recursion, in his definition, is the process whereby a computational routine calls itself or a similar routine and is distinguished as the essence of human language. The author offers examples, including *The House that Jack Built*, to illustrate this concept. In contrast, Corballis believes that this property is not universally present in present-day languages and likely evolved before language itself.

Although not attacking Chomsky directly, he does reference some of Chomsky’s ideas on recursion as they relate to language and thought. Instead, he offers a more nuanced perspective on the evolutionary origins and cognitive processing of recursion, distinct from Chomsky’s view that language and thought essentially depend on the same underlying structure. He supports his main thesis that recursion is not unique to human language but is instead a property of human thought that likely preceded language by pointing out the recursive abilities of animals in various cognitive domains, including birdsong and the nest-building behaviour of birds and the design of spider webs, among others. He believes that recursive abilities may have developed in humans through evolution of the brain, potentially as a means of dealing with the increasing complexity of the environment. In terms of cognitive processing, Corballis suggests that recursion is likely processed by the same neural mechanisms used for other complex computations, rather than being governed by a specific grammatical module, as Chomsky and others have proposed.

Particularly, recursive processing is likely done by the dorsal route neural system, which is associated with analytical and sequential processing for mental rotation tasks, spatial navigation, complex sequence learning, and social cognition<sup>1</sup>. This is based on various lines of evidence, including neuroimaging studies, patient studies, and studies of non-human animals, which have demonstrated overlap in neural regions involved in these different cognitive domains. For example, studies have shown that the same neural mechanisms involved in

<sup>1</sup> Which may be another view on what I’d like to call ‘meta-recursion’.

mental rotation tasks are involved in processing recursive structures in language and non-linguistic domains, such as music. Similarly, studies have shown that the same regions of the brain that are involved in processing spatial navigation and complex sequences, such as the premotor cortex, are also involved in processing recursive structures in language. Overall, Corballis suggests that these findings offer support for a more general-purpose neural system that serves both language and non-linguistic domains, rather than a specialized grammatical module dedicated to recursion.

Baryshnikov [10] discusses the problem of recursion as one of the central topics of language, brain, thinking, and civilization. He explains that recursion can be defined as a structural self-similarity or nesting of ideas. Recursion is reduced to an abstract procedure calling itself or to a component containing a component of the same class. The problem of self-similar formal structures in linguistic studies has been known since the works of Panini, W. von Humboldt and the early works of N. Chomsky, in which the latter had taken grammar to hierarchical recursive structures.

The structural self-similarity or nesting of ideas is a way to overcome the ontological or metric linearity in the theory of knowledge, mathematics, programming, music, geometry and art. It can take many forms such as textually (as in ‘I think, therefore I exist.’), graphically (like the fractal shapes), logically (e.g., in the liar paradox), and mathematically (such as the Fibonacci numbers or the formula  $0 = 1 \ n! = n*(n - 1)!$  [where  $n > 0$ ]). However, the essence of recursion is reduced to an abstract procedure calling itself or to a component containing a component of the same class.

### **Cognitive recursion as probabilistic**

Emergence of connectionism since late 1980ies put an additional challenge to understanding recursion in CS. Thus, Christiansen and Chater [11] have focused on presenting a connectionist model of human performance in processing recursive language structures, analysing its behaviour to match human behaviour, and providing a novel explanation of people’s limited recursive performance without assuming the existence of a mentally represented competence grammar allowing unbounded recursion.

The connectionist model presented in the article is trained on sim-

ple artificial languages and its qualitative performance profile matches human behaviour, both on the relative difficulty of center-embedding and cross-dependency, and between the processing of these complex recursive structures and right-branching recursive constructions. The article presents empirical evidence that people are only able to deal easily with relatively simple recursive structures in natural language, and document difficulties that people experience when processing more complex recursive structures. They use the example of a doubly center-embedded sentence like *'The mouse that the cat that the dog chased bit ran away,'* which is extremely difficult to understand.

The authors propose a connectionist model which receives a word as input at time  $t$  and predicts the next word at time  $t+1$ , based on the previous context. The model is trained on simple artificial languages that include both right-branching recursive constructions and more complex recursive structures. The model is assumed to have the ability to distinguish nouns from verbs, which is crucial to predict subsequent verbs. The success of this model in matching human behaviour in the processing of recursive structures provides evidence that recursive language processing by humans can be explained through parallel distributed processing mechanisms, rather than a compositional linguistic structure in the form of a mentally represented competence grammar.

Superficial reading of the paper may give the impression that the model proposed here may be seen as a primitive predecessor of modern GPTs. But, while there are similarities in the sense that both are machine learning models used for natural language processing, there are also significant differences between the connectionist model presented in the article and modern-day Generative Pre-Trained Transformer (GPT) models. The connectionist model presented in the article is trained for a specific task, whereas GPT models are pre-trained on vast amounts of text data and fine-tuned for various tasks. Additionally, the connectionist model in the article uses a simple architecture based on feedforward and recurrent neural networks, while GPT models use a complex architecture based on transformer neural networks.

Therefore, while the connectionist model presented in the article may be seen as a predecessor to modern-day GPT models in the sense that it is a machine learning model for natural language processing, the differences between the two are significant enough that it would be inaccurate to classify the connectionist model as a primitive predecessor of modern-day GPT models.

At the same time, while the emergence of GPTs has certainly had a significant impact on the field of natural language processing, it would be inaccurate to say that feedforward and recurrent neural networks are now wholly in the previous epoch. In fact, feedforward and recurrent neural networks are still being used extensively in various fields, including natural language processing. While GPTs have achieved remarkable performance in recent years, they are not without limitations such as their large computational requirements, high energy consumption, and sensitivity to bias in the training data. Hence, there is still ongoing research that seeks to improve both feedforward and recurrent neural networks as well as GPTs and other language models.

Connectionism appeared to be one of the approaches referred nowadays as 'bio-inspired'. Their maybe most substantial treat is usage of probabilistic computations, unlike the so-called cognitive classicism [12]. In particular, Kolodny, Lotem and Edelman [13] propose a model for learning a generative probabilistic grammar of experience, which is supposed to be a process-level model of language acquisition. This is a model for unsupervised learning of natural language corpora based on computational and biological principles. It incrementally learns a grammar that captures statistical patterns, which can then be used to generate new data. The grammar constructed takes the form of a directed weighted graph, whose nodes are recursively defined patterns over the elements of the input stream. The model was evaluated in seventeen experiments grouped into five studies, examining the model's generative ability, the characteristics of the learned representation, sequence segmentation and chunking, artificial grammar learning, and certain types of structure dependence. The results showed that the model's performance largely vindicates the design choices, suggesting that progress in modelling language acquisition can be made on a broad front.

The model described in the paper uses recursive search routine, in which the algorithm finds all the possible single-node covers of the beginning of the sentence, then for each of these calls itself on the remainder of the sentence, until it finds a complete cover or determines that such a cover does not exist. The recursion is thus hierarchical in nature.

As a probabilistic model, it assigns probabilities to the occurrence of different tokens based on the statistical frequency of those tokens in the input stream. Furthermore, this grammar model considers choosing between different grammar structures to generate the next token, and it does so by assigning probabilities to different grammar structures that



might generate the same next token. This probabilistic approach allows the model to produce a variety of grammatical structures, while still conforming to the statistical distribution of the input data.

As for any genetic links to GPT, briefly touched on above, both the GPT and the model described in the paper are generative probabilistic models of language processing, so it is possible to draw some conceptual parallel between them. It is worth noting, however, that the specific techniques, algorithms, and architectures used in the GPT, and the model described in the paper are likely different.

Zhang and Amin [14] discuss how probabilistic programming can be used to model reasoning about the beliefs, desires, and intentions of other agents, also referred to as theory of mind. The paper describes how conditioning can be explicitly represented in probabilistic programs, allowing for nested conditioning and recursive probabilistic programs. The authors illustrate how the representation language can be used to explore new directions in game theory, artificial intelligence, and linguistics, but also discuss the algorithmic challenges posed by these kinds of models and describe how dynamic programming techniques can help address these challenges.

Probabilistic programming allows for nested conditioning by modelling each agent's reasoning as conditional sampling, which can become the subject of other agents' reasoning. Conditioning is an operation that can be defined within such models and represented as nested conditions, which allows for reasoning about reasoning. This approach goes beyond existing formalisms, such as graphical models, where conditioning is more naturally seen as an operation that is applied to a model but not itself represented.

The paper describes a few examples of conditioning and its probabilistic representation. For instance, one example is a classic riddle: *'Two doors guarded by two guards – one door leads to freedom, the other to certain death. One guard always tells the truth, the other always lies. You do not know who is who. You may ask one of the guards only one question to find the right door.'* This riddle can be represented as a probabilistic program with two binary random variables, one for each guard's truthfulness, and a conditional statement for each guard's response. The answer to the question then corresponds to the output of the program conditioned on the evidence provided by the guard's response.

Recursion refers to an agent reasoning about another agent's reasoning about yet another agent and so on, where reasoning is modelled

as conditional sampling. The model allows for recursion by representing inference as a general-purpose probabilistic programming language with constructs for defining and calling subroutines. Each subroutine corresponds to a probabilistic program that represents a single agent's reasoning about a simpler subproblem. When one agent reasons about another, the resulting program contains a call to the corresponding subroutine, which itself contains calls to even simpler subroutines, and so on.

### As a conclusion

The general concept of recursion is essential for cognitive science because it is a fundamental aspect of human cognition and is involved in a wide range of cognitive processes, including language, problem-solving, and decision-making. Recursion allows us to generate complex structures and relationships by iteratively applying a certain set of rules or procedures. This ability to create complex structures from simple rules is essential to many cognitive processes, including language acquisition, where recursive structures are common. Recursive structures are also an important aspect of mathematical reasoning and problem-solving, where they are used to break down complex problems into simpler, more manageable components.

The study of recursion is also relevant to artificial intelligence and computer science, as it has led to the development of algorithms and programs that are capable of processing recursive structures. Understanding recursion is thus essential for developing and improving artificial intelligence systems that can perform tasks traditionally associated with human cognition, such as natural language processing and decision-making.

Overall, the concept of recursion is a fundamental aspect of human cognition and has important implications for many different areas of cognitive science, as well as artificial intelligence and computer science.

The role of recursion in the present-day trends in CS will be reviewed in the forthcoming part of this study. But it may be time to share some intermediate considerations. In *Tractatus*, Wittgenstein once remarked that logical and mathematical tautologies say nothing of the world, but show something important about it, namely:

The fact that the propositions of logic are tautologies *shows* the formal – logical – properties of language and the world. <...> If

propositions are to yield a tautology when they are connected in a certain way, they must have certain structural properties. So their yielding a tautology when combined *in this way* shows that they possess these structural properties [15, para. 6.12, p. 214].

The similar thing may be said about recursion. The fact that some functions, or procedures, are  $\mu$ -, general, partial, or whatever recursive, while others are not, is not informative for natural (or cognitive, which is part of natural) science. But it shows an important thing about our implied ontologies, about which ‘nothing can be said’. Particularly, that those ontologies are adjustable relative to the overall class of recursive functions, making the set of their possible applications grow or collapse in number.

As applied to cognitive science, this metaphysical observation supports the still cautious presumption that the hierarchical mechanism of cognition demonstrates what may be labelled as ‘meta-recursion’ in the sense that recursive neural loops may support some primitive recursive cognitive processes, which in turn account for recursiveness of language grammars, space orientation, social cognition, etc.

### References

1. Soare R. I. Computability and Recursion // Bulletin of Symbolic Logic. 1996. Vol. 2, № 3. P. 284-321.
2. Prokopenko M. et al. Self-referential basis of undecidable dynamics: From the Liar paradox and the halting problem to the edge of chaos // Phys Life Rev. 2019. Vol. 31. P. 134-156.
3. Kleene S. C. Recursive functionals and quantifiers of finite types revisited i // Studies in Logic and the Foundations of Mathematics. 1978. Vol. 94, № C. P. 185-222.
4. Mota S. The never-ending recursion // Journal of Applied Logic. Elsevier Ltd, 2017. Vol. 25. P. 89-108.
5. Kiefer A., Hohwy J. Content and misrepresentation in hierarchical generative models // Synthese. 2018. Vol. 195, № 6. P. 2387-2415.
6. Sacks G. E. Metarecursion theory // Studies in Logic and the Foundations of Mathematics. Elsevier, 1967. Vol. 46, № C. P. 243-263.
7. Chomsky N. Minimal Recursion: Exploring the Prospects // Studies in Theoretical Psycholinguistics. 2014. Vol. 43. P. 1-15.
8. Tomalin M. Reconsidering recursion in syntactic theory // Lingua. 2007. Vol. 117, № 10. P. 1784-1800.
9. Corballis M. C. Recursive Cognition as a Prelude to Language // Language and Recursion. New York, NY: Springer New York, 2014. Vol. 9781461494. P. 27-36.
10. Baryshnikov P. N. Language, brain and computation: from semiotic asymmetry to recursive rules // RUDN Journal of Philosophy. 2018. Vol. 22, № 2. P. 168-182.

11. Christiansen M. H., Chater N. Toward a connectionist model of recursion in human linguistic performance // *Cogn Sci.* 1999. Vol. 23, № 2. P. 157-205.
12. Piccinini G., Bahar S. Neural Computation and the Computational Theory of Cognition // *Cogn Sci.* 2013. Vol. 37, № 3. P. 453-488.
13. Kolodny O., Lotem A., Edelman S. Learning a Generative Probabilistic Grammar of Experience: A Process-Level Model of Language Acquisition // *Cogn Sci.* 2015. Vol. 39, № 2. P. 227-267.
14. Zhang Y., Amin N. Reasoning about reasoning about reasoning semantics and contextual equivalence for probabilistic programs with nested queries and recursion // *Proceedings of the ACM on Programming Languages.* Association for Computing Machinery, 2022. Vol. 6, № POPL.
15. Wittgenstein L. *Tractatus logico-philosophicus* // *Tractatus Logico-Philosophicus.* Anthem Press, 2021. P. 56-250.
16. MacLennan B. J. *Transcending Turing computability* // *Minds Mach (Dordr).* Springer Netherlands, 2003. Vol. 13, № 1.
17. MacLennan B. J. Natural computation and non-Turing models of computation // *Theor Comput Sci.* 2004. Vol. 317, № 1. P. 115-145.

УДК 004.89

DOI 10.17726/phillT.2024.1.5



**Новый способ нахождения аналогов  
как возможность исследования языка,  
мышления и построения систем  
искусственного интеллекта**

**Хомяков Александр Борисович,**

*независимый исследователь,  
магистр физических наук  
Санкт-Петербург, Россия  
alexander.xom@gmail.com*

**Чижик Петр,**

*независимый исследователь,  
магистр информатики  
Германия*

**Аннотация.** В статье представлен новый способ получения аналогов слов, отличающийся простотой и отсутствием необходимости предварительного обучения на больших данных, как в существующих методах. В предложенном методе аналогии определяются по их синтаксическим предикатам с применением методов дистрибутивной семантики. В исследовании были получены и проанализированы аналогии прилагательных, существительных и глаголов. Это позволило прийти к результату, который не уступает результатам, полученным с помощью наиболее популярного нейросетевого подхода word2vec, при качественном сравнении аналогов. Демонстрируемый метод показывает, что получение аналогов возможно на методах дистрибутивной семантики с применением более интерпретируемого метода, что открывает возможность исследования семантической аналогии. Данный метод позволяет также определять аналогии по определенной тематике. На основе полученных экспериментальных результатов формулируется оригинальное определение аналогов и когнитивных схем. Также в статье анализируется и обосновывается возможность нового подхода для создания систем искусственного интеллекта на основе исследованного метода. По мнению авторов, это дает значительные преимущества для создания таких систем. В частности, предлагаемый метод позволяет создавать более широкие обобщения на порядки меньших данных, а также обучение во время использования, что недоступно для нейросетей.

**Ключевые слова:** дистрибутивная семантика; нейросети; компьютерная лингвистика; word2vec; аналоги; синонимы; семантическая близость; искусственный интеллект.

## A new way of finding analogues as an opportunity to study language, thinking and build artificial intelligence systems

**Khomyakov Alexander Borisovich,**

*independent researcher,  
Master of Physical Sciences  
Saint-Petersburg, Russia*

*alexander.xom@gmail.com*

**Chizhik Petr,**

*independent researcher,  
Master of Computer Science  
Germany*

**Abstract.** The article presents a new method for obtaining analogues of words, characterized by simplicity and the absence of the need for preliminary training on large data as in existing methods. In the method under study, analogues are determined by their syntactic predicates using methods of distributive semantics. In the study, analogues of adjectives, nouns and verbs were obtained and analyzed. This made it possible to obtain a result that is not inferior to the results obtained using the most popular neural network approach as word2vec when qualitatively comparing analogues. The demonstrated method shows that obtaining analogues is possible using methods of distributive semantics using a more interpretable method, which opens up the possibility of studying semantic analogy. This method also allows you to identify analogues on a specific topic. Based on the experimental results obtained, an original definition of analogues and cognitive schemes is formulated. The article also analyzes and substantiates the possibility of a new approach for creating artificial intelligence systems based on the researched method. According to the authors, this provides significant advantages for the creation of such systems. In particular, the proposed method allows for broader generalizations over orders of magnitude smaller data, as well as learning during use, which is not possible for neural networks.

**Keywords:** distributional semantics; neural networks; computational linguistics; word2vec; analogues; semantic proximity; AI.

## Цель работы

Способы получения аналогов существуют с 2013 года, со времени появления word2vec [1], который относится к нейросетевым подходам. Недостатками такого подхода являются неполнота, неконтролируемость подборок аналогов и необходимость больших данных для обучения, невозможность снятия омонимии в аналогах. Чтобы устранить эти недостатки в получении аналогов, мы применили классическое определение аналогов как схожих по признакам, определив признак как синтаксический предикат. Красивая (adj) яблоня (noun), яблоня (subj) расцветает (verb), расцветает (verb) в саду (obj) – это предикаты. Аналог мы определяем как слово с наибольшим числом схожих предикатов. Целью являлась проверка возможности получения аналогов по признакам, в качестве которых были взяты синтаксические предикаты, что позволяет применять к ним методы дистрибутивной лингвистики. Это дает возможность исследовать аналогию на интерпретируемых результатах – по общим предикатам.

На сегодня существует проблема в определении аналогов, для которых пока имеется лишь качественная оценка того, что считать аналогом или синонимом слова. Синонимы определяются только словарями синонимов, составленными лингвистами. Проверяемой и измеряемой меры аналогии нет, хотя были исследования способа получения аналогов в word2vec [3-5], которые сводятся к тому, что слова употребляются в похожем контексте. Учитывая, что аналогия является одним из важнейших элементов в моделировании мышления [11], авторам видится важность открытия механизмов ее формирования.

## Материалы и методы исследования

Для исследования были выбраны тексты книг (подборка книг художественной литературы на русском языке, 200 книг). Далее были выделены из текстов парсером грамматики зависимостей LinkParser предикаты в виде пар подлежащего и сказуемого, сказуемого и дополнения, а также именные группы. Все слова лемматизировались. Таким образом были получены 1 442 924 пары «подлежащее-сказуемое», 136 500 пар «сказуемое-дополнение» и 821 000 пар «прилагательное-существительное», для каждой пары указывалась частота встречаемости при парсинге текста.

Из этих пар были созданы вектора предикатов (subject; predicate) каждого слова вида  $\text{subj1}\{\text{verb 1, verb 2, ... verb n}\}$ ,  $\text{subj2}\{\text{verb 1, verb 3, ... verb n}\}$ ,  $\text{subj3}\{\text{verb 2, verb 5, ... verb n}\}$  на едином словаре лемматизированных слов. В методике исследования выделение аналогов определялось по наибольшему числу общих предикатов. Для определения были взяты не все, а только первые 50 частотных предикатов. Таким методом было выделено по 5000 лексем с аналогами для прилагательных, существительных и глаголов.

В результате исследования было замечено, что существительные отличаются именно теми предикатами, которые идут по частоте встречаемости в текстах после наиболее распространенных (например, распространенные глаголы «стать», «иметь», «быть», «являться»). Именно менее распространенные предикаты являются дифференцирующими для поиска аналогичных лексем. Поэтому для определения аналогов по таким дифференцирующим их предикатам наиболее подходящим из всех опробованных методов оказался известный метод TF-IDF (от англ. TF – term frequency, IDF – inverse document frequency). В нем рассматривается обратная величина от встречаемости слов в документах, умноженная на частоту слова в документе. Таким образом, чем чаще слово встречается во всех документах, тем ниже важность слова для данного документа, то есть она меньше его характеризует, чем реже встречающееся в других документах. Документом в нашем исследовании выступает вектор предиката  $\text{subj1}\{\text{verb 1, verb 2, ... verb n}\}$ , а словами – слова из векторов. Так как у нас все слова в векторах предикатов встречаются только раз, применялась только одна часть метода – IDF без TF как меры частоты слова в одном документе. Поэтому мы назвали свой метод PredicatIDF, то есть метод IDF, построенный на векторах предикатов.

### Результаты исследования

Результаты исследования показали, что таким способом даже на ограниченных данных можно получить достаточно точные аналоги. В качестве метрики было взято качественное сравнение с синонимами, полученными методом word2vec в проекте Rusvectors.org на словаре НКРЯ (Национальный корпус русского языка). При качественном сравнении аналогов методом PredicatIDF критерием было наличие таких же лексем среди первых 10 лексем



по word2vec в Rusvectors.org. Чаще всего аналоги по методу PredicatIDF были разнообразнее, как показано ниже. Вот примеры сравнения:

PredicatIDF

*Время:* час: 3.26, минута: 2.77, день: 2.45, зима: 2.34, лето: 2.20, сутки: 2.02, ночь: 2.00, секунда: 1.97, вечер: 1.96, век: 1.95, мгновение: 1.89, период: 1.88, осень: 1.88, неделя: 1.87, месяц: 1.84, пора: 1.82, год: 1.81, срок: 1.74, конец: 1.74, эпоха: 1.74, миг: 1.68, утро: 1.64, весна: 1.62, очередь: 1.58, май: 1.57, момент: 1.55, трамвай: 1.53, праздник: 1.48, полоса: 1.45, деньга: 1.45

Rusvectors.org/ru/associates/#

*Время:* времени 0.56, пора 0.55, период 0.54, десятилетие 0.47, момент 0.47, эпоха 0.45, промежуток 0.39, срок 0.37, обстоятельство 0.35, оледенение 0.35

PredicatIDF

*Проблема:* вопрос: 3.18, противоречие: 2.91, конфликт: 2.76, ситуация: 2.32, загадка: 2.22, трудность: 2.21, задача: 2.16, проблематика: 1.96, разногласие: 1.94, возможность: 1.89

Rusvectors.org/ru/associates/#

*Проблема:* вопрос 0.71, задача 0.68, проблематика 0.65, аспект 0.61, тема 0.56, ситуация 0.55, конфликт 0.55, подход 0.52, трудность 0.51, частность 0.50

В результате качественной оценки были получены следующие результаты:

Аналоги существительных	Точность 87%
Аналоги глаголов	Точность 84%
Аналоги прилагательных	Точность 95%

Наилучшие результаты получены по аналогам прилагательных (по предикатам с вершинами именных групп). Вот пример получаемых аналогов методом PredicatIDF:

*Голубой:* синий: 3.51, желтый: 2.91, алый: 2.81, фиолетовый: 2.59, зеленый: 2.58, белый: 2.48, кроваво-красный: 2.43, черный: 2.38, многоцветный: 2.35, пурпурный: 2.34, ослепительный: 2.30, голубоватый: 2.30, красный: 2.29, оранжевый: 2.24, серебристый: 2.16, зеленоватый: 2.15, красноватый: 2.15, розоватый 2.10, сверкающий: 2.08, багровый: 2.04, разноцветный: 2.03, слепящий: 2.02, смоляной: 1.99, темно-синий: 1.99, багряный: 1.97, яркий: 1.95, розовый: 1.92, темно-красный: 1.92, золотистый: 1.90, серый: 1.84, янтарный: 1.81, сизый: 1.81, желтоватый: 1.80.

*Железный*: металлический: 3.22, чугунный: 2.78, стальной: 2.76, кованый: 2.64, деревянный: 2.26, массивный: 1.98, железобетонный: 1,95.

Сравнение аналогов прилагательных показало различие результатов PredicatIDF и word2vec так как были более разнообразны. Так же интересные и абсолютно точные результаты были получены на числительных.

*Первый*: второй: 3.78, третий: 3.63, четвертый: 3.12, последний: 3.04, следующий: 2.88, шестой: 2.75, седьмой: 2.60, восьмой: 2.46, очередной: 2.44, пятый: 2.43, девятый: 2.42, двенадцатый: 2.27, одиннадцатый: 2.20, семнадцатый: 2.50, считанный: 02.40, десятый: 1.98, каждый: 1.96, девятнадцатый: 1.96, предпоследний: 1.89, последующий: 1.86.

Первичные данные и код проекта находятся по адресу <https://github.com/smer44/metaphors>.

## Обсуждение

Надо отметить, что аналоги не являются в полном смысле синонимами. Таким методом нами получены именно аналоги по возможности применения в тех же контекстах, что и исходное слово с дифференцирующими аналоги предикатами. В них поэтому попадают и антонимы.

Лексемы существительных при определении аналогов по синтаксическим предикатам были взяты в роли как подлежащего, так и дополнения глагола. Сравнение результатов показало, что аналоги существительных лучше определяются в парах «сказуемое и дополнение», то есть как возможные действия над объектом (существительным). Разница получилась значительной: 87% точности аналогов в парах «сказуемое и дополнение» против 67% в парах «подлежащее и сказуемое» – что является предметом для анализа. Также были опробованы смешанные способы, когда в предикаты добавляются предикаты с определениями (прилагательные) или предикаты с подлежащим и дополнением вместе. Это не позволяло добиться каких-либо улучшений.

Представляемый метод дает возможность искать аналоги при помощи программ поиска по текстам, как ElasticSearch, например, для поиска аналогов по определенной тематике, отбирая аналоги по конкретным предикатам, исключая предикаты другого значения.

Например, слово «предмет» имеет аналоги как физический объект (значение 1, аналоги – объект, вещь), а также как предмет знаний (значение 2, аналоги – научная тема, область знаний). И в этих разных значениях они имеют разные общие глаголы с аналогами. В значении 1 это будут глаголы «положить, переместить, сдвинуть», а в значении 2 – «преподавать, изучать, докладывать».

Метод требует дальнейших исследований и уточнения получаемых аналогов за счет более точных парсеров, так как зависит от их качества, а также от устойчивых выражений, которые создают неодинаковое распределение частотности в выборке первых 50 предикатов для анализа. Для этого можно использовать для получения аналогов предложенным способом в несколько раз большие тексты (2000-3000 книг), чтобы получить более выраженное распределение частотности. Также есть возможность уточнения за счет исключения «мусорных» предикатов – с именами собственными, фразеологических оборотов, идиом. Но в целом представленное исследование показывает, что аналоги можно получать иным, более простым способом с приемлемым качеством, с возможностью управления подбором аналогов по теме или текущему тексту при быстром извлечении с помощью парсера дополнительных предикатов.

### **Значение результатов для исследования языка и мышления**

Предложенный метод можно использовать для определения семантической близости так же, как в `word2vec`, – в виде коэффициента близости любого слова к заданному. Но при этом слова должны иметь хотя бы один общий предикат. Таким обычно являются распространенные глаголы «становиться», «быть», «являться», «находиться» и т.п. Сходство только по ним будет самым маленьким, так как по IDF эти глаголы есть в большинстве «документов» (векторах предикатов), то есть небольшое сходство есть у всех слов по данной методике.

Нахождение семантической близости с обязательным присутствием или отсутствием заданных предикатов является новым исследовательским приемом для широких исследований, которые более интерпретируемы, чем существующие. Например, мы исследовали все предикаты с одним распространенным глаголом «на-

ходиться» в одном тематическом домене – дом и все, что в нем. В результате мы получили карту всего, что находится в доме: комнаты, кухня, спальня, стол, диван, холодильник и т.п. Карта дома складывается по общему распространенному предикату и семантической близости (семантической группировке) слов. Более того, с помощью последовательного подбора актантов предиката «находиться» можно построить переходы из любого места в доме в любое другое. Это очень интересный эффект, который может позволить создавать на лингвистической статистике когнитивные карты как предполагаемый способ работы мышления.

Интересно, что до настоящего момента нет определения лингвистических аналогов. Общее определение как «схожих по признакам» не всегда применимо, так как мы имеем дело со словами, а не с обозначаемыми ими сущностями. В представленном методе сходство найдено не по признакам самих обозначаемых словом предметов, а по схожести предикатов, с которыми они синтаксически связаны. Существительные – по глаголам, которые действуют над ними, прилагательные – по существительным, к которым они относятся. И эти предикаты всегда множественны. Мы только интуитивно ощущаем, что два слова являются аналогами, так как не можем представить одновременно сразу все предикаты, которые создают аналогию.

Данное исследование открывает дискуссию о том, что такое семантическая близость, аналогия и синонимия. По результатам исследования видно, что синонимия уменьшается с уменьшением коэффициента аналогии, как показано на примерах выше. Первые 3-5 слов являются синонимами, но далее сходство с выбранным словом уже не настолько явное, а после 10-12-го слова встречаются только далекие аналоги по угадываемым предикатам (что общего можно сделать с исходным и данным словом). Мы делаем выводы о том, что аналог – это интуитивно ощущаемая нами близость слов по общим синтаксическим предикатам, а синоним – это сильный аналог по большему числу предикатов. И это определение, которое мы можем дать семантической аналогии на основании нашего исследования.

Проведенное исследование можно интерпретировать как экспериментальное доказательство того, что человек на интуитивном уровне «чувства аналога» ощущает сходство по множеству предикатов, но, так как их много, человек не может их назвать (все

сразу), чаще всего вместо этого называя самый распространенный из них. Например, для различных растений как аналогов распространенными предикатами будут «растут», «цветут», но это далеко не все общие предикаты разных растений. Это приоткрывает тайну нашей интуиции: мы не можем выразить одним словом множественные факторы семантической близости, а единичные не всегда обладают необходимой общностью для выборки тех предикатов, что являются общими для аналогов. Более того, данный метод применим с тематическим ограничением семантической близости, как показано выше, что устраняет омонимию и может применяться как способ получения аналогов в конкретном контексте. Этот фактор «интуиции сходства» отчасти объясняет, почему все подходы к семантическому описанию мира с помощью установки однозначных и единичных связей, как онтологии и семантические графы, не могут быть верными, что является важным следствием изученного метода поиска сходства по аналогии.

Одно из развитий метода – это разбивка слов на корни и аффиксы, чтобы создать большее число векторов предикатов, как между частями слов (приставка, корень, суффикс, окончание), так и между словами как членами предложения, как в предложенном методе (предикаты существительное-глагол, прилагательное-существительное и т.п.). Их сочетание создает еще большее пространство для возможных пересечений семантических свойств. Например, любое прибавление окончания -ик к слову, как известно, сразу создает новую семантику слова как уменьшительного. И тут, по нашему мнению, действует ровно такой же принцип сходства с такими же словами на -ик, как в предложенном методе, которые все обозначают маленькие предметы (не само окончание -ик создает уменьшение, а сходные слова на -ик) и по этому признаку являются аналогами. Этот принцип действует с ограничениями, прибавка -ик к чему-то априори большому не воспринимается как правильное, например, в слове гор-ик (исключение – материк). Но в целом этот известный эффект схож по принципу действия с исследованным нами методом аналогии.

### **Значение исследования для искусственного интеллекта**

Исследованный метод открывает дискуссию о том, что результатов, которые были достижимы только нейросетевыми

подходами, можно добиться методами дистрибутивной семантики. И не только в аналогах – мы продолжаем работы по генерации текста на основе такого подхода. Это может открыть новый подход в методах искусственного интеллекта (ИИ), в частности поможет создать методы с обучением ИИ во время использования, так как *PredicatIDF* позволяет в интерактивном режиме добавлять новые предикаты в данные, на которых строятся аналогии. Появится возможность сразу создавать новые аналогии с выбранными предикатами. Вышеизложенное пока недостижимо в нейросетевом подходе, где обучение и использование разделены. Но не только в этом преимущество предлагаемого метода для использования в ИИ.

Мелани Митчер утверждает, что аналогия является ключевой способностью интеллекта [2, с. 145], поэтому данное исследование нам видится важным. Охарактеризованный метод определения аналогов может быть использован как альтернативный способ создания систем искусственного интеллекта, с обобщением по любому числу предикатов из контекста. LLM – это большой набор языковых шаблонов с небольшой аналогией по ним. Представляемый метод позволяет делать более глубокое обобщение шаблонов по аналогии. Практически любой факт, выраженный в виде клаузы, может стать шаблоном через аналогию его актантов. А так как и для аналогии по предикатам требуется совсем немного данных, то при создании систем искусственного интеллекта на основе предложенного метода потребуется на порядки меньшее число данных в отличие от нейросетевых систем. При этом аналогия может быть контекстно-зависимой и интерпретируемой – метод позволяет быстро определять, по каким предикатам аналогичны выбранные слова, что невозможно сказать по существующим способам аналогии, таким как *word2vec* и LLM.

Мы предлагаем называть такие факты с сильным обобщением по аналогии когнитивными схемами. Когнитивные схемы прочно заняли свое место в психологии интеллекта, но мало что известно о том, как они создаются и функционируют. Известно только, что схема – это некая общность разных случаев, аналогичных друг другу. Как, например, «все животные размножаются». Когнитивная схема формируется как устойчивая структура по мере пополнения аналогами первичного факта как примера, служащего ее прототипом. И те примеры, которые приобретают больше

аналогов с большей частотой встречаемости, становятся привычными шаблонами мышления за счет частотности их применения. И в них формируются прототипичные примеры как наилучшие выражения когнитивных схем. Это примеры с наиболее частотными предикатами, если для них нет обобщающих слов, что можно исследовать! В примере с «все животные размножаются» прототипом будут зайцы или свиньи как домашние животные, размножение которых происходило в деревне, где живут люди. Выделение когнитивных схем открывает перспективы развития методов комбинирования схем по общему контексту, например метафоры. Но данное утверждение требует отдельного исследования.

### **Заключение**

Исследованный метод открывает интересные возможности и создает альтернативное направление развития искусственного интеллекта. Основные преимущества данного подхода заключаются в следующем:

1. Отсутствие необходимости обучения на огромном количестве данных.
2. Обучение во время использования, когда новые предикаты и схемы клауз сразу входят в базу знаний системы.
3. Интерпретируемость и управляемость таких систем с точки зрения используемых схем и аналогий при выводе следующей клаузы.

К трудностям относится то, что подобные системы работают только на уровне предикативной структуры, которую надо переводить в разговорную с учетом текущего диалога или запроса, что возможно сделать с помощью языковых моделей на основе трансформера, обученного только на уровне речевых шаблонов, без необходимости знания, для чего достаточно LLM с 1B параметром.

Выражаем надежду, что наша статья подтолкнет к исследованиям данного метода исследователей и совместно удастся развить его до новых основ ИИ.

### *Литература*

1. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. <https://arxiv.org/abs/1301.3781>.
2. Митчелл М. Идиот или гений? Как работает и на что способен искусственный интеллект. М.: Издательство Corpus, 2022. С. 120-145.

- (Mitchell M. Idiot or genius? How does artificial intelligence work and what is it capable of. Publishing: Corpus House, 2022. P. 120-145).
3. Anna Rogers, Aleksandr Drozd, Bofang Li. The (too Many) Problems of Analogical Reasoning with Word Vectors. Available. January 2017. <https://www.researchgate.net/publication/318741605>.
  4. Aleksandr Drozd, Anna Rogers, Satoshi Matsuoka. Word Embeddings, Analogies, and Machine Learning. December 2016. <https://www.researchgate.net/publication/311843169>.
  5. Carl Allen, Timothy Hospedales. Analogies Explained: Towards Understanding Word Embeddings. <https://arxiv.org/abs/1901.09813>.
  6. Falcon Z. Dai, Word2vec Conjecture and A Limitative Result. <https://arxiv.org/abs/2010.12719>.
  7. Michael SC Thomas and Denis Mareschal. 1997. Connectionism and psychological notions of similarity. In The Proceedings of the 19th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Mahwah, NJ: Erlbaum, Stanford, USA. P. 757-762. <http://eprints.bbk.ac.uk/4611>.
  8. Louis Fournier, Ewan Dunbar, Paraphrases do not explain word analogies. <https://arxiv.org/abs/2102.11749>.
  9. Tomáš Musil. Semantic Holism and Word Representations in Artificial Neural Networks. <https://arxiv.org/abs/2003.05522>.
  10. Tal Linzen. Issues in evaluating semantic spaces using word analogies. <https://arxiv.org/abs/1606.07736>.
  11. Paul Bartha. 2016. Analogy and analogical reasoning. In Edward N. Zalta, editor, The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Metaphysics Research Lab, Stanford University. Winter 2016 edition. <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/reasoning-analogy>.
  12. Katrin Erk. What do you know about an alligator when you know the company it keeps. *Semantics and Pragmatics* 9(17):1-63. 2016. <https://semprag.org/index.php/sp/article/view/sp.9.17>.



УДК 004.89

DOI 10.17726/phillT.2024.1.6



## Чем является научное знание, произведенное методами Больших языковых моделей<sup>1</sup>?

**Барышников Павел Николаевич,**

*доктор философских наук, доцент,  
профессор кафедры исторических и социально-философских дисциплин,  
востоковедения и теологии,*

*Пятигорский государственный университет  
Пятигорск, Россия*

*[pnbaryshnikov@pgu.ru](mailto:pnbaryshnikov@pgu.ru)*

**Аннотация.** В данной статье исследуется природа научного знания, созданного с помощью больших языковых моделей (LLM), и оценивается их влияние на научные открытия и философию науки. LLM, такие как GPT-4 и прочие версии генеративных преобразованных трансформеров, представляют собой продвинутые алгоритмы глубокого обучения, способные выполнять различные задачи обработки естественного языка, включая генерацию текста, перевод и анализ данных. Цель исследования заключается в изучении того, как эти технологии влияют на процесс научных исследований, ставя под вопрос квалификацию и достоверность научных открытий, созданных с участием ИИ. Методология включает всесторонний обзор существующей литературы по применению LLM в различных научных областях, а также анализ их этических последствий. Основные выводы подчеркивают преимущества LLM, такие как ускорение научных процессов, повышение точности и возможность интеграции междисциплинарных знаний. Однако обсуждаются и проблемы, такие как вопросы надежности, этическая ответственность за контент, созданный ИИ, и экологические аспекты. В статье делается вывод о том, что, хотя LLM значительно способствуют научным достижениям, их использование требует пересмотра традиционных понятий в философии науки и установления новых этических норм для обеспечения прозрачности, подотчетности и добросовестности в исследованиях с участием ИИ.

**Ключевые слова:** большие языковые модели; научное знание; научное открытие; стратегия научного поиска; этика искусственного интеллекта.

<sup>1</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-00540, <https://rscf.ru/project/24-28-00540>.

## What is scientific knowledge produced by Large Language Models?

*Baryshnikov Pavel Nikolaevich,*

*Doctor of science (in Philosophy), Assistant professor,  
Professor of the Department of Historical and Socio-Philosophical  
Disciplines, Oriental Studies and Theology,  
Pyatigorsk State University  
Pyatigorsk, Russia  
pnbaryshnikov@pgu.ru*

**Abstract.** This article examines the nature of scientific knowledge generated by Large Language Models (LLMs) and assesses their impact on scientific discoveries and the philosophy of science. LLMs, such as GPT-4, are advanced deep learning algorithms capable of performing various natural language processing tasks, including text generation, translation, and data analysis. The study aims to explore how these technologies influence the scientific research process, questioning the classification and validity of AI-assisted scientific discoveries. The methodology involves a comprehensive review of existing literature on the application of LLMs in various scientific fields, coupled with an analysis of their ethical implications. Key findings highlight the benefits of LLMs, including accelerated research processes, enhanced accuracy, and the ability to integrate interdisciplinary knowledge. However, challenges such as issues of reliability, the ethical responsibility of AI-generated content, and environmental concerns are also discussed. The paper concludes that while LLMs significantly contribute to scientific advancements, their use necessitates a reevaluation of traditional concepts in the philosophy of science and the establishment of new ethical guidelines to ensure transparency, accountability, and integrity in AI-assisted research. This balanced approach aims to harness the potential of LLMs while addressing the ethical and practical challenges they present.

**Keywords:** large language models; scientific knowledge; scientific discovery; scientific research strategy; ethics of artificial intelligence.

### 0. Прояснение понятий

LLM (Large Language Model), Большая языковая модель – это алгоритм глубокого обучения, который может выполнять различные задачи обработки естественного языка (Natural Language Processing). Большие языковые модели используют модели-трансформеры и обучаются с использованием огромных наборов

данных, что позволяет им распознавать, переводить, прогнозировать или генерировать текст или другой контент. Большие языковые модели также называются нейронными сетями, которые представляют собой вычислительные системы, спроектированные подобно структурам человеческого мозга. Нейронные сети работают с использованием многоуровневой сети узлов, подобно нейронам. Помимо обучения работе с естественным языком большие языковые модели также можно обучить выполнению различных задач, таких как расшифровка белковых структур, написание программного кода, проектирование новых химических элементов и многое другое. LLM должны быть предварительно обучены, а затем точно настроены, чтобы они могли решать проблемы классификации текста, ответов на вопросы, обобщения документов и генерации текста [What is a large language model (LLM)?].

## 1. Введение

В декабре 2023 г. в журнале «Nature» вышла статья Давида Кастелевичи «DeepMind AI превосходит математиков-людей при решении нерешенной задачи» [Castelvecchi, 2024]. На основании этого заголовка в сети распространились тексты с утверждениями о том, что с помощью Больших языковых моделей (далее в тексте используется термин LLM – от англ. Large Language Model) возможны настоящие прорывы в области трудных проблем математики [Romera-Paredes et al., 2023]. Объемные и многочисленные публикации по указанной теме закрепили в поле научного дискурса представление о наступлении эпохи эффективного кодирования и «быстрых» научных открытий, сгенерированных LLM-подобным искусственным интеллектом [Schick et al., 2023; Park et al., 2023; AI4Science. Microsoft Research, Quantum, Microsoft Azure, 2023]. Основания философии науки позволяют увидеть в этих тенденциях проблему, которая требует тщательного прояснения понятий. Необходимо ответить на вопросы: «Что такое новое знание?», «Всякое ли новое знание является научным открытием?», «Какие существуют эвристические ограничения для нового знания, сгенерированного при помощи LLM?».

Почему это важно? Есть несколько оснований, позволяющих отнести представленную проблему к классу актуальных философских проблем. Во-первых, новые технологические прорывы

могут потребовать уточнения и расширения понятий философии науки. Во-вторых, в рамках эпистемологии необходимо дополнить уточнить содержание понятия «научное открытие», ввиду того, что в современных технологических условиях новое знание может создаваться в сотрудничестве с ИИ-агентами [AI for Scientific Discovery: Proceedings of a Workshop, 2024]. В-третьих, с учетом того, что Большие языковые модели – это компьютерные модели глубокого обучения с большим набором параметров, обученные на объемных массивах данных, возникает вопрос в рамках философии математики о вычислимости научных открытий [Hinsen, 2014]. И, наконец, в-четвертых, новые исследовательские методы остро ставят вопрос об этических аспектах работы ИИ-исследователя (ученого, использующего в работе новые ИИ-методы).

Очевидные плюсы использования технологий искусственного интеллекта в научных исследованиях можно свести к следующему перечню:

- *Ускорение процесса исследований.* ИИ позволяет анализировать большие объемы данных и проводить сложные вычисления гораздо быстрее, чем это было бы сделано с помощью традиционных методов. Такие возможности способствуют более быстрому обнаружению закономерностей, тенденций и новых корреляций в данных, что в общем и целом ускоряет процесс научных исследований.
- *Автоматизация и оптимизация.* ИИ способствует автоматизации многих рутинных процессов в ходе научных исследований, таких как обработка данных, создание моделей и прогнозирование результатов. Отдав часть интеллектуальных задач LLM, исследователи могут сосредоточиться на более творческих и стратегических задачах.
- *Поиск новых решений и подходов.* Благодаря возможностям машинного обучения и анализа данных ИИ способен разрабатывать новые подходы к решению проблем, которые могут быть недоступны для человека.
- *Повышение точности и надежности.* Использование ИИ в научных исследованиях повышает точность результатов и уменьшает вероятность ошибок. Алгоритмы машинного обучения могут обнаруживать скрытые закономерности и предсказывать результаты с высокой точностью, что способствует более надежным научным открытиям.

*Интеграция различных дисциплин.* ИИ позволяет объединять знания и методы из различных областей науки, что способствует междисциплинарным исследованиям и созданию новых концептуальных взаимосвязей между различными областями знания [AI for Scientific Discovery: Proceedings of a Workshop, 2024].

Далее рассмотрим, как меняется представление о природе научного открытия в случае применения вычислительных методов вообще и с применением LLM в частности.

## **2. Природа научного открытия и стратегии научного поиска**

Трудно переоценить влияние роста и усложнения компьютерных технологий на методы научного поиска и принципы обнаружения новых фактов и природных явлений. Несмотря на то, что в традиционной философии науки понятие научного открытия связывалось не с нормативным следованием правилу и не с вычислениями, а, скорее, с творческим потенциалом исследователя, его иррациональной способностью переживать озарения, тем не менее сегодня существуют научные области, в которых открытия новых свойств объектов целиком зависят от свойств алгоритмов [Muntean, 2014].

Наука – это специфическая форма знаний, в которой данные и эксперименты играют фундаментальную роль в формировании гипотез относительно устройства мира. Дадим определение понятию «научное открытие». Научное открытие – это процесс или результат успешного научного исследования. Объектами такого процесса (результата) могут быть явления, события, процессы, причины, качества, а также теории, гипотезы и их характеристики [Schickore, 2020]. Традиционно принято отличать открытие-озарение (иррациональный рывок) от открытия-процесса, а также создание нового знания от его подтверждения и доказательства непротиворечивости.

Из этого различения вытекают два подхода, задающих критерии оценки научного метода:

1. Генеративный подход – суждения теории следуют из наблюдений и экспериментов.

Консеквенциалистский подход – наблюдения и эксперименты задаются содержанием теоретических суждений [Nickles, 1988].

Основной принцип порождения и обоснования научного знания состоит в том, что исследователь постоянно связывает между собой момент озарения, логический процесс обобщения (который включает в себя концептуальную проработку фактов, имен и понятий и построение теоретических высказываний) и экспериментальную верификацию. Собственно, основные споры в философии науки идут вокруг этих трех компонентов: открытие, обобщение, проверка. В течение всего XX в. момент открытия выводился за границы объема понятий, связанных с чем-либо импульсивно-иррациональным. Логика научного открытия предписывала существование универсальных схематических стратегий рассуждений, приводящих к порождению нового знания.

Важно подчеркнуть, что вычисления и алгоритмическое решение исследовательских задач и компьютерное моделирование традиционно рассматривались как часть проверочных процедур, лежащих за областью эвристических процессов. Так как вычислительное представление знаний не имеет дела с фактами, но лишь со структурами данных и регулярными корреляциями внутри этих структур, то можно было бы утверждать, что момент исследовательского «прозрения» не имеет под собой оснований, выводимых из формальных или нормативных процедур. Следовательно, с этой точки зрения, правил, следование которым приводило бы к научным открытиям или решению любых исследовательских задач, не существует. Однако бурный рост производительной мощности компьютерной техники в XX в. приводит постепенно к убеждениям, согласно которым научное открытие понимается как нормативная процедура, редуцируемая к отношениям между «твердыми» данными и правилами интерпретации. Логика научного открытия требует наличия формальных общеприменимых правил, с помощью которых новые идеи могут быть механистически выведены из имеющихся данных. Повсеместно научные открытия стали производиться за счет механистических индуктивных обобщений [Boden, 2004, 209].

История развития теоретической и практической областей искусственного интеллекта знает множество примеров, когда научное открытие совершалось с помощью вычислительных эвристик за счет механистической работы операторов, преобразующих изначальное состояние системы в целевое состояние системы [Thagard, 2004]. В этом случае научное открытие понимается как

эффективный способ решения задач в рамках проблемного поля, обладающего конечным набором конфигураций. Приращение нового научного знания происходит за счет выявления отличий между исходным и целевым состоянием. Стратегии построения научных исследований становятся ограниченными вычислимостью функции и алгоритмической разрешимостью. Ранняя критика применения ИИ-методов в научных открытиях указывала на неспособность вычислительных систем изобретать новые понятия или выявлять новые объекты.

Тем не менее, со временем невозможно стало отрицать роль компьютерных методов искусственного интеллекта в интерпретации данных и в производстве нового. Но стоит указать на то, что влияние компьютерных подходов, как правило, понималось в контексте увеличения производительности труда ученого. Автоматизация научного исследования с ростом вычислительной мощности и сложности алгоритмов позволила триллионы рутинных дескриптивных и типологических операций отдать машинам. При этом стало возможным применение программ даже при анализе качества самих научных теорий. Например, «генетическое программирование способствует процессу научных открытий, позволяя автоматически создавать и совершенствовать научные теории посредством эвристического процесса поиска» [Addis et al., 2016, p. 83].

Некоторые авторы смотрят еще более оптимистично на возможность использования эволюционного вычисления для оптимизации параметров моделей, генерации новых идей и исследования сложных систем. В работе [Muntean, 2014] подчеркивается, что эволюционное вычисление может помочь ученым быстрее сосредотачиваться на интересующих явлениях и интерпретировать их значение. Авторы уверены, что эволюционное вычисление представляет собой перспективный инструмент для будущих научных проектов и может изменить природу научного открытия, став ключевым элементом на пути к информационной сингулярности, где искусственный интеллект будет конкурировать с людьми. Отметим, что указанные две работы написаны до так называемого LLM-поворота в науке.

Возникает вопрос: изменилось ли что-то радикально с момента революционного скачка в создании LLM? Может ли повлиять предсказательная способность модели на эпистемологические ха-

рактеристики научного открытия?

Прежде всего, стоит указать на ключевые положения пессимистического взгляда на влияние LLM, неконтролируемое применение которых оказывает прямое воздействие на общую методологию научного исследования и на науку как на социальный институт. Основой критики со стороны ряда авторов [Birhane et al., 2023] относительно применения LLM в научных исследованиях является то, что «LLM генерируют прогнозы «статистически вероятных продолжений последовательностей слов» на основе грубого итеративного обучения на огромных массивах цифровых текстовых данных» [Там же, р. 277]. Возможность таких прогнозов вытекает из того, что модели используют базовое статистическое распределение ранее сгенерированного текста и далее происходит своеобразное «сшивание» векторизованных строк символов на основе вероятностей их совместного появления в ряде последовательностей. По мнению А. Бирхане с соавторами, LLM не хватает коммуникативно воплощенных и реляционных функций, которые являются предпосылкой научного мышления в прямом смысле слова. В связи с чем для современной науки возникают проблемы и риски, требующие новых правил и принципов урегулирования:

- *Проблема точности и надежности.* LLM могут «галлюцинировать» или генерировать неточный контент. Возникает вопрос, как ученые могут определять и выявлять ненадежные или непроверенные результаты.
- *Замедленная реакция на изменения в науке.* LLM не могут эффективно адаптироваться к быстро развивающимся мировым знаниям или распределению данных.
- *Малоизученные объекты.* LLM могут с трудом генерировать точный контент для редких или малоизученных явлений, что создает проблемы для информирования об аномалиях или новых открытиях.
- *Добросовестность исследований.* Плагиат и искажения фактов авторами в научных публикациях, созданных при помощи LLM, поднимают вопросы об авторской ответственности и аутентичности научного контента.
- *Ответственность.* Определение того, кто несет ответственность за добросовестность научных исследований и содержание статей, поддерживаемых LLM, является критически важным вопросом.



- *Объяснимость и предвзятость.* Непрозрачность принципов генерирования последовательностей токенов поднимает ряд вопросов: об интеграции новых знаний в общее предметное поле того или иного научного направления, о выявлении первоисточников и о потенциальных искажениях в полученных результатах.
- *Экологические проблемы.* LLM имеют значительный углеродный след, их широкое использование может отрицательно сказаться на глобальной экологической обстановке.
- *Этические проблемы.* Этот вид проблем связан с мерой ответственности за научный подлог, сгенерированный моделью [Birhane et al., 2023].

Иначе говоря, авторы призывают к устранению этих рисков посредством междисциплинарных дискуссий, адаптации публикационной политики и этических правил для повышения строгости и воспроизводимости научных исследований. Уже сегодня становится очевидным, что необходим сбалансированный подход к использованию LLM в науке. Необходимо продвижение в исследовательское сообщество идей, связанных с ответственным использованием, прозрачностью, ответственностью, а также постоянной оценкой влияния Больших языковых моделей на научную практику и результаты.

### 3. Примеры «открытий» методами Больших языковых моделей

Далее приведем несколько примеров эвристических прорывов, осуществленных методами LLM и охарактеризованных некоторыми представителями отрасли знания как научное открытие. Необходимо рассмотреть черты полученного нового знания, позволяющие делать подобные обобщения, и выявить также фундаментальные свойства научного открытия, которые недостижимы для LLM.

#### **Пример 1.**

В качестве примера рассмотрим результаты применения модели GPT-4 в современных исследованиях по биоинформатике. Там, где прирост нового знания напрямую связан с обработкой и анализом данных, GPT-4 демонстрирует высокую производительность. Модель может применяться как способ обработки

сложного специального символического биологического языка, как способ решения формальных или вычислительных задач по биоинформатике и как ассистент для обработки идей по биологическому дизайну [AI4Science. Microsoft Research, Quantum, Microsoft Azure, 2023]. Обширная база знаний по вычислительной биологии позволяет GPT-4 строить нетривиальные рассуждения в рамках известных теорий. GPT-4 способна интерпретировать информацию, извлеченную из специализированных файлов в биологических доменах, таких как формат MEME, формат FASTQ и формат VCF [Там же, р. 42]. Кроме того, модель отлично справляется с биоинформационным анализом с заданными параметрами. Например, прогнозирование сигнальных пептидов для заданной последовательности [Там же, р. 46]. После описания роли (модели предложили исполнить роль эксперта в области молекулярной генетики и биоинформатики) и постановки проблемы (определение наличия сигнальных пептидов в аминокислотной последовательности) исследователи получили цепочку рассуждений. Проведем аннотирование этих рассуждений:

<b>GPT-4:</b>	Аннотирование
Сигнальные пептиды представляют собой короткие последовательности аминокислот, которые направляют транспорт белков в определенные места в клетке.	Определение ключевого понятия и выявление основных функций.
Эти последовательности обычно находятся на N-конце белка и отщепляются, как только белок достигает места назначения.	Описание регулярных свойств.
Чтобы идентифицировать сигнальный пептид в данной последовательности, мы можем искать определенные характеристики:	Установление логической связи: если есть представители класса характеристик, то это признаки, полезные для идентификации искомой сущности.

<p>1. Положительно заряженная N-область, обычно длиной 1-5 аминокислот, содержащая в основном остатки лизина (K) или аргинина (R).</p> <p>2. Гидрофобное ядро из 7-15 аминокислот, состоящее в основном из алифатических остатков, таких как лейцин (L), изолейцин (I) и валин (V).</p> <p>3. C-область, содержащая сайт расщепления, обычно с аминокислотами аланином (A), глицином (G), серином (S) или треонином (T).</p>	<p>Перечисление характеристик-идентификаторов, наличие которых является необходимым условием обнаружения сигнальных пептидов.</p>
<p>При рассмотрении данной последовательности N-концевая область (MKALRLSASALFCLLLINGLGA), по-видимому, имеет положительно заряженную N-область (MKALR), гидрофобное ядро (LSASALFCLLL) и C-область, содержащую возможный сайт расщепления (INGLGA). Это указывает на присутствие потенциального сигнального пептида в этой последовательности.</p>	<p>Гипотеза и эмпирическое подтверждение гипотезы, основанное на условиях идентификации.</p>

С одной стороны, алгоритм формулирования и решения научной задачи выглядит классическим для биоинформатики, т. к. ключевым исследовательским объектом здесь являются нуклеиновые кислоты и белки, структура которых принципиально определяет свойства живых организмов и их частей, а предметом – алгоритмы обработки данных о структуре биологических макромолекул. Сам методологический инструментарий этой науки – результат роста вычислительной мощности и сложности алгоритмов обработки данных. С другой стороны, возникает вопрос, является ли генерирование подобного знания производством принципиально нового знания. Если научное открытие понимать как результат применения нормативных процедур, то, разумеется, да. Однако в формулировании представленной исследовательской задачи не хватает ключевого компонента – формулировки научной проблемы. В приведенном примере сложность состоит лишь в объемах

вычислений; то, что нужно найти, является тем, что нужно вычислить. Важно также и то, что данная задача легко представима в виде компьютерной программы. Каждый шаг описания условий, гипотезы и этапов проверки легко формализуется. Мы попытались представить исследовательские результаты, полученные при помощи GPT-4 [AI4Science. Microsoft Research, Quantum, Microsoft Azure, 2023], в виде технического задания для GPT-4o<sup>1</sup>. Удивительно, что LLM одинаково эффективно создавала код, который как обнаруживал сигнальный пептид, так и не обнаруживал. Пришлось строить диалог с системой, чтобы обнаружить ошибку в коде или в условиях задачи<sup>2</sup>. Возникает трудный, на наш взгляд, вопрос, является ли научной проблемой та область неизвестного, поиск которого можно представить в виде компьютерной программы. Вместе с тем, что специфика работы LLM над концептуализацией и формализацией исследовательской проблемы требует тщательной аттестации и верификации со стороны экспертов.

### **Пример 2.**

Разработчики из DeepMind представили методы использования LLM, в частности модели FunSearch, позволяющие более эффективно исследовать математические структуры [FunSearch: Making new discoveries in mathematical sciences using Large Language Models, 2023]. FunSearch работает, генерируя гипотезы и используя LLM для их проверки на основе известных математических принципов и данных. Процесс включает как создание новых идей, так и проверку их обоснованности с помощью обширных вычислительных методов. Одним из заметных достижений этого подхода является его способность решать проблемы, которые традиционно были сложными для систем ИИ. Например, FunSearch добилась значительного прогресса в таких областях, как теория узлов и теория представлений, обнаружив новые закономерности и связи, которые ранее были неизвестны. Сторонники этого подхода с энтузиазмом смотрят на новые возможности решения исследовательских задач, таких как: автоматизация доказательств, проверка и генерирование гипотез, выявление статистических и вероятностных закономерностей. Подчеркнем, что

---

<sup>1</sup> <https://colab.research.google.com/drive/1FH7Ba-Zltcbd6A61lgG0xU3vLIQp69-F#scrollTo=6cB8lJHjzXR&line=5&uniqifier=1>.

<sup>2</sup> Результаты этого диалога можно увидеть здесь: <https://chatgpt.com/share/52ffb917-21dd-45a4-b036-2680a62ceb78>.

результаты, полученные при помощи LLM, могут быть как чисто прикладными, приводящими к тривиальному расширению за счет объемов и сложностей вычислений, так и эвристическими, открывающими невидимые ранее закономерности, подталкивающими исследователей к обнаружению новых связей и к нестандартным интерпретациям имеющихся данных.

Примером того, как прикладные вычисления при помощи LLM создают основания для реализации исследовательских эвристик, может служить случай использования AlphaTensor – системы ИИ, способной к поиску новых, эффективных алгоритмов для умножения матриц. AlphaTensor, основанная на AlphaZero, подходит к открытию алгоритмов как к однопользовательской игре. Исследуя огромное количество возможностей, AlphaTensor находит более эффективные методы умножения матриц, которые могут быть применены в различных областях, включая компьютерную графику, нейронные сети и научные вычисления [Fawzi et al., 2022]. Такой подход позволяет автоматизировать процесс обнаружения эффективных вычислительных решений для решения исследовательских задач. Пространство возможных алгоритмов велико, и в этом случае необходимо «развертывание» ИИ-агента, способного огромное количество раз сыграть в однопользовательскую игру, целью которой является нахождение тензорных разложений в конечном факторном пространстве. Важно отметить, что приведение задачи к матричному виду считается равнозначным решению задачи. Считать ли такие находения решений (как, например, улучшение двухуровневого алгоритма Штрассена) научным открытием – вопрос, не имеющий однозначного ответа.

## Выводы

За последние десятилетия вычислительный поворот в науке привел к тому, что трансформационные процессы затронули базовые эпистемологические принципы научного познания. Сегодня вычислительные методы представляют собой не просто способ усложнения и ускорения расчетов. Так называемый дата-центризм лежит в основании методологического дизайна научных исследований, в связи с чем результаты вычислений и анализа данных понимаются как новые результаты научного познания. Большие языковые модели извлекают из огромных массивов неструкту-

рированной информации новые концептуальные связи, которые в корне меняют механизмы организации научной деятельности. Формулирование исследовательских задач в виде математической дескрипции восходит к Галилею и в принципе проходит через все этапы становления современных естественных дисциплин. Анализ данных в настоящее время все чаще закладывается в дизайн эксперимента и в критерии применимости научной гипотезы. На наш взгляд, это важный вывод: оптимизация вычислительных задач лежит в основании современных открытий. Очевидно, что LLM повышают производительность труда исследователя, превращая в рутину разработку методологического каркаса. С помощью моделей можно быстро перебирать комбинации структурных компонентов методологии и решать чисто прикладные вычислительные задачи [Hope et al., 2023]. Вместе с тем, неочевиден ответ на вопрос, насколько правомерно считать сложные и быстрые комбинаторные вычисления, создание кода для формализации поисковой задачи или экстракцию последовательностей токенов из текстов элементами научного открытия. Непрозрачность принципов генерирования результирующих текстов, отсутствие субъектности и, следовательно, ответственности лишь обостряют этот вопрос.

#### *Литература*

1. Addis M. et al. Computational Scientific Discovery and Cognitive Science Theories // Computing and Philosophy Synthese Library. Cham: Springer International Publishing, 2016. P. 83-97.
2. AI4Science. Microsoft Research, Quantum, Microsoft Azure. The Impact of Large Language Models on Scientific Discovery: a Preliminary Study using GPT-4. URL: <https://arxiv.org/abs/2311.07361> (дата обращения: 16.05.2024).
3. Birhane A. et al. Science in the age of large language models // Nature Reviews Physics. 2023. Т. 5. № 5. P. 277-280.
4. Boden M.A. The creative mind: myths and mechanisms. London; New York: Routledge, 2004. Вып. 2nd ed. 344 p.
5. Castelveccchi D. DeepMind AI outdoes human mathematicians on unsolved problem // Nature. 2024. Т. 625. № 7993. P. 12-13.
6. Fawzi A. et al. Discovering faster matrix multiplication algorithms with reinforcement learning // Nature. 2022. Т. 610. № 7930. P. 47-53.
7. Hinsin K. Computational science: shifting the focus from tools to models // F1000Res. 2014. Т. 3. P. 101.
8. Hope T. et al. A Computational Inflection for Scientific Discovery // Commun. ACM. 2023. Т. 66. № 8. P. 62-73.
9. Muntean I. Computation and Scientific Discovery? A Bio-Inspired Approach // Artificial Life 14. Proceedings of the Fourteenth International

- Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems, 2014.
10. Nickles T. Truth or Consequences? Generative versus Consequential Justification in Science // PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. 1988. T. 1988. P. 393-405.
  11. Park J.S. et al. Generative Agents: Interactive Simulacra of Human Behavior // 2023.
  12. Romera-Paredes B. et al. Mathematical discoveries from program search with large language models // Nature. 2023.
  13. Schick T. et al. Toolformer: Language Models Can Teach Themselves to Use Tools // 2023.
  14. Schickore J. Scientific Discovery // The Stanford Encyclopedia of Philosophy; edited by E. N. Zalta, U. Nodelman: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2020. Вып. Fall 2020.
  15. Thagard P. Computing in the Philosophy of Science // The Blackwell guide to the philosophy of computing and information Blackwell philosophy guides; edited by L. Floridi. Malden, Mass.: Blackwell, 2004. Вып. 1. Publ. P. 307-317.
  16. FunSearch: Making new discoveries in mathematical sciences using Large Language Models. URL: <https://deepmind.google/discover/blog/funsearch-making-new-discoveries-in-mathematical-sciences-using-large-language-models> (дата обращения: 28.05.2024).
  17. AI for Scientific Discovery: Proceedings of a Workshop; edited by R. Pool. Washington, D.C.: National Academies Press, 2024. Вып. Science and Engineering Capacity Development Unit, Computer Science and Telecommunications Board, Policy and Global Affairs, Division on Engineering and Physical Sciences, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.
  18. What is a large language model (LLM)? URL: <https://www.elastic.co/what-is/large-language-models> (дата обращения: 28.05.2024).

## ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ информационных технологий и киберпространства

№ 1 (25) 2024

ISSN 2305-3763

Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
Эл. № ФС77-50786<https://cyberspace.pgu.ru>

**Цели сетевого журнала** «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства»:

- Повысить статус социо-гуманитарного знания в фундаментальных проблемах развития информационного общества.
- Осветить новые теоретические междисциплинарные направления в современных областях философии техники, социальной эпистемологии, когнитивных науках, теории искусственного интеллекта.
- Расширить сферу профессионального диалога в области информационных технологий, теории киберпространства, виртуалистики, искусственного интеллекта, когнитивных наук.
- Привлечь перспективных специалистов к совместной работе над проектами в гуманитарно-технологической сфере.
- Осуществить информационную поддержку для российских исследователей, работающих в указанных областях.
- Создать коммуникационную платформу для расширения сотрудничества российских и зарубежных профессиональных сообществ.

**Задачи сетевого журнала** «Философские проблемы информационных технологий и киберпространства»:

- выпуск журнала, осуществление информационной деятельности,
- предоставление полнотекстового доступа к научным статьям,
- продвижение научного контента в отечественных и мировых базах данных,
- менеджмент и аналитика публикационной активности.

Журнал публикует научные статьи, краткие сообщения, обзоры научных мероприятий, рецензии, аннотации. Все материалы, публикуемые в журнале, проходят анонимное рецензирование с рассылкой мотивированных заключений.

**Принципиальная политика** редакции журнала - открытый доступ (Open Access) к научной информации, бесплатные публикации, постоянная работа над повышением качества научного контента.



В журнале публикуются статьи по следующим областям науки, группам научных специальностей и научным специальностям (согласно Номенклатуре научных специальностей, утвержденной Министерством науки и высшего образования РФ):

## **1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

### **1.2. Компьютерные науки и информатика**

- 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение
- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

## **5. СОЦИАЛЬНЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

### **5.6. Исторические науки**

- 5.6.6. История науки и техники

### **5.7. Философия**

- 5.7.1. Онтология и теория познания
- 5.7.2. История философии
- 5.7.6. Философия науки и техники
- 5.7.7. Социальная и политическая философия
- 5.7.8. Философская антропология, философия культуры

### **5.9. Филология**

- 5.9.8. Теоретическая, прикладная и сравнительно-сопоставительная лингвистика
- 5.9.9. Медиакоммуникации и журналистика

## **РУБРИКИ ЖУРНАЛА:**

- Философия языка и компьютерная лингвистика
- История и философия информационных технологий
- Философия когнитивных наук (вычислительные подходы)
- Виртуалистика
- Философия сознания и методология искусственного интеллекта
- Гуманитарное измерение робототехники
- Информационное общество
- Футурология