ДОСТОВЕРНОСТЬ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ — ОСНОВА ДОСТОВЕРНОСТИ ПРИМЕНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В. Б. Бетелин[1,а], **В. А. Галкин**[2,б], **Т. В. Гавриленко**[2,в]

[1] *Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Москва, Российская Федерация*

[2] *Сургутский филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Сургут, Российская Федерация*

[а] *ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6646-2660, betelin@niisi.msk.ru*

[б] *ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9721-4026, val-gal@yandex.ru*

[в] *ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3243-2751,* ✍ *taras.gavrilenko@gmail.com*

Аннотация: в статье анализируются фундаментальные ограничения и риски, связанные с повсеместным внедрением технологий искусственного интеллекта (ИИ), и в частности универсальных моделей типа GPT. Показано, что эпоха экстенсивного масштабирования ИИ завершается из-за исчерпания качественных человеческих данных. Рассмотрены задачи ИИ через призму теории некорректно поставленных обратных задач, доказано, что вычислительная неустойчивость является объективным математическим свойством. Обосновано, что основа архитектуры «Трансформер», опирающаяся на структурную лингвистику, не имеет строгого математического обоснования при переносе на области без формального синтаксиса (медицина, промышленность), что ставит под сомнение достоверность получаемых данных. На примерах из академической и школьной среды продемонстрированы фактические признаки стагнации науки и образования, вызванные делегированием интеллектуального труда генеративному ИИ. Сформулирован вывод о необходимости перехода от универсальных моделей к специализированным ИИ-решениям, требующим математического обоснования классов корректности, верификации исходных данных предметной области и обязательного контроля со стороны человека при работе с критической инфраструктурой.

Ключевые слова: искусственный интеллект, архитектура трансформера, некорректно поставленные обратные задачи, вычислительная нестабильность, качество данных, контроль человеком.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ по теме № FNEF-2024-0001 «Создание и реализация доверенных систем искусственного интеллекта, основанных на новых математических и алгоритмических методах, моделях быстрых вычислений, реализуемых на отечественных вычислительных системах» (1023032100070-3-1.2.1).

Для цитирования: Бетелин В. Б., Галкин В. А., Гавриленко Т. В. Достоверность исходных данных — основа достоверности применений технологий искусственного интеллекта при решении практических задач. *Успехи кибернетики.* 2026;7(2):16–30.

Поступила в редакцию: 20.05.2026. *В окончательном варианте: 23.06.2026.*

RELIABLE INPUT DATA AS THE FOUNDATION FOR TRUSTWORTHY AI APPLICATIONS

V. B. Betelin[1,a], **V. A. Galkin**[2,b], **T. V. Gavrilenko**[2,c]

[1] *Scientific Research Institute for System Analysis of the National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russian Federation*

[2] *Surgut Branch of Scientific Research Institute for System Analysis of the National Research Centre "Kurchatov Institute", Surgut, Russian Federation*

[a] *ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6646-2660, betelin@niisi.msk.ru*

[b] *ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9721-4026, val-gal@yandex.ru*

[c] *ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3243-2751,* ✍ *taras.gavrilenko@gmail.com*

Abstract: we analyzed the fundamental limitations and risks of artificial intelligence (AI), with particular emphasis on large general-purpose models such as GPT. We showed that the era of extensive AI growth is approaching its limits because the supply of high-quality human-generated data is becoming exhausted. We considered AI-related challenges within the framework of ill-posed inverse problems and demonstrated that computational instability is an inherent mathematical property of such problems. We examined the theoretical foundations of the Transformer architecture and showed that its application to domains without formal syntactic structures, such as medicine and industry, lacks rigorous mathematical justification, raising concerns about the reliability of the resulting outputs. We analyzed examples from secondary and higher education and identified signs of stagnation associated with the delegation of intellectual tasks to generative AI systems. Based on our findings, we concluded that future AI development should shift from universal models toward specialized solutions supported by mathematical justification, verification of domain-specific source data, and mandatory human oversight in applications involving critical infrastructure.

Keywords: artificial intelligence, Transformer architecture, ill-posed inverse problems, computational instability, data quality, human oversight.

Acknowledgements: this study is a part of the FNEF-2024-0001 government order contracted to the NRC "Kurchatov Institute" – SRISA, project No. 1023032100070-3-1.2.1 Development and Implementation of Trusted Artificial Intelligence Systems Based on new Mathematical Methods and Algorithms, Fast Computing Models for Domestic Computing Systems.

Cite this article: Betelin V. B, Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Reliable Input Data as the Foundation for Trustworthy AI Applications. *Russian Journal of Cybernetics*. 2026;7(2):16–30.

Original article submitted: 20.05.2026. *Revision submitted: 23.06.2026.*

Введение

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) стремительно интегрируются во все сферы человеческой деятельности: от фундаментальной науки, промышленности и медицины до образования и военного планирования. Однако за внешне впечатляющим технологическим рывком, сулящим небывалые перспективы развития не только сфер образования, науки и промышленности, но и гуманитарной сферы, и самого человека, скрывается, по сути дела, **угроза стагнации как всех этих сфер,** так и собственно сферы ИИ. Технология ИИ не является автономным «сверхразумом»; по своей природе это информационная технология, достоверность и результаты применения для **решения практической задачи** которой в какой-либо сфере определяются человеком. Прежде всего, такими результатами его деятельности для решения **конкретной практической задачи,** как достоверность подготовленных им данных, достоверность формализации им предметной области и достоверность и устойчивость выбранных им алгоритмов. **Развитие массовых ИИ-технологий** типа GPT как **универсальных многоцелевых технологий** без частичного или полного учета этих обстоятельств уже **привело**, по сути дела, **к стагнации этих технологий**. Действительно, ведущие мировые лидеры массовых технологий ИИ Илья Суцкевер, Сэм Альтман, Демис Хассабис констатируют завершение эпохи экстенсивного масштабирования ИИ: **качественные человеческие данные исчерпаны,** вероятность достижения «дна» в 2026 г. по оценкам Epoch AI составляет 80%, а простое наращивание параметров и флопсов перестало давать взрывной рост [6–12]. При этом США уже инвестировали сотни миллиардов долларов в развитие вычислительной инфраструктуры, дата центров, обеспечивающих эти технологии, главным показательным которых стали не флопсы, а мегаватты [3, 4], поскольку в настоящее время они потребляют около 4% электроэнергии в США, а к 2030 г. это потребление удвоится. Один из планируемых способов удовлетворения этого спроса — строительство малых ядерных реакторов мощностью 500 Мвт [5]. Одно из последствий инвестирования в инфраструктуру ИИ США — острый дефицит компонентов памяти (DDR5, HBM, SSD) из-за переориентации производства под нужды ИИ [13–18]. США также ограничили экспорт передовых чипов через GAIN AI Act [1, 2].

Аналогичным образом применение массовых ИИ-технологий типа GPT в различных сферах деятельности без учета этих обстоятельств может привести, а в сферах науки и образования уже привело к **появлению фактических признаков стагнации**. Например, до 90% статей аспирантов, поступивших в редакцию научного журнала «Успехи кибернетики» в 2025–26 гг., были сгенерированы ИИ с фальшивыми списками литературы, а в старших классах

одной из школ г. Сургута ученики делегируют выполнение домашних заданий чат-ботам, что препятствует формированию у них знаний, умений и навыков, необходимых для выполнения этих заданий, и тем самым **ставит под сомнение** возможность **освоения** в перспективе **даже уже существующих технологий**, не говоря уже о разработке новых.

Проект Wordfreq, занимавшийся анализом частотности слов в онлайн-пространстве, прекратил свою работу из-за невозможности отделить созданный искусственным интеллектом текст от контента, написанного людьми. Создательница проекта Робин Спир объяснила, что нейросети наводнили интернет таким количеством искусственного текста, что он стал непригоден для изучения реального языкового использования. Wordfreq отслеживал изменения в употреблении слов в более чем 40 языках, анализируя разнообразные источники, включая Википедию, субтитры к фильмам, новостные статьи, книги, публикации в Twitter и Reddit. Полученные данные использовались лингвистами для изучения динамики языковых изменений в контексте современной культуры [40]. Многие проекты, вместо полного закрытия, переходят на использование ИИ для обработки языков, что меняет роль лингвиста с «собирателя» на «редактора» ИИ-данных [41]. Подобные сообщения вызывают тревогу и свидетельствуют о появлении **фактических признаков стагнации** естественных языков.

В обобщенной постановке задача построения технологии искусственного интеллекта сводится к задаче **итерационного построения аппроксимирующей функции** (обучения ИИ) и **метрики близости** к этой функции на основе множества **достоверных данных** об интеллектуальной деятельности человека при решении им, вообще говоря, любой практической задачи из любой области деятельности (сильный ИИ). Однако в настоящее время существует **только предположение о возможности** создания таких технологий, но не **научные обоснования** возможности **существования** технологий **сильного ИИ** не только для любой, но и для какой-либо конкретной области человеческой деятельности, такой, например, как медицина. В том числе **предположение о достоверности** множества **данных, и сходимости** итерационного процесса к требуемому результату, и **устойчивости метрики близости.**

В существующей сегодня практической постановке технологии ИИ — это технология компьютерного моделирования интеллектуальной деятельности человека при решении **конкретных практических задач, придуманных человеком.** Это **игровые ИИ-**решения (шахматы, шашки, го и т.д.), основанные на модели **противоборства двух человек** следующих **одним и тем же формальным правилам**, а также **компиляционно-поисковые ИИ**-решения (типа GPT), основанные на модели **формального языка человека** и множестве **текстовых данных** на этом языке, созданных человеком.

В настоящее время ИИ-решения типа GPT являются наиболее востребованными массовыми решениями, которые ведут поиск в информационной базе **достоверных текстовых данных, созданных человеком**, достоверных семантических аналогов **заданной человеком** текстовой последовательности. При этом сформированный ИИ-решением семантический аналог будет представлять собой только **изложение, компиляцию** имеющихся в базе текстовых данных, **но не сочинение** на заданную человеком тему, то есть **не создание** новых текстовых данных, **не имеющих семантических аналогов** в этой базе. Именно это обстоятельство в совокупности с **«исчерпанием качественных человеческих данных»** [6–12] и является основной **причиной угрозы стагнации всех сфер применения массовых ИИ-решений типа GPT,** включая и попытки обойти это «исчерпание» путем генерации нейросетями **синтетических данных.**

Альтернативой универсальным массовым технологиям ИИ типа GPT, обеспечивающей **развитие, а не стагнацию всех сфер применения**, являются **технологии ИИ для решения конкретных практических задач**, создание которых включает **наполнение достоверными данными** информационной базы множеством возможных решений, формируемых человеком, синтез на этой основе **достоверной метрики близости** к этим решениям, и **достоверность**, и **устойчивость** используемых при этом алгоритмов.

Математическая основа: неустойчивость как свойство задач ИИ

В математике обучающим набором является система аксиом. В математической физике — это функция Грина.

Традиционный взгляд на информационные технологии связан, прежде всего, с тем, что

предметом исследования является классификация данных на основе неким образом (экспериментально) установленных связей между ними. (Естественно, что установление таких связей является результатом деятельности человеческого интеллекта!)

В дальнейшем интерпретация получаемой экспериментальной информации на основе предпочтений носителя интеллекта именуется «обучающим набором».

В обобщенном виде задача построения технологий искусственного интеллекта (ИИ) состоит в построении аппроксимирующей функции, моделирующей интеллектуальную деятельность носителя интеллекта (человека) в некоторой конкретной выбранной области его деятельности на основе достоверного множества образцов этой деятельности (слепков). Процесс итерационного построения аппроксимирующей функции завершается при достижении минимума значения некоторого функционала. Эта функция, реализуемая в виде программного обеспечения, выполняемого на компьютере, моделирует интеллектуальную деятельность человека.

По своей сути, это задача интерполяции, которую стремятся сделать наилучшей (т.е. оптимальной), восходящая к работам акад. П.Л. Чебышёва по отысканию многочлена, наименее уклоняющегося от нуля. Этот класс задач — создание выделенных связей (отношений) между данными на основе их продолжения с заданного множества, составляющего обучающий набор. Это прямая задача синтеза связей. К ней примыкает обратная задача интерпретации полученной информации (по результатам наблюдений на основе выделенных связей нужно восстановить источник информации).

Зачастую обратная задача применяется в условиях заведомо противоречивых данных, что типично для некорректных задач, которые характеризуются выполнением хотя бы одного из следующих пунктов:

1) задача не имеет решения;
2) задача имеет больше, чем одно решение;
3) решение неустойчиво при «малых» изменениях полученной информации.

Этот класс задач разрабатывался школами акад. А.Н. Тихонова, акад. М.А. Лаврентьева. Были построены эффективные алгоритмы регуляризации, положенные в основу технологий неразрушающего контроля, компьютерной томографии, распознавания образов и т.п. Указанный подход основывается на том, что на основе «наблюдений» формируются гипотетические отношения $R(z,u)$ между множеством наблюдаемых информаций $u \in U$ и множеством неизвестных источников информации $z \in F$. Обычно эти отношения записываются в виде отображения $A : F \to U$ так, что

$$A(z) = u.$$

При этом достоверно неизвестны ни A, ни u, ни z! Обычно постулируется вид отображения A, а недостоверность его задания переносится в ошибку определения информации u.

Для того, чтобы иметь оценку качества получаемых результатов, на множествах F, U задают топологическую структуру при помощи метрик ρ_F, ρ_U соответственно. В теории некорректных задач целью является приближение неизвестной $z_\mathrm{T} \in F$ на основе полученной информации $u_\delta \in U$, подчиняющейся условию $\rho_U(u_\delta,u_\mathrm{T}) = \delta > 0$, где δ — точность наблюдений, и при этом u_T неизвестно.

Ситуацией общего положения является отсутствие решения уравнения:

$$A(z) = u_\delta$$

либо отсутствие непрерывности обратного отображения $A^{-1} : U \to F$ (неустойчивость решения обратной задачи) на заданной паре метрических пространств (F,ρ_F), (U,ρ_U). Последнее можно преодолеть за счет правильного подбора класса корректности сообразно рассматриваемой обратной задаче, к чему вернемся ниже.

Типичная форма для блоков ИНС — это интегральное уравнение Фредгольма 1-го рода на пространствах функций $z(s)$ и $u(t)$, интегрируемых с квадратом:

$$\int_a^b K(t,s)z(s)ds = u(t), \qquad c \le t \le d,$$

где заданное ядро $K(t,s)$ подчиняется условию Фредгольма $\iint_{[a,b]\times[c,d]} |K(t,s)|^2 dtds < \infty$. Процедура обучения ИНС в этом случае состоит в формировании ядра $K(t,s)$ (являющегося в данном случае функцией Грина) на основе теоретических или экспериментальных данных. В реальных задачах вид этой функции известен весьма приближенно. Ядро $K(t,s)$ соответствует определению S-матрицы, введенной в квантовую механику В. Гейзенбергом в 1938 г. [42, с. 286].

Структурно интегральное уравнение Фредгольма аналогично задачам квантовой электродинамики (КЭД), для решения которых Р. Фейнманом был развит формализм диаграммной техники [42, 43]. В этом случае все рассматриваемые величины являются комплексными амплитудами вероятностей.

Важно отметить, что становление математической структуры квантовой механики существенно связано с принципом неопределенности, выведенным Вернером Гейзенбергом в 1927 году. Отметим, что математический аппарат квантовой механики был создан В. Гейзенбергом в 1925 году (матричная механика) и Э. Шрёдингером в 1926 году (волновая механика).

Задачи предсказания измерений в квантовой механике однозначно соответствуют основным задачам интерполяции и экстраполяции функций, восходящим к классическим работам Ньютона и Лагранжа, а также минимизации их уклонений, связанных с исследованиями многочленов академиком П.Л. Чебышёвым.

Явления неустойчивости аппроксимаций на безгранично измельчаемых равномерных сетках, выявленные в 1900 году Рунге и в 1912 году С.Н. Бернштейном, совершенно аналогичны явлениям неустойчивости для интегрального уравнения Фредгольма 1-го рода. Для подавления неустойчивости в теории приближения функций и в теории некорректных задач разработаны мощные оптимизационные алгоритмы. Диаграммная техника Р. Фейнмана служит для решения аналогичных задач в квантовой электродинамике.

Отмеченная близость подходов, по-видимому, может составить основу дальнейшей разработки теории интеллектуальных систем с возможным развитием в направлении построения моделей кинетики больших потоков данных на основе подходов Гиббса, Больцмана, Смолуховского, Власова, Гейзенберга, Шрёдингера, Фейнмана. Это направление приобретает особую актуальность в связи с заметной кластеризацией систем ИИ, основанных на больших языковых моделях. Здесь важно иметь представления о пространственно-временных границах таких кластеров, их взаимодействии с носителями человеческого интеллекта и т.п. По сути, мы вступаем в мир, в котором элементом среды становятся автоматизированные системы, основанные на технологиях ИИ.

Еще одним примером, иллюстрирующим проблему, может служить поиск точки пересечения двух ограниченных упорядоченных множеств значений двух уравнений (1) на отрезке $[0;32]$ с шагом 1 по оси с априори «обученной» достоверной евклидовой метрикой близости, которая вычисляет расстояние между двумя точками.

$$\begin{aligned} x + 5y &= 17, \\ 1{,}5x + 7{,}501y &= 25{,}503. \end{aligned} \tag{1}$$

Таблица

X	0	1	2	3	...	31	32
Y	3.4	3.2	3.0	2.8	...	-2.8	-3.0
X	0	1	2	3	...	31	32
Y	3.39995	3.19997	3.0	2.80003	...	-2.79922	-2.99920

Точка пересечения — это, по сути дела, две точки, принадлежащие разным множествам, расстояние между которыми равно нулю, поскольку они имеют одни и те же координаты $(2;3)$. Этот результат может быть получен с помощью простейшей достоверной метрики близости, обеспечивающей достоверное вычисление с шестью или более значащими цифрами расстояния между двумя точками, что гарантирует единственность точки пересечения достоверным перебором на этой основе всех возможных пар точек ($1089 = 33 \times 32$) двух множеств. Вычисление же расстояния между двумя точками не с шестью, а с пятью значащими цифрами приведет к недо-

стоверности данных этих двух множеств, поскольку в них к двум точкам с координатами (2,3), расстояние между которыми равно нулю, добавятся еще две такие же точки с координатами $(3, 2.8)$. Следствием этой недостоверности данных является неединственность точки пересечения двух множеств, то есть недостоверность решения.

Первопричиной этой проблемы недостоверности данных двух множеств значений двух уравнений (1) является то, что на отрезке [0;32] эти уравнения задают две почти совпадающие прямые. Действительно, разность значений y для этих уравнений в окрестностях точки $[2; 3]$ составляет всего 0.00003, а на границах отрезка $[0; 32]$ 0.00005 и 0.0008 соответственно. Это одновременно и первопричина неустойчивости аналитического решения системы (1). Действительно, при изменении во втором уравнении коэффициента при переменной y всего на 0.002 решением этой системы будет пара $(32; -3)$:

$$\begin{aligned} &x + 5y = 17, \\ &1{,}5x + (7{,}501 - 0{,}002)\, y = 25{,}503. \end{aligned} \tag{2}$$

Неустойчивость аналитического решения системы (1) означает также и неустойчивость решения Поисковика, поскольку при небольших отличиях в коэффициентах систем уравнений (1) и (2) найденные им координаты точек пересечения для двух пар множеств значений (1), (2) будут значительно различаться.

Выбор классов корректности

В ряде вычислительных экспериментов по распознаванию образов, относящихся к акустической, видео и текстовой информации, были найдены подходы к созданию программного обеспечения для практического решения задач в соответствующих областях. Эти успехи явились источником интереса к созданию полуэмпирических методов, носящих название искусственные нейронные сети (ИНС). Идейной основой реализации ИНС является принятие гипотезы о возможности создания технического информационного устройства, которое можно обучить на серии заданных примеров распознаванию образа (отысканию решения) по информации, вообще говоря, не входящей в обучающий набор.

Указанные замечания относятся к общей фундаментальной проблеме анализа вычислительной устойчивости ИНС при наращивании объемов обучающих наборов и как следствие — границ реализуемости и безопасной применимости систем ИИ, построенных на комплексах ИНС, взаимодействующих между собой путем обмена информацией. Одной из существенных проблем построения технологий ИИ является вычислительная устойчивость ИНС, обеспечивающих надежную интерпретацию входной информации, которая передается между различными ИНС для детализации и уточнения принимаемых решений.

Практическое использование ИНС нацелено на реконструкцию недоступного для непосредственного наблюдения объекта $z \in F$ на основе обработки «сжатой» информации $u \in U$, полученной из входного потока больших объемов данных с целью их классификации и интерпретации.

Процедура сжатия больших объемов данных может быть рассмотрена как действие вполне непрерывного оператора A на заданной паре метрических пространств F,U, т.е. $A : F \to U$ (это отображение трактуется как математическая модель аппаратуры, при помощи которой получают информацию $u \in U$ при наблюдении за объектом $z \in F$).

$$A(z) = u. \tag{3}$$

Соответственно, процедуру «сжатия» входной информации под действием оператора A можно трактовать как то, что ограниченные множества входных данных Big Data z преобразуются в предкомпактные подмножества выходных данных (почти конечные множества, т.е. хорошо аппроксимируемые конечными ε-сетями). Задачи распознавания образов, задачи их классификации на основе ИНС можно сформулировать как построение обратного оператора $R = A^{-1} : U \to F$:

$$R(u) = z \tag{4}$$

на основе полученных данных, лежащих в предкомпактном множестве.

Центральной проблемой для отыскания (3) с компактным непрерывным оператором A является либо отсутствие решения уравнения (3) (т.е. не при всех значениях $u \in U$ существует решение уравнения (3)), либо отсутствие свойства непрерывности у обратного оператора R на множестве значений $A(F) \subset U$ — принципиальная вычислительная неустойчивость ИНС, основанная на формуле (4) [19, 20].

Природа отмеченной некорректности задачи (3) связана с произволом в выборе топологий, задаваемых пользователем на множествах F,U. Ниже рассматриваются согласованные топологии на этой паре множеств, позволяющих обеспечить построение классов корректности для широкого класса задач (3).

Таким образом, классы задач, основанные на применении ИНС как средства аппроксимации отображений и построения решений обратных задач с компактным оператором, обнаруживают общее математическое свойство — вычислительную неустойчивость при обработке больших массивов данных. Эти проблемы аналогичны также для задач «восстановления» образов по «цифровым двойникам», поскольку имеют ту же математическую природу.

Вспомогательные построения

Для заданного отображения (3), являющегося математической моделью получения информации $u \in U$, выделим классы корректности задачи об отыскании неизвестной $z \in F$ посредством задания метрики ρ_U на множестве допустимых значений информации U, которую ниже согласованным образом перенесем на множество F.

Определение 1. Назовем классом корректности для уравнения (1) на заданном информационном пространстве (U,ρ_U) такое метрическое подпространство (F_1,ρ_{F_1}), где $F_1 \subset F$, ρ_{F_1} — метрика на множестве F_1, что сужение отображения A на множество F_1

$$A|_{F_1} : (F_1,\rho_{F_1}) \to (U,\rho_U)$$

является гомеоморфизмом.

В общем случае для задания класса корректности считаем заранее определенной метрику ρ_U. Для каждого заданного $u \in A(F) \subset U$ рассмотрим полный прообраз $A^{-1}(u)$, который, очевидно, задает все множество решений уравнения (1) для указанных исходных данных.

Определим на множестве F отношение эквивалентности $\sim$, полагая $z' \sim z''$, если $A(z') = A(z'')$. Обозначим

$$F^* = \{A^{-1}(u),u \in A(F)\}.$$

На множестве классов F^* определим метрику

$$\rho^*(A^{-1}(u'),A^{-1}(u'')) \stackrel{\text{def}}{=} P_u(u',u''). \tag{5}$$

Отметим, что отображение $A : F \to U$ естественным образом продолжается до отображения $A^* : F^* \to U$ по формуле

$$A^*(z^*) = u \ \forall z^* \in F^*, \tag{6}$$

так как $\forall z \in z^* : A(z) = u$.

Определение 2. Элемент множества $z^* \in F^*$ назовем обобщенным решением уравнения (3), если для него выполнено равенство (4).

Лемма 1. *Отображение* $A^* : (F^*,\rho^*) \to (A(F),\rho_U)$ *является изометрическим гомеоморфизмом.*

Доказательство. Утверждение леммы 1 является прямым следствием формулы (5). Действительно, в силу (5) для любых элементов $z_1 \in z_1{}^*$ и $z_2 \in z_2{}^*$ таких, что $A(z_1) \stackrel{\text{def}}{=} u_1$ и $A(z_2) \stackrel{\text{def}}{=} u_2$, имеет место равенство

$$\rho^*(z_1{}^*,z_2{}^*) \stackrel{\text{def}}{=} \rho^*(A^{-1}(u_1),A^{-1}(u_2)) = \rho_U(u_1,u_2).$$

Следовательно, отображение $A^* : (F^*,\rho^*) \leftrightarrow (A(F),\rho_U)$ сохраняет расстояние, т.е. является изоморфизмом. Лемма доказана.

Следствие. Задача (6) является корректной на паре метрических пространств $(F^*,\rho^*)(A(F),\rho_U)$.

В силу множественности элементов, составляющих обобщенное решение $z^* \in F^*$, практическую значимость имеет принцип отбора точек $z \in z^*$. В частности, для этой цели может быть использована аксиома выбора Цермело (Zermelo) [19], постулирующая существование отображения $\tilde{Z} : F^* \to F$, такого, что $\tilde{Z}(z^*) = z(z^*) \in z^*$. Положим $F_1 \stackrel{\text{def}}{=} \tilde{Z}(F^*)$. Зададим на этом множестве структуру метрического пространства посредством метрики

$$\rho_{F_1}(z_1,z_2) \stackrel{\text{def}}{=} \rho^*(z_1{}^*,z_2{}^*). \tag{7}$$

Теорема существования классов корректности

Теорема. *Сужение отображения $A|_{F_1} : (F_1,\rho_{F_1}) \to (A(F_1),\rho_U)$ является изометрическим гомеоморфизмом, а соответствующая пара метрических пространств $(F_1,\rho_{F_1}),(A(F_1),\rho_U)$ задает класс корректности уравнения (3), который назовем $\tilde{Z}$-классом корректности Цермело.*

Замечание. Точность «распознавания образа» z на основе решения задачи (3) в классе корректности Цермело полностью совпадает с точностью получения исходных данных в информационном пространстве (U,ρ_U).

Доказательство теоремы. Действительно, поскольку выполнены равенства

$$A(z_1) = A^*(z_1^*) = u_1, A(z_2) = A^*(z_2^*) = u_2,$$

то отображение $A|_{F_1} : F_1 \to A(F_1)$ является взаимно однозначным. Таким образом, справедливы следующие равенства:

$$\rho_{F_1}(z_1,z_2) = \rho^*(z_1{}^*,z_2{}^*) = \rho_U(u_1,u_2).$$

Следовательно, $\rho_{F_1}(A^{-1}(u_1),A^{-1}(u_2)) = \rho_U(u_1,u_2)$ и, значит, отображение A является изометрическим гомеоморфизмом на паре пространств $F_1,A(F_1)$.

Теорема доказана.

Практическую значимость имеет вопрос построения отображения выбора Цермело $\tilde{Z}$. Например, задание структуры вполне упорядоченного пространства на множестве F, что гарантируется теоремой Цермело [21] о вполне упорядоченных пространствах, индуцирует соответствующий полный порядок на подмножестве $z^* \subset F$. В этом случае в качестве значения отображения Цермело $\tilde{Z}$ можно взять минимальный элемент на z^*, то есть

$$\tilde{Z}(z^*) = \min\{\ z \in z^*\}. \tag{8}$$

Таким образом, построение классов корректности, указанных в теореме 1, по формуле (8) порождается всеми возможными способами полного упорядочивания множества неизвестных величин F. Отметим, что для счетных множеств F полный порядок определяется заданием взаимно однозначного его отображения на натуральный числовой ряд [44].

Достоверность данных и границы применимости ИИ-архитектур

Ключевым условием достоверности ИИ-решения является достоверность данных из предметной области и метрики их близости. В играх, придуманных человеком (шахматы, го), в основе которых — модель противоборства двух человек, играющих по единым формальным правилам, ИИ демонстрирует выдающиеся результаты, поскольку существуют достоверный алфавит (координаты доски, типы фигур), формальные правила перемещения и верифицируемая история партий. Однако в медицине, промышленности или социальных науках отсутствуют единые формальные правила «противоборства врача с болезнью» или «инженера с технологическим процессом». История болезни или отчет о производстве являются неформальными описаниями, в которых сложно выделить строгий синтаксис и однозначную семантику.

Попытки применять универсальные архитектуры, такие как Трансформер, к неструктурированным данным (например, томографическим снимкам или промышленным телеметрическим данным) сталкиваются с фундаментальным разрывом: концептуальная основа Трансформера опирается на структурную лингвистику и стохастическое моделирование текстов с четкими

правилами орфографии и синтаксиса. Перенос этой модели на области без формального языка описания ставит под сомнение достоверность формируемых метрик близости и, как следствие, надежность ИИ-решений.

О достоверности ИИ-решений на основе архитектуры Трансформер для решения практических задач

Вообще говоря, необходимым условием **обеспечения достоверности решения** какой-либо **практической задачи** на основе технологии ИИ является **обоснование достоверности данных** в информационной базе, на основе которых этого типа ИИ сформирован. Именно **практическая задача определяет объемы, структуру и семантику данных** в информационной базе, а также те научные и прикладные проблемы, которые необходимо решить для обоснования достоверности данных. Например, информационные базы практических задач медицинской диагностики заболеваний по томографическим и рентгенографическим изображениям и идентификации человека по изображению его лица представляют собой совокупность объектов, каждый из которых является неструктурированным множеством точек разного цвета и яркости. Однако типы семантических структур этих объектов для каждой из практических задач принципиально различны и должны формироваться специалистами в области медицины и криминалистики. При этом **уровень достоверности данных** в каждой из информационных баз будет определяться **уровнем достоверности** формирования этими специалистами соответствующих им **типов семантических структур**.

В настоящее время нейросетевая архитектура Трансформер позиционируется как универсальный метод создания метрики близости (обучения) технологий ИИ типа Поисковик для решения широкого класса практических задач в различных областях человеческой деятельности, в том числе в области медицины, промышленности, беспилотного транспорта и т.д. Концептуальной основой этой архитектуры являются идеи структурной лингвистики, которая понимает язык как знаковую систему с четко выделенными структурными элементами, имеющую **строгое формальное описание**. В соответствии с этим пониманием текст на языке представляет собой упорядоченное множество таких структурных элементов, как символы, буквы, слова, предложения, абзацы и т.д., которое имеет строгое формальное описание, отражающее, по сути дела, семантику этого текста. Математической основой формального описания текстов в архитектуре Трансформер являются цепи Маркова в конечных пространствах состояний, представленные в виде графов матриц переходных вероятностей как инструмент **стохастического моделирования семантики** текстовых данных, **созданных человеком**. При этом архитектура Трансформер **принципиально предполагает**, во-первых, **достоверность наличия** в этих текстах **семантики, заложенной человеком,** а во-вторых, что они созданы им на основе **достоверного конечного алфавита** букв и символов и **достоверных формальных правил** орфографии и синтаксиса. Именно эти обстоятельства и гарантируют возможность построения **достоверной компьютерной стохастической модели семантики** этого текста на основе цепей Маркова.

Изначально основная цель создания модели архитектуры Трансформер заключалась в решении задачи машинного (компьютерного) перевода путем поиска в информационной базе текстовых данных, созданных человеком, **достоверных семантических аналогов** орфографически и синтаксически правильных текстовых последовательностей **на одном языке** орфографически и синтаксически правильным текстовым последовательностям **на другом языке.**

Однако в настоящее время наиболее востребованным ИИ-решением на основе этой модели являются системы типа GPT, которые ведут поиск в информационной базе данных достоверных семантических аналогов на том же языке, что и заданная человеком орфографически и синтаксически правильная текстовая последовательность. При этом существенно важно, что семантический аналог, сформированный этим ИИ-решением, будет представлять собой **только изложение, компиляцию имеющихся** в информационной базе текстовых данных, но **не сочинение** на заданную человеком тему, то есть создание **новых текстовых данных, не имеющих семантических аналогов** в этой базе.

Рассмотрим проблемы, которые возникают при использовании архитектуры Трансформер для решения практической задачи медицинской диагностики заболеваний по томографическим и рентгенографическим изображениям. Прежде всего, согласно концептуальной основе этой ар-

хитектуры, **изображения должны являться текстами на некотором языке**, представляющем собой знаковую систему с четко выделенными структурными элементами, имеющую строгое формальное описание. Этот язык описания изображения должен иметь **достоверный алфавит**, **достоверные формальные правила** орфографии и синтаксиса, а тексты на этом языке, описывающие изображения, должны иметь **достоверную семантику**, заложенную человеком. Однако возможность создания такого языка ставят под сомнение те фактические изображения, на основе которых этот язык может быть сформирован, поскольку эти изображения, как правило, сделаны в разное время для разных пациентов с разными формами и длительностью заболеваний. Но, что наиболее важно, **отсутствуют** какие-либо **обоснования достоверности взаимосвязи** отдельных фрагментов этих изображений с конкретными формами и длительностью заболевания. В этих условиях обеспечить достоверность алфавита, правил орфографии, синтаксиса и семантики, заложенной человеком, практически невозможно, что ставит под сомнение и достоверность соответствующего ИИ-решения.

Аналогичные **проблемы создания языка**, представляющего собой знаковую систему с четко выделенными структурными элементами, имеющую строгое формальное описание, как **необходимого условия применения архитектуры Трансформер** и **достоверности ИИ-решения на этой основе,** возникают также при решении любых практических задач, которые не основаны исключительно на использовании текстовых данных. Например, при решении практических задач в различных отраслях промышленности или медицине, в том числе в онкологии и кардиологии. Именно по этой причине на Восточном экономическом форуме 2025 Председатель Совета директоров ПАО «КИФА» Сунь Тяньшу констатировал, что «искусственный интеллект — это пока как **игрушка**, а конкретные его **применения** в сфере **промышленности — это пока далеко**», а глава «СБЕРА» Герман Греф заявил, что для создания AGI, который сможет заменить практически любую роль человека, **потребуется не менее 10 лет.**

Следовательно, перед внедрением ИИ в критическую инфраструктуру (энергетика, транспорт, связь, ПВО) необходимо доказать для каждой конкретной задачи:

- достоверность исходных данных (какова погрешность измерений, как формировалась база);
- устойчивость алгоритма (принадлежит ли задача к классу корректности, какова обусловленность);
- возможность верификации решения (человек должен иметь право отклонить «достоверный» совет ИИ).

Основная проблема применения технологии ИИ для решения практических задач — обоснование достоверности исходных данных

Эта проблема, безусловно, успешно решена для ИИ-решения «Цифровой гроссмейстер» в рамках модели, которая принципиально основана на том, что игра в шахматы **придумана человеком** как процесс **противоборства двух человек**, с целью **выигрыша одного из них**, в соответствии с конечным фиксированным набором **формальных правил**, которым **следует каждый** из играющих. **Партия** — это одно из основных понятий **формального языка шахмат**, представляет собой **ограниченный во времени процесс** противоборства двух человек, **смысл** которого (**семантика партии**) — в выигрыше одного их них, или ничьей. Формальный язык шахмат **достоверен** и **адекватен** решаемой задаче, поскольку включает **достоверный алфавит** — координаты полей 64 клеточной шахматной доски и уникальные обозначения каждой из 16 типов фигур, а также **достоверные правила** (аналоги орфографии и синтаксиса) их перемещения на этой доске.

Однако применение этой модели для решения практических задач, например, в области медицины, **невозможно без** существенной **коррекции** ряда ее принципиальных положений, которые в конечном итоге требуют обоснования, в том числе и теоретического, получения при этом как **достоверных исходных данных**, так и **достоверного** ИИ-решения на их основе. Прежде всего, к таким, требующим коррекции, положениям относятся *«**противоборство** двух человек в соответствии с **формальными правилами**, которым **следует каждый** из них»*. В области медицины это положение формулируется как **противоборство врача с болезнью, в условиях отсутствия** общего фиксированного набора **формальных правил**, которым следует

каждый из них. **История болезни** — неформальный аналог шахматной партии, представляет собой **неформальное** описание **процесса** и **результатов** противоборства конкретного врача с болезнью конкретного пациента.

Признаки стагнации в образовании и науке как следствие применения в этих сферах массовых ИИ семейства GPT

Начиная с 2023 года редакция журнала «Успехи кибернетики» все чаще стала получать статьи, полностью или частично сгенерированные массовыми ИИ семейства GPT, то есть содержащие полностью или частично результаты исследований, **не принадлежащие авторам статей**. Так, например, только с марта по август 2023 года поступило 6 таких статей, полностью сгенерированных ИИ, авторы которых — работники частных ИТ-компаний: ООО «Диджитал групп», VCV Inc., ООО «Ростелеком Информационные Технологии», «Xpate», Grid Dinamics, Your Next Agency. Все эти статьи были, конечно, редакцией журнала отклонены. Однако в дальнейшем использовать массовые системы ИИ для подготовки научных публикаций стали не только работники ИТ-компаний, но и **аспиранты,** и магистранты учреждений науки и образования, то есть потенциальные будущие **научные работники страны**. Так, по данным ответственного редактора журнала «Успехи кибернетики», **почти все статьи**, присланные в редакцию журнала аспирантами в 2026 году, сгенерированы ИИ, то есть, по сути дела, **являются изложением результатов, исследований и выводов**, не принадлежащих авторам, то есть не являющихся **результатами исследований и выводами этих аспирантов**. Более того, в этих статьях сгенерирован не только основной текст, но и список литературы, то есть все библиографические описания в них — это **описания несуществующих источников**. В целом, все это дает основания полагать, что у аспирантов, приславших эти статьи, **отсутствуют необходимые умения, знания** и мотивация для проведения научных исследований, анализа их результатов, формирования на этой основе научных гипотез и других основ научно-исследовательской работы. То есть на лицо все признаки стагнации в этом важном для будущего страны аспекте образовательной деятельности, являющейся прямым следствием применения в этой сфере массовых ИИ семейства GPT.

Опрос студентов и школьников 9-11 классов г. Сургута, а также их родителей показывает, что аналогичные признаки стагнации наблюдаются в школьном и вузовском образовании. Система школьного образования, сместившая фокус с понимания на формализованный контроль (ВПР, ОГЭ, ЕГЭ), сталкивается с новым вызовом: ученики делегируют ИИ выполнение домашних заданий, тем самым создавая у учителя иллюзию усвоения материала. По признанию самих учеников (более 80%), вместо самостоятельного выполнения они все чаще обращаются к искусственному интеллекту (ChatGPT, GigaChat, Яндекс.Алиса и др.). В итоге реальное обучение подменяется иллюзией: учитель увеличивает объемы заданий учеников, ИИ выполняет эти задания вместо учеников, при этом их знания, умения и навыки не увеличиваются. Однако учитель этого не видит, поскольку содержательная обратная связь с учеником заменена на формальный контроль, и поэтому он видит только «красивый» результат, не зная, что за ним не стоит мыслительный процесс ученика. Чем больше заданий, тем выше соблазн использовать ИИ; чем чаще ученики используют ИИ, тем больший объем заданий кажется учителю посильным для учеников.

Аналогичная ситуация и в вузах: студенты используют генеративный искусственный интеллект для быстрого выполнения тестов и других контрольно-измерительных материалов. Нередка ситуация, когда тест на 20 вопросов студентами закрывается с положительной оценкой за время, которое существенно меньше времени просто прочтения заданий. Аналогичная ситуация, скорее всего, наблюдается не только в ХМАО.

О применениях технологий ИИ в военной сфере

В основе ИИ военного применения в общем случае лежит модель игрового противоборства двух сторон, в условиях неполной информации каждой стороны о другой, которая обеспечивает возможность как по количеству, так и по глубине построения множества возможных продолжений игровых партий. При этом **критерии близости варианта к выигрышу** из этого множества формируется человеком на основе **достоверных данных** о **реальных либо модельных** примерах противоборства двух сторон. **Уровень достоверности** таких ИИ определяется уровнем

достоверности критерия близости данных о театре военных действий и правил их ведения противной стороной, то есть в конечном счете **уровнем достоверности модели противной стороны.** Этот показатель является одним из ключевых для оценки эффективности противоборства каждой из сторон. В том числе и оценки эффективности ИИ-решений, разработанных в интересах армии США [26–39], таких как Swarm Forge — инкубатор новых способов войны с использованием ИИ, Agent Network — сеть агентов для автоматизации построения цепочки атак, Ender's Foundry — ИИ-симулятор, который должен опережать в принятии решений как командиров, так и ИИ противника. Digital Twin of the World — цифровой двойник реальности, виртуальная копия планеты, обновляемая в реальном масштабе времени информацией со спутников и БПЛА. ИИ на основе этой виртуальной модели выбирает из миллионов вариантов наиболее слабые места у противника и их атакует.

Сообщается также об интеграции военных версий Grok (xAI) и Gemini (Google) в закрытую сеть GenAI.mil [25]. В этой связи можно предположить, что поскольку архитектуры военных и гражданских версий Grok и Gemini подобны, то отличаться эти версии должны исходными данными и критериями близости, которые формируются на основе этих данных. Причем основное отличие должно состоять в обязательном обосновании достоверности данных, и устойчивости критерия близости для военных систем, и тем самым достоверности военного ИИ-решения.

Заключение

Технологии искусственного интеллекта — это технологии **компьютерного моделирования интеллектуальной деятельности человека** при решении конкретных **практических задач** в промышленности, обороне, энергетике, экономике, здравоохранении, социальной сфере, науке, образовании. **Обоснование** необходимости **разработки и применения** технологий ИИ для решения этих задач, определяется **сравнительной оценкой** экономической эффективности их решения на основе существующих технологий и технологий ИИ. Для технологий ИИ в случае необходимости их разработки должны быть обеспечены **научные обоснования** их существования, адекватности решаемой задаче, реализуемости, понимаемости и устойчивости используемых методов и алгоритмов.

Решение практических задач на основе технологии ИИ — это либо **поиск наиболее близкого их решения** к одному из множества решений, **найденных ранее человеком**, в компьютерной базе данных большого объема, либо построение **множества возможных вариантов продолжения игровой партии** и выбор наиболее близкого к выигрышу варианта по критерию, формируемому также человеком на основе данных о партиях, сыгранных человеком. **Достоверность такого ИИ-решения** этих практических задач обусловлена решением проблемы **создания и наполнения отечественных компьютерных баз данных** множеством возможных решений, **найденных ранее человеком**, и **формирования критерия близости** к этим решениям в **результате интеллектуальной деятельности** отечественных специалистов в данной практической области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Senate Bipartisan Bill Proposes US Access to Advanced AI Chips. *ExecutiveGov*. Режим доступа: https://www.executivegov.com/articles/senate-bill-us-ai-chip-access (дата обращения: 23.06.2026).
2. The GAIN AI Act Made Its Way into the Senate's Final National Defense Authorization Act Text. *Nextgov*. 2025. Режим доступа: https://www.nextgov.com/artificial-intelligence/2025/10/ai-export-control-bill-passes-senate-ndaa-amendment/408762/ (дата обращения: 23.06.2026).
3. What We Know About Energy Use at US Data Centers. *Business Journal Daily*. Режим доступа: https://businessjournaldaily.com/what-we-know-about-energy-use-at-us-data-centers/ (дата обращения: 23.06.2026).
4. Americans Concerned about Rising Electricity Costs Due to AI. *Forklog*. Режим доступа: https://forklog.com/en/americans-concerned-about-rising-electricity-costs-due-to-ai/ (дата обращения: 23.06.2026).

5. Small Modular Reactors (SMRs) as the Energy Backbone of AI Infrastructure: A High-Conviction Investment Theme for 2026–2030. *AInvest*. Режим доступа: https://www.ainvest.com/news/small-modular-reactors-smrs-energy-backbone-ai-infrastructure-high-conviction-investment-theme-2026-2030-2512/ (дата обращения: 23.06.2026).
6. Will We Run out of Data? Limits of LLM Scaling Based on Human-Generated Data. *Epoch AI*. Режим доступа: https://epoch.ai/blog/will-we-run-out-of-data-limits-of-llm-scaling-based-on-human-generated-data (дата обращения: 23.06.2026).
7. Elon Musk Says All Human Data Has Been Exhausted for AI Training. *Proactive Investors*. Режим доступа: https://www.proactiveinvestors.com/companies/news/1064074/elon-musk-says-all-human-data-has-been-exhausted-for-ai-training-1064074.html (дата обращения: 23.06.2026).
8. Open-AI co-founder Ilya Sutskever: Peak Data is Here and the End of Pre-Training is Nigh. *Machine.news*. Режим доступа: https://www.machine.news/ilya-sutskever-peak-data-ai-openai/ (дата обращения: 23.06.2026).
9. AI Exchanges: The Role of Data. *Goldman Sachs*. Режим доступа: https://www.goldmansachs.com/insights/goldman-sachs-exchanges/ai-exchanges-the-role-of-data (дата обращения: 23.06.2026).
10. Sama Says the Age of Giant AI Models is Already Over. *LessWrong*. Режим доступа: https://www.lesswrong.com/posts/ndzqjR8z8X99TEa4E/sama-says-the-age-of-giant-ai-models-is-already-over (дата обращения: 23.06.2026).
11. Ilya Sutskever Announces End of AI Scaling Era, Signaling Industry Pivot to Research. *Edgen Tech*. Режим доступа: https://www.edgen.tech/news/stock/ilya-sutskever-announces-end-of-ai-scaling-era-signaling-industry-pivot-to-research (дата обращения: 23.06.2026).
12. Google DeepMind CEO Demis Hassabis Makes His Stand Clear on AI Scaling. *The Times of India*. Режим доступа: https://timesofindia.indiatimes.com/technology/tech-news/google-deepmind-ceo-demis-hassabis-makes-his-stand-clear-on-ai-scaling/articleshow/125828951.cms (дата обращения: 23.06.2026).
13. DRAM Shortage 2026: 70% Price Surge, No Relief Until 2028. *ByteIota*. Режим доступа: https://byteiota.com/dram-shortage-2026-70-price-surge-no-relief-until-2028/ (дата обращения: 23.06.2026).
14. В 2026 году рынок памяти переживает настоящий бум, который многие называют суперциклом, и в центре всего — искусственный интеллект. *GadgetBot*. Режим доступа: https://gadgetbot.ru/news/829-v-2026-godu-rynok-pamjati-perezhivaet-nastojaschij-bum-kotoryj-mnogie-nazyvajut-superciklom-i-v-centre-vsego-iskusstvennyj-intellekt.html (дата обращения: 23.06.2026).
15. ЦОД будут потреблять 70% памяти в 2026 году: дефицит ударит по авто и электронике. *ITC.ua*. Режим доступа: https://itc.ua/news/tsod-budut-potreblyat-70-pamyaty-v-2026-godu-defytsyt-udaryt-po-avto-y-elektronyke/ (дата обращения: 23.06.2026).
16. Цены на DDR5 в Европе вышли из-под контроля: за полгода память подорожала почти в 4,5 раза. *iXBT.com*. 2026. Режим доступа: https://www.ixbt.com/news/2026/01/18/ddr5-4-5.html (дата обращения: 23.06.2026).
17. Memory Shortages to Last till at Least Q4 2027, Higher Prices Expected throughout 2026-2027, 256 GB DDR4 Kits Retail for over $3000, Entry-Level DDR5 32 GB Kits over $300. *Wccftech*. Режим доступа: https://wccftech.com/memory-ddr5-ddr4-shortages-last-till-q4-2027-higher-prices-throughout-2026/ (дата обращения: 23.06.2026).
18. В 2026 году ожидается дефицит оперативной памяти из-за спроса на ИИ — цены на DDR5 уже выросли в 2-3 раза. *Comss.ru*. Режим доступа: https://www.comss.ru/page.php?id=18665 (дата обращения: 23.06.2026).
19. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. *Методы решения некорректных задач*. Москва: Наука; 1986. 200 с.
20. Бетелин В. Б., Галкин В. А. Математические задачи, связанные с искусственным интеллектом и искусственными нейронными сетями. *Успехи кибернетики*. 2021;2(4):6–14. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-4-1.
21. Данфорд Н., Шварц Дж. Т. *Линейные операторы. Общая теория. Т. 1* / пер. с англ. Москва:

Изд-во иностранной литературы; 1962.
22. Гавриленко Т. В., Галкин В. А. Интуитивные логические системы и их приложения в технологиях искусственного интеллекта. *Успехи кибернетики*. 2024;5(1):8–16. DOI: 10.51790/2712-9942-2024-5-1-01.
23. US Army Launches AI, Machine Learning Career Path for Officers. *Military AI*. Режим доступа: https://militaryai.ai/us-army-ai-career-path-2/ (дата обращения: 23.06.2026).
24. Pentagon Expands Grok AI into Classified Systems Despite Rising Scrutiny Outside US. *Interesting Engineering*. Режим доступа: https://interestingengineering.com/ai-robotics/pentagon-grok-ai-classified-networks (дата обращения: 23.06.2026).
25. Pentagon is Embracing Musk's Grok AI Chatbot as it Draws Global Outcry. *NPR*. 2026. Режим доступа: https://www.npr.org/2026/01/13/nx-s1-5675781/pentagon-musks-grok-ai-chatbot-global-outcry (дата обращения: 23.06.2026).
26. Remarks by Secretary of War Pete Hegseth at SpaceX. *U.S. Department of War*. Режим доступа: https://www.war.gov/News/Transcripts/Transcript/Article/4377190/remarks-by-secretary-of-war-pete-hegseth-at-spacex/ (дата обращения: 23.06.2026).
27. War Department Launches AI Acceleration Strategy to Secure American Military AI Dominance. *U.S. Department of War*. Режим доступа: https://www.war.gov/News/Releases/Release/Article/4376420/war-department-launches-ai-acceleration-strategy-to-secure-american-military-ai/ (дата обращения: 23.06.2026).
28. Pentagon Rolls out Major Reforms of R&D, AI. *Breaking Defense*. 2026. Режим доступа: https://breakingdefense.com/2026/01/pentagon-rolls-out-major-reforms-of-rd-ai/ (дата обращения: 23.06.2026).
29. Overhauling the Innovation Ecosystem. *Defense Acquisition*. Режим доступа: https://defenseacquisition.substack.com/p/innovation-ecosystem (дата обращения: 23.06.2026).
30. Auterion Demonstrates One-Operator Drone Swarm Strike in U.S. Live-Fire Test. *Inside Unmanned Systems*. Режим доступа: https://insideunmannedsystems.com/auterion-demonstrates-one-operator-drone-swarm-strike-in-u-s-live-fire-test/ (дата обращения: 23.06.2026).
31. War Department Unveils Bold AI Strategy to Cement U.S. Military Dominance. *St. Louis Guardian*. Режим доступа: https://slguardian.org/war-department-unveils-bold-ai-strategy-to-cement-u-s-military-dominance/ (дата обращения: 23.06.2026).
32. JADC2, Project Maven и роль ИИ в ситуационной осведомленности. *Breaking Defense*. 2024–2025. Режим доступа: https://www.breakingdefense.com (дата обращения: 23.06.2026).
33. NGA to Build 'Digital Twin' of the Earth for AI and Warfighters. *Defense One*. 2025. Режим доступа: https://www.defenseone.com (дата обращения: 23.06.2026).
34. How the US Military is Using Digital Twins to Test Its AI. *C4ISRNET*. 2024. Режим доступа: https://www.c4isrnet.com (дата обращения: 23.06.2026).
35. The Pentagon's Plan for an AI-Powered Logistics Future. *Task & Purpose*. 2025. Режим доступа: https://www.taskandpurpose.com (дата обращения: 23.06.2026).
36. Программы по моделированию реальности и автономным системам (BlackSTAKE). *DARPA*. Режим доступа: https://www.darpa.mil (дата обращения: 23.06.2026).
37. Coming AI-Driven Economy Will Sell Your Decisions before You Take Them, Researchers Warn. *University of Cambridge*. Режим доступа: https://www.cam.ac.uk/research/news/coming-ai-driven-economy-will-sell-your-decisions-before-you-take-them-researchers-warn (дата обращения: 23.06.2026).
38. 'Personality Test' Shows How AI Chatbots Mimic Human Traits — and How They Can Be Manipulated. *University of Cambridge*. Режим доступа: https://www.cam.ac.uk/external-affiliations/google-deepmind (дата обращения: 23.06.2026).
39. Paul Nakasone Joins OpenAI Board. *GovConWire*. Режим доступа: https://www.govconwire.com/articles/paul-nakasone-joins-openai-board (дата обращения: 23.06.2026).
40. Нейросети сломали интернет: проект по изучению языка закрыт. *Arbat Media*. Режим доступа: https://arbatmedia.kz/mir/neiroseti-slomali-internet-proekt-po-izuceniyu-yazyka-zakryt-6586 (дата обращения: 23.06.2026).
41. AI Translation Trends 2026. *TextUnited*. Режим доступа: https://www.textunited.com/en/blog

/ai-translation-trends-2026 (дата обращения: 23.06.2026).
42. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. *Квантовая механика*. М., 1972.
43. Фейнман Р. *КЭД — странная теория света и вещества*. М., 1985.
44. Галкин В. А. О выборе классов корректности. *Успехи кибернетики*. 2025;6(1):12–15.