

## ИИ: ПОЧЕМУ МАТЕМАТИКА?

Предисловие главного редактора

Инициатива данного выпуска принадлежит Сберу, и редакция «Докладов РАН. Математика, информатика, процессы управления» благодарна ему за это.

Однако, далеко не совпадением является то, что Отделение математических наук РАН в течение последней пары лет постоянно обращается к проблематике искусственного интеллекта (ИИ), что мехмат МГУ запустил магистерскую программу «Цифровые технологии и искусственный интеллект». Причины – во всем комплексе взаимоотношений математики и ИИ.

Если говорить об определении того, что такое ИИ, то я отношусь к категории специалистов, которые считают, в соответствии с буквальным пониманием русского термина, что ИИ – это средства автоматизации интеллектуальной деятельности человека. Далее можно выделять в ИИ часть, занимающуюся автоматизацией рациональной деятельности, какой является, например, решение задач по матанализу «из Демидовича», и интуитивную часть, которая, например, умеет распознавать лица на фотографии.

Как известно, уже в 1960-е гг. была, в основном, (рационально) решена проблема построения систем компьютерной алгебры, принципиальный же прогресс в (интуитивном) решении широкого круга задач распознавания был достигнут только в XXI веке благодаря алгоритмам машинного обучения. Базовые принципы построения последних которых были разработаны уже к концу 1950-ых гг., а существенная идейная часть (байесовский подход) еще значительно старше. Именно с этим, интуитивным ИИ многие сегодня связывают общее представление об ИИ с одной стороны, и взгляды о небольшой «математико-емкости» алгоритмов ИИ, с другой стороны. Действительно, очередной прогресс последние годы был связан, в первую очередь с ростом вычислительных мощностей и накоплением больших данных, во вторую – с новыми алгоритмами. При этом не используются какие-то новые теоремы, или даже нетривиальные вычислительные идеи. Можно сказать, что Человечество, вложившись в огромное количество «математических стартапов» теперь зарабатывает на очень узком и простеньком сегменте, как это и бывает со стартапами. В определенной степени так и есть, однако, при более глубоком рассмотрении мы видим, что если бы математики XX века не существовало, то инженерам искусственного интеллекта «следовало бы ее выдумать». С другой стороны, сейчас нарастает потребность в системах доверенного ИИ, сверхнадежного ИИ, объясняющего ИИ, которым посвящены многие статьи в нашем выпуске журнала. И есть серьезные основания полагать, что здесь потребуются новая математика: как «новая

старая», дополняющая уже использованную, например, элементами математической логики и математической лингвистики, так и «новая новая», для которой еще нет даже названия. В частности, об этом математики, физики и философы рассказывали на AI Journey в прошлом году [1].

Если же говорить о направлении влияния от ИИ к математике, то в последние десятилетия последовательно расширяются области математики, в которых ИИ оказывается полезным инструментом. Очевидна критическая роль компьютера окончательном решении или существенном продвижении для классических задач теории чисел [2]. Рациональный ИИ повышает надежность математических доказательств: например, возможно, самый сложный отдельный результат современной математики – классификация простых конечных групп, приобретает такую надежность благодаря усилиям по автоматизации ключевых конструкций [3]. Проблема надежности и воспринимаемости доказательств стала толчком и к построению Воеводским нового фундамента для всей математики [4], пожалуй, наиболее серьезной, после альтернативной теории множеств П. Коэна [5] и теории топосов [6] попытки новых оснований. Видимо, закономерно, что в [7] математика сразу строится как человеко-машинный объект. Конечно, нельзя не упомянуть и машинную генерацию данных экспериментальной математики [8] и основанных на этих данных гипотез [9–13].

Мне представляется важным и еще одно направление использования ИИ в математике. Одним из первых подходов к доказательству в математике было «Смотри!» [14]. Представляется, что визуальная, графическая ФОРМУЛИРОВКА для некоторых математических утверждений сегодня может стать единственной, воспринимаемой человеком. Мне кажется, что так обстоит дело с утверждениями, относящимися к внешним биллиардам [15], где утверждение формулируется на картинке, картинка строится компьютером, утверждение о соответствии картинки математической реальности, как и доказательство правильности работы компьютерной программы строятся человеком.

Наконец, абсолютно принципиальную роль цифровые технологии, в частности ИИ, начинают играть в математическом образовании. Они, прямо с начальной школы, позволяют сделать школьную математику действительно интересным, интеллектуальным, экспериментальным, творческим и одновременно полезным предметом для всех учеников. Математический кружок и матшколы, ранее ориентированные только на высокомотивированных, могут стать моделью массового математического образования [16,17]. Мы надеемся подготовить отдельный дополнительный выпуск «Докладов» с полученными здесь результатами.

Благодарности. Пользуюсь случаем выразить личную благодарность за возможность совместной работы с Германом Оскаровичем Грефом, развивающим Сбер и все его созвездие, как сильнейшую научную и образовательную силу в стране. Также я и мои коллеги в МГУ, РАН и «Докладах» выражаем признательность: Александру Александровичу Ведяхину, Альберту Рувимовичу Ефимову, Максиму Алексеевичу Еременко и всей замечательной команде Сбера. Уверены, что AI Journey будет развивать свою роль как крупнейший форум в сфере ИИ.

### Список литературы

1. Анохин К. В., Новоселов К. С., Смирнов С. К., и др. Искусственный интеллект для науки и наука для искусственного интеллекта // Вопросы философии, 2022, № 3. – С. 93–105.
2. Вавилов Н. А. Компьютер как новая реальность математики. Части I, II, III // Компьютерные инструменты в образовании, 2020, № 2, 3, 4.
3. Théry L. Feit thomson proved in coq // Microsoft Research Inria Joint Centre <https://web.archive.org/web/20161119094854/http://www.msr-inria.fr/news/feit-thomson-proved-in-coq/>
4. Vladimir Voevodsky. An experimental library of formalized Mathematics based on the univalent foundations // Mathematical Structures in Computer Science. Cambridge University Press, 2015,; т. 25. – С. 1278–1294.
5. Вopenка П. Альтернативная теория множеств: новый взгляд на бесконечность. Пер. со словац. — Новосибирск: Изд-во Института математики, 2004. Оригинал: Petr Vopěnka. Mathematics in the Alternative Set Theory. Leipzig: Teubner Verl., 1979. ASIN B0006E3AXY
6. Johnstone P. T. Sketches of an Elephant: A Topos Theory Compendium // Oxford Science Publications, Oxford, 2002.
7. UniMath: This coq library aims to formalize a substantial body of mathematics using the univalent point of view // Univalent Mathematics, <https://github.com/UniMath/UniMath>
8. Матиясевич Ю. В. Асимптотическая структура собственных чисел и собственных векторов некоторых треугольных ганкелевых матриц // Чебышевский сборник, 21, 1, 2020. – С. 259–272.
9. Birch B. J., Swinnerton-Dyer H. P. F. Notes on Elliptic Curves (II) // Journal for Pure and Applied Mathematics, vol. 1965, no. 218, 1965. – Pp. 79–108. <https://doi.org/10.1515/crll.1965.218.79>
10. Borwein J. M., Bailey D. Mathematics by experiment: Plausible reasoning in the 21st century. A. K. Peters/CRC Press, 2008. – 288 pp.

11. Raayoni G., Gottlieb S., Manor Y., et al. Generating conjectures on fundamental constants with the Ramanujan Machine // Nature, 2021 Feb., 590 (7844). – Pp. 67–73. doi: 10.1038/s41586-021-03229-4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33536657/>
12. Davies A., Veličković P., Buesing L., et al. Advancing mathematics by guiding human intuition with AI // Nature, 2021, 600 (7887). Pp. 70. DOI: 10.1038/s41586-021-04086-x
13. DeepMind (Google) – AlphaGo // <https://www.deepmind.com/research/highlighted-research/alphago>
14. Успенский В. А. Простейшие примеры математических доказательств // 2-е изд., стереотипное. М.: Изд-во МЦНМО, 2012. – 56 с. ISBN 978-5-94057-879-6.
15. Рухович Ф. Д. Внешние билиарды вне правильных многоугольников: ручной случай // Известия РАН. Сер. матем., 86, 3, 2022. – С. 105–160. <https://doi.org/10.4213/im8972>
16. Семенов А. Л., Булин-Соколова Е. И, Муранов А. А., и др. Цифровые технологии в начальной школе. Вход в будущий мир // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Материалы VI Международной науч. конф., г. Красноярск, 20–23 сентября 2022 г. В 3 ч. Ч. 2 / под общ. ред. М. В. Носкова. – Красноярск : КГПУ им. В.П. Астафьева, 2022. – С. 325–329. ISBN 978-5-907558-24-3.
17. Константинов Н. Н., Семенов А. Л. Результативное образование в математической школе // Чебышевский сборник, т. XXII, вып. 1(77), 2021. С. 413–446. URL: <https://doi.org/10.22405/2226-8383-2021-22-1-413-446>.