Модели мышления и поведения, выходящие за рамки ИИ

Б. Тальхайм*

Сегодня об ИИ говорят все, но при этом его сильно недопонимают. Часто высказываются предположения или даже утверждается, что ИИ, как минимум, способен заменить человеческий интеллект и даже стать самостоятельным. Однако эта высокая задача никогда не будет решена. На самом деле ИИ — это лишь инструмент, вспомогательное средство интеллекта (IA – intelligence aid) и всего лишь дополнение к интеллекту человека, которое можно использовать с умом. Наша основная теорема постулирует, что основанное на моделях мышление и поведение человека не может быть эмулировано с помощью современных средств ИИ/IA в рамках ИТ-подхода. Для этого мы рассмотрим 9 тезисов, касающихся этой теоремы.

Ключевые слова: ИИ подвергает сомнению, искусственный интеллект человеческий интеллект, преимущества ИИ, компетенция в области ИИ, Теорема о неполноте ИИ.

Ажиотаж вокруг искусственного интеллекта

Сегодня об ИИ говорят больше, чем о любой другой технологии до сих пор. Он является центральной темой обсуждений как в науке и технике, так и в повседневной жизни. Хорошо образованные учёные могут только удивляться этому. Диапазон мнений простирается от представления об ИИ как о спасителе до представления о нём как о дьяволе. Всё разрешилось бы, если бы люди просто включили свой интеллект и начали думать не спеша. Кроме того, тема ИИ сопровождается агрессивной пропагандой. На самом деле это всего лишь новая стадия технического прогресса как инструмента, таким же, каким были автомобиль или железная дорога. Как и раньше, это открывает новые возможности для человека с его ограничениями. На этот раз, например, речь идет об обработке огромных объемов данных, которые человек уже не в состоянии охватить. Иногда новые технологии требуют отказа от старых представлений — например, в случае магнитной подвесной железной дороги колесо железнодорожного вагона как ограничивающий фактор больше не имеет значения.

* *Тальхайм Бернхард* — Профессор, доктор естественных наук (habil.) Эмеритус, Университет имени Кристиана-Альбрехта в Киле, D-24098 Киль, Германия, e-mail: bernhard.thalheim@email.uni-kiel.de, ORCID: 0000-0002-7909-7786.

Thalheim Bernhard — Professor, Dr. rer. nat. (habil.) Emeritus, Christian-Albrechts University Kiel, D-24098 Kiel, Germany.

Опубликовано на условиях лицензии CC-BY 4.0
Published under CC-BY 4.0

Существует ли именно ТА ИИ?

Сегодня в рамках 4.0-го этапа развития ИИ, который используется как синоним всех возможных новых вычислительных процессов, что скорее приводит к путанице, чем к пониманию.
Во-первых, в качестве замечательных технических решений существуют ИИ.Анализ_данных, ИИ.Программирование, ИИ.Робототехника или ИИ.Управление,
во-вторых, в качестве пока еще не до конца понятных направлений научных исследований — ИИ.разработка_гипотез, ИИ.Анализ и ИИ.Простейшее_нейронное_моделирование,
в-третьих, в качестве чудесного или даже дьявольского спутника в повседневной жизни — ИИ.Поиск, ИИ.Эксперты, ИИ.Агент, ИИ.Генератор_текста, ИИ.Переводчик, ИИ.Медиа и ИИ.Мой_друг
и, в-четвертых, как великая отдаленная надежда — ИИ.Символические_вычисления.

Все это — совершенно разные технические решения, которым были заложены весьма разные основы и подходы. Их необходимо понимать и оценивать как инструменты, что, к сожалению, как в науке, так и в жизни замалчивается или идеологически приукрашивается. Иногда эти решения в области ИИ также существенно переоцениваются. Так, например, нейронные сети, которые широко пропагандируются как средство спасения человечества, представляют собой не что иное, как механизмы кибернетики первого порядка с использованием методов обратного моделирования.

Действительно ли ИТ обладают такой мощью, чтобы решать столько проблем?

Ответ — нет. Предстоит проделать огромную работу. Необходимо также выработать подлинные основы и принципы и, прежде всего, исправить все ошибки, допущенные в ходе предыдущего развития — а их более чем достаточно. На сегодняшний день нам известно четыре дюжины таких ошибочных решений. В области баз данных и информационных систем нам уже известно около двух дюжин подобных отклонений. В сферах языков программирования и языков специфических областей наблюдаются отклонения, которые гораздо серьезнее. За редким исключением теоретическая информатика сосредоточена на программировании в малом масштабе и отнюдь не достаточно глубоко рассмотрела разницу между ним и программированием в большом масштабе — ещё один ошибочный поворот. Растрата энергии и выделение тепла, характерные для

классических ИТ-технологий, в приложениях искусственного интеллекта усиливаются в геометрической прогрессии, чего никогда не наблюдалось в случае человеческого интеллекта.
Основы веб-программирования состоят из крошечных фрагментов кода. Любая программа, какой бы плохой и недоработанной она ни была, сегодня называется ИИ. Моделирование же практикуется как техника рисования полуготовых прототипов, которые после первого использования можно выбросить. Кроме того, используются стохастически сгенерированные данные, полученные из проблемных, не совсем прозрачных источников. Поскольку информатика увлечена языками, а языки обладают своими особенностями, можно задаться вопросом: открывает ли выбор языка широкие возможности, но в то же время ограничивает или даже препятствует чему-то другому?

Человеческое мышление и труд в первую очередь основаны на моделях

У людей нет ни неограниченного запаса времени, ни неограниченной памяти. Поэтому люди изначально, в зависимости от того, что в данный момент находится на первом плане, живут, ориентируясь на небольшой фрагмент мира, имея ограниченное представление о мире и весьма ограниченный запас данных. Люди также могут динамично концентрироваться на конкретной задаче в процессе мышления и действия. В то же время люди могут параллельно решать множество задач, сохраняя при этом целостность в данный момент времени. Такой подход к работе полностью отличается от подхода в науке и технике, которые стремятся к универсальности и полноте.

Этот способ мышления и работы скорее основан на моделях. В зависимости от ограничений выбирается фрагмент, который приблизительно соответствует другим фрагментам и в данный момент является правдоподобным. Если мы хотим учесть человеческие аспекты, то необходимо также рассмотреть модели или, точнее, наборы моделей, причем они зависят от конкретного момента и, прежде всего, от способностей конкретного человека. Это совершенно иная форма, чем вычисления Тьюринга.

Человеческий интеллект локализуется не только в большом мозге

Часто считается, что человеческий интеллект в первую очередь обусловлен работой большого мозга. Однако там также существуют и другие связанные между собой формы интеллекта, которые до сих пор прак-

тически невозможно охватить и которые не поддаются существующим алгоритмам, такие как интуитивный интеллект, интеллект абстракции, практический интеллект или воображательный интеллект. Однако человек обладает ещё как минимум четырьмя формами интеллекта, которые практически невозможно воспроизвести с помощью программ:
(1) эмоциональный и социальный интеллект, выходящий далеко за рамки контекстуального и эмпирического интеллекта;
(2) интеллект саморефлексии (часто называемый также духовным или экзистенциальным интеллектом) с его этическими и моральными ограничениями;
(3) телесный интеллект других систем, поддерживающих жизнедеятельность организма, таких как, например, сердце в качестве генератора ритма, как минимум четыре иммунные системы, фасциальная система и т. д.;
(4) интеллект сохранения вида, отвечающий за компромиссы, необходимые для выживания вида.

Возможно, когда-нибудь эти системы станет возможным описать с помощью алгоритмов, хотя современные ИТ-технологии пока не способны справиться с этой задачей.

Искусственного интеллекта для всех не будет

Искусственного интеллекта в одинаковой форме для всех не будет. Мы выделяем группу «коренных жителей ИИ» (в частности, «суверенных пользователей ИИ», «ориентированных на эффективность исполнителей» и «беспечных гедонистов»), группу «иммигрантов ИИ» (постматериальных скептиков в отношении ИИ, ответственных представителей ИИ-элиты) и группу «аутсайдеров ИИ» (требующих порядка дилетантов в области ИИ, людей, испытывающих неуверенность в отношении ИИ).

Каждая из этих групп и подгрупп нуждается в разных системах ИИ и разных компетенциях в области ИИ в зависимости от формы ИИ-решения, что привело бы к комбинаторному взрыву. До сих пор этому вопросу уделялось мало внимания. Одним из возможных решений в будущем могло бы стать разработка, в зависимости от группы ИИ, не только моделей ИИ, но и предварительных моделей для подготовки к использованию систем ИИ, последующих моделей для обработки результатов ИИ и метамоделей для моделей ИИ.

Однако это требует глубокой перестройки школьных и образовательных систем, порождающих проблемы, несмотря на демографические изменения. Кроме того, системы ИИ должны быть доработаны как минимум до уровня кибернетики второго порядка — если не третьего, как у

человека, — что, однако, противоречит экономическим интересам гигантов.

Когда и в каких случаях ИИ всё же приносит большую пользу?

ИИ — как и любой новый инструментарий — представляет собой существенный технологический прорыв. ИИ также позволит создавать более качественное, честное, полное и менее подверженное ошибкам программное обеспечение, в котором не будет всех тех недоразумений, связанных с обработкой типичных случаев. В то же время исключения, выходящие за рамки типичных случаев, пока что не так просто учесть. В будущем хорошо отработанные рутинные процессы будут заменены алгоритмами искусственного интеллекта, что приведет к появлению новых профессий вместо старых. При этом, будучи хорошо осведомлённым, нужно не обращать внимания на хвастовство и тревожные заявления крупных игроков. Преимущества и дополнительная ценность возникают, прежде всего, благодаря умелому использованию ИИ без его преувеличения.

Развитие компетенций в области искусственного интеллекта

Компетентность в области ИИ — так же, как и медийная грамотность и отказ от СМИ как способ избежать медийного отупения и лени — ещё предстоит развить. Необходимо разработать модели, предшествующие использованию, для точного определения того, чего действительно хочется и на что будет по силам, для качественного определения ожидаемых результатов, для настройки инструментов, а также для управления и предотвращения ошибок при использовании, и для ограничения ожиданий. Модели «после», равно как и метамодели, касающиеся использования инструментов, должны стать инструментом для пользователей при применении полученных результатов.

Особые критические навыки необходимы при работе с непрозрачными, неаккуратными или даже манипулятивными генераторами текста. Пользователь должен научиться понимать, что ему говорят или не говорят, почему, где и каким образом. К этому следует добавить тщательно продуманную настройку инструментов искусственного интеллекта. Одним из подходов в этом направлении станет диалогический интеллект, а также возвращение к практико-ориентированной логике вместо чистой эмпирики.

Теорема о неполноте ИИ

Сегодня мы живем с ожиданием того, что современная информатика, цифровизация и искусственный интеллект в будущем не только превзойдут человеческий интеллект, но и будут охватывать любую форму человеческого интеллекта. Нейронные сети часто приводятся в качестве примера этих огромных ожиданий. Типичной ошибкой в рассуждениях считается предположение, что нейронные сети, основанные на устаревшем, 70-летнем представлении о нейронах, а не на достижениях современных нейронаук, способны решить множество проблем. К этому добавляется ещё и то, что всё современное программирование охватывает лишь кибернетику первого порядка. До сих пор ИИ основывался на преобразованиях состояний, адаптивных модификациях и механизмах статистического вывода для озер данных. Мы противопоставляем этим высоким ожиданиям следующий постулат: вычислительные машины, основанные на подходе машины Тьюринга, не могут полностью воспроизвести человеческий интеллект, т. е. искусственный интеллект **!! никогда !!** не сможет полностью имитировать человеческий интеллект или воспроизвести человеческие способности.

Теорема Тьюринга о неполноте (расширение в области искусственного интеллекта для теории моделирования):
Модельное мышление и действие невозможно полностью реализовать с помощью ИТ-вычислений в рамках используемых в настоящее время традиционных вычислительных систем, основанных на вычислимости по Тьюрингу.

Доказательство этой теоремы основано на необходимой сложности этих систем, невозможности решения этих задач с помощью современных ИТ-технологий, а также на необходимых механизмах самоадаптации систем искусственного интеллекта и систем человеческого интеллекта без преобразования состояний.

И напоследок: сапожник, не выходи за пределы своего ремесла

Следует опираться на факты и, прежде всего, на реальные возможности. При этом в области ИИ следует ограничиваться теми видами ИИ, которые действительно приносят пользу, и тем, на что мы действительно способны. В качестве примера такой грандиозной задачи можно привести разработку алгоритмов ИИ, которые также осознанно и разумно используют модели во всех их формах.

Список литературы для более глубокого понимания и дальнейшей работы

В данной работе представлены лишь основные тезисы, а не доказательства с соответствующей степенью детализации. Поэтому мы ссылаемся лишь на некоторые работы, в которых эта тема раскрывается более подробно. По первому тезису мы также ссылаемся на [4, 6–8, 10, 19]. Приведённое разграничение видов ИИ является лишь попыткой. Оно основано на наших проектах и модулях. Что касается третьего тезиса и сомнений в отношении информатики, мы ссылаемся на [14, 15, 17, 18, 20, 25] и на использованные там работы коллег. Что касается четвёртого тезиса, мы ссылаемся на работы по MMM [16] (model–modelling activities–modelling). Кроме того, существует исследование по моделированию в науках [21], в частности, с главой об обратном моделировании (см. также [22]). Что касается пятого тезиса, мы также ссылаемся на [16] по моделиологии (modelo.logy) и на понимание моделируемого подхода в [11]. Что касается шестого тезиса, мы ссылаемся на исследования в области психологии, медицины и работы коллег из кильских кластеров передового опыта https://www.uni-kiel.de/de/forschung/exzellenz#c28877 и IIftC https://www.iiftc.de/, а также на [9].

Кроме того, учитываются работы по кибернетике второго порядка [23, 24], включая нашу формализацию. К этому добавляется модель-ориентированная деятельность и другие формы использования моделей. Другие важные основы взяты из физики [2, 12]. Седьмой тезис является банальностью и многими развит гораздо дальше. Восьмой тезис обобщает и систематизирует наш опыт, полученный в ходе проектов по разработке новых медиа [14, 17]. Центральный восьмой тезис и основная теорема исходят из тезисов, изложенных в [8].

Данная работа, по крайней мере, оставила открытой возможность появления искусственного интеллекта. Здесь мы должны теперь математически принципиально опровергнуть эту возможность с помощью моделирующего мышления и работы с помощью машин ИИ со ссылкой на [1, 3, 5, 13, 26, 28, 27].

Что касается девятого тезиса, мы ссылаемся на профессиональную практику и крах веры в универсальность ИИ 1.0, ИИ 2.0 и ИИ 3.0.

Дополнительные ссылки и справочные материалы можно найти на сайте https://dblp.org/pid/t/BernhardThalheim.html .

Список литературы

[1] P. J. Denning, P. Wegner, "Introduction to what is computation", *The Computer Journal*, **55**:7 (2012), 803–804. DOI: 10.1093/comjnl/bxs065.

[2] W. Deppert, *Theorie der Wissenschaft. Band 1: Die Systematik der Wissenschaft*, Springer VS, Wiesbaden, 2018. DOI: 10.1007/978-3-658-14024-3.

[3] D. Q. Goldin, P. Wegner, "The Church–Turing thesis: Breaking the myth", *New Computational Paradigms*, Lecture Notes in Computer Science, **3526**, Springer, 2005, 152–168. DOI: 10.1007/11494645_20.

[4] H. Helbig, *Welträtsel aus Sicht der modernen Wissenschaften: Emergenz in Natur, Gesellschaft, Psychologie, Technik und Religion*, Springer, Berlin, 2018. DOI: 10.1007/978-3-662-56288-8.

[5] L. A. Hemaspaandra, M. Thakur, *Rice-style theorems for complexity theory*, Technical Report UR CSD / TR757, University of Rochester, Department of Computer Science, Rochester, NY, 2001, https://hdl.handle.net/1802/569.

[6] H. Jaakkola, J. Henno, J. Mäkelä, B. Thalheim, "Today is the future of yesterday; what is the future of today?", *Proceedings of MIPRO 2017*, 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (Opatija, Croatia), IEEE, 2017, 635–643. DOI: 10.23919/MIPRO.2017.7973502.

[7] H. Jaakkola, J. Henno, J. Mäkelä, B. Thalheim, "Artificial intelligence yesterday, today and tomorrow", *Proceedings of MIPRO 2019*, 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (Opatija, Croatia), IEEE, 2019, 860–867. DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756913.

[8] H. Jaakkola, B. Thalheim, J. Henno, "About the essence of intelligence—will artificial intelligence (ever) cover human intelligence?", *Information Modelling and Knowledge Bases XXXIII*, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, **343**, IOS Press, 2022, 19–43. DOI: 10.3233/FAIA210475.

[9] E. R. Kandel, *In Search of Memory: The Emergence of a New Science of Mind*, W. W. Norton & Company, New York, 2007.

[10] U. Karrenberg, *Quo Vadis KI? Entwicklungspfade, revolutionäre Anwendungen und die Grenzen des Machbaren*, Springer Vieweg, Berlin, 2026. DOI: 10.1007/978-3-662-73115-4.

[11] A. Kolmogorow, "Zur Deutung der intuitionistischen Logik", *Logik-Texte*, eds. K. Berka, L. Kreiser, Akademie-Verlag, 1986, 193–199.

[12] B. Kralemann, *Bildung als Gleichgewicht: Attraktoren als Interpretationsrahmen der Person in ihrer Bildung*, BoD–Books on Demand, Norderstedt, 2014.

[13] A. S. Podkolsin, *Computer modelling of logical processes*. V. 1–8, ZPI at Mech-Mat MGU, Moscow, 2007–2021.

[14] K.-D. Schewe, B. Thalheim, *Design and Development of Web Information Systems*, Springer, Berlin, 2019. DOI: 10.1007/978-3-662-58824-6.

[15] B. Thalheim, *Entity-Relationship Modeling: Foundations of Database Technology*, Springer, Berlin, 2000. DOI: 10.1007/978-3-662-04058-4.

[16] B. Thalheim, *Models, to model, and modelling: Collections of papers on modelling*, Collection, 2009–2025; searchable at ResearchGate and Academia.edu under "Towards a theory of models, especially conceptual models and modelling", https://www.researchgate.net/.

[17] B. Thalheim, *Web information systems: Collection of BTU and CAU papers (2003–2009)*, Collection, 2010; searchable at ResearchGate under "Web Information Systems: Analysis, Design, Development, and Implementation of Business Sites, Collaboration Sites, Edutainment (e-Learning) Sites, and Infotainment (Information) Sites", https://www.researchgate.net/.

[18] B. Thalheim, "Open problems of information systems research and technology", *Perspectives in Business Informatics Research*, BIR 2013, Lecture Notes in Business Information Processing, **158**, Springer, 2013, 10–18. DOI: 10.1007/978-3-642-40823-6_2.

[19] B. Thalheim, "Artificial intelligence enhanced by modelling", *Intelligent Systems. Theory and Applications*, **26**:1 (2022), 360–366.

[20] B. Thalheim, "Establishing language-backed modelling", *Rigorous Methods in Theory and Practice*, Lecture Notes in Computer Science, **16580**, Springer Nature, 2026, 421–444. DOI: 10.1007/978-3-032-24494-9_20.

[21] B. Thalheim, T. Slawik, MMM CAU team, *Science and Art of Modelling (SAM^3)*, MMM programme CRC proposal; in German, 137 pp.; available upon request, Christian-Albrechts University Kiel, 2014.

[22] D. Uhrlandt, K.-D. Weltmann, J. Schein, U. Füssel, J. Kruscha, U. Reisgen, J. Wilden, "Analysemethoden und erweitertes Verständnis für den MSG-Prozess", *Große Schweißtechnische Tagung 2011, Studentenkongress 2011, Abschlusskolloquium Lichtbogenschweißen 2011*, DVS-Berichte, **275**, DVS Media, Düsseldorf, 2011, 593–598, https://publications.rwth-aachen.de/record/127976.

[23] S. A. Umpleby, "Second-order cybernetics as a fundamental revolution in science", *Constructivist Foundations*, **11**:3 (2016), 455–465, https://constructivist.info/11/3/455.umpleby.

[24] *Cybernetics of Cybernetics: Or, the Control of Control and the Communication of Communication*, eds. H. von Foerster, Future Systems, Minneapolis, 1995.

[25] B. F. Webster, *Pitfalls of Object-Oriented Development: A Guide for the Wary and Enthusiastic*, M&T Books, New York, 1995.

[26] P. Wegner, "Why interaction is more powerful than algorithms", *Communications of the ACM*, **40**:5 (1997), 80–91. DOI: 10.1145/253769.253801.

[27] J. Wiedermann, "A computability argument against superintelligence", *Cognitive Computation*, **4**:3 (2012), 236–245. DOI: 10.1007/s12559-012-9124-9.

[28] J. Wiedermann, "On the road to thinking machines: Insights and ideas", *How the World Computes*, 8th Conference on Computability in Europe (CiE 2012), Lecture Notes in Computer Science, **7318**, Springer, 2012, 733–744. DOI: 10.1007/978-3-642-30870-3_74.

Статья поступила 24 октября 2026 г.

Model-based thinking and behaviour beyond AI

B. Thalheim

AI is on everyone's lips these days, yet at the same time it is widely misunderstood. It is often assumed, or even claimed, that AI can at least replace human intelligence and may even become autonomous. However,

this lofty claim will never be fulfilled. In reality, AI is merely a tool — an intelligence aid (IA) — and simply a complement to intelligence that can be utilised with competence. Our main proposition demonstrates that human model-based thinking and behaviour cannot be emulated using current AI/IA tools within an IT-based approach. To this end, we shall discuss nine propositions relating to this theorem.

Keywords: AI questions, artificial intelligence, human intelligence, the benefits of AI, AI competence, The AI incompleteness theorem .

Received on October 24, 2026