



Г.В.Казаков, С.Л.Старчак,
В.М.Григоренко

**О текущем этапе развития
интеллектуальных методов
обработки информации**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Казаков Г.В., Старчак С.Л., Григоренко В.М. О текущем этапе развития интеллектуальных методов обработки информации // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 7-й Международной конференции (15-17 февраля 2024 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2024. — С. 144-152. — <https://keldysh.ru/future/2024/2-4.pdf>
<https://doi.org/10.20948/future-2024-2-4>

О текущем этапе развития интеллектуальных методов обработки информации

Г.В. Казаков¹, С.Л. Старчак², В.М. Григоренко³

¹ 4 ЦНИИ Минобороны России, ² ЦНИИ ВКС Минобороны России,
³ АНО «ЦП СЯС АВН»

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы развития и применения различных интеллектуальных методов в тесной связи с развитием средств вычислительной техники и практических потребностей

Ключевые слова: искусственный интеллект, экспертные системы, модели знаний

Current stage of development of information processing intelligent methods

G.V. Kazakov¹, S.L. Starchak², V.M. Grigorenko³

¹ 4th Central Research Institute of the Russian Defense Ministry, ² Central Research Institute of Aerospace Forces of the Russian Ministry of Defense,
³ Center for Strategic Nuclear Forces Problems of the Military Scientific Council

Abstract. Discusses the development and application of various intellectual methods in close connection with the development of computer technology and practical needs.

Keywords: artificial intelligence, expert systems, knowledge models

Основная мысль данной статьи состоит в том, что методы искусственного интеллекта, которые сейчас на слуху и активно развиваются, являются очередным этапом развития математических методов интеллектуальной обработки информации. Кроме этого, в статье обосновываются следующие тезисы.

1. Все ведущие страны мира участвуют в гонке на первенство в исследованиях по искусственному интеллекту.

2. При очень весомых расходах и достижениях в применении методов искусственного интеллекта на практике Великобритания является наиболее «скромной» в саморекламе и выпячивании своих достижений.

3. В мире развиваются те направления искусственного интеллекта, которые дают наибольший бизнес-эффект. В России до настоящего времени основной упор в исследованиях делается на обучение нейросетей и разбор текстов.

В конце статьи приводятся мысли о возможном прорывном направлении в искусственном интеллекте, лежащем не в общемировом «нейросетевом» тренде, а в противоположном от него направлении.

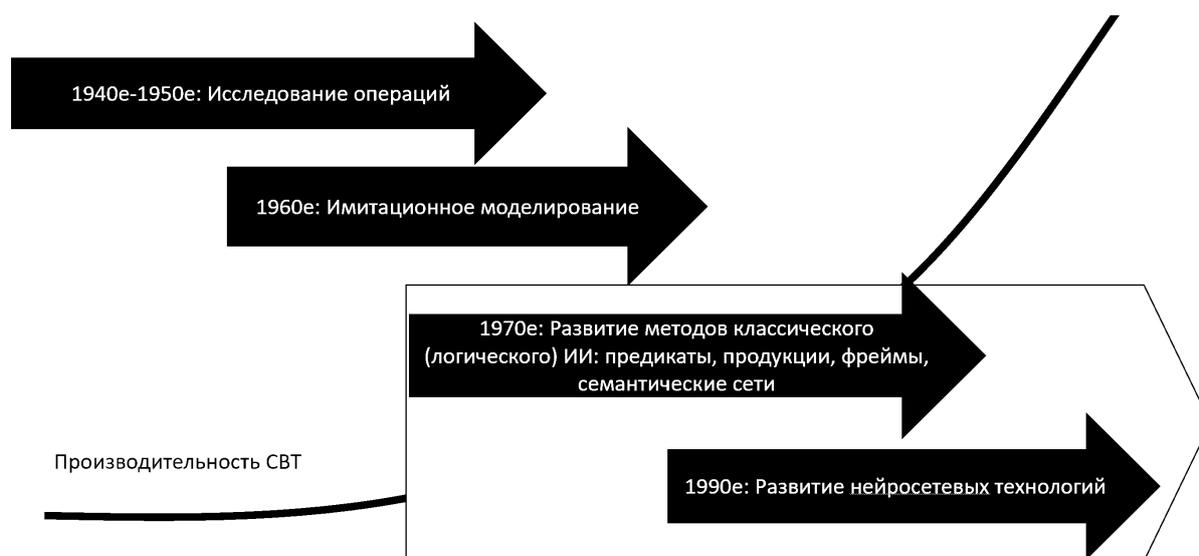


Рис. 1. Связь развития интеллектуальных методов и увеличения производительности вычислительных средств

Развитие компьютеров «провоцирует» развитие математических методов обработки информации с их помощью. После создания первых электронных вычислительных машин в современном понимании в сороковых годах XX в. началась гонка в разработке полезных программ, таких, которые решают сложные для человека задачи и делают это быстрее и точнее. «Сложные для человека задачи» – это не только действительно сложные, т.е. требующие выполнения сложных вычислительных алгоритмов, но и, например, такие, которые подразумевают многократное повторение относительно простых операций (наверное, одна из значительных причин популярности электронных таблиц типа Excel). Тысячи, десятки тысяч, миллионы раз повтора арифметических операций – для человека сложно, а для компьютера – нет.

Логично, что, в первую очередь, компьютер «заставляли» выполнять наиболее важные с точки зрения (военной) практики задачи в области криптографии и баллистики.

С более широким распространением и увеличением производительности электронных вычислительных машин на них начали «перекладывать» решение не только дифференциальных уравнений, но и задачи исследования операций. Причем бурный рост интереса к исследованию операций по времени совпадает с таким же ростом производительности ЭВМ в 1950-60-е гг. По мере увеличения мощности вычислительной техники «вырастали» и возлагаемые на нее задачи: началось широкое внедрение в практику методов имитационного моделирования. Сначала с применением упрощенных регрессионных моделей, затем – рост в направлении углубления имитируемых процессов и масштабов решаемых с помощью имитационных моделей задач [1].

Приблизительно в это же время, в 1950-60-х гг., началась первая волна интереса к методам искусственного интеллекта – создавались программы, решающие задачи игры в шахматы и распознавания образов. Началось развитие методов и создание экспертных систем, создание систем, основанных на знаниях. Позже, в 1980-х гг. началась популяризация нейронных сетей, появление первых систем с применением машинного обучения. И интерес к искусственному интеллекту постепенно уменьшился, но не сошел на нет. С чем это связано? По меньшей мере, есть две возможные причины этого явления.

Первая – декларируемая: не удалось достичь ожидаемого с 1960-х гг. целевого результата – создать «настоящий» искусственный интеллект. Но при этом были созданы новые математические методы и получили толчок в развитии целый ряд ранее «неинтересных» направлений: экспертные системы, логические методы искусственного интеллекта, методы логического распознавания и пр.

Вторая – неявная: имеющихся на тот момент мощностей вычислительной техники было явно недостаточно для прорыва в области искусственного интеллекта, в частности, в направлении искусственных нейронных сетей, уже тогда громко заявивших о своей перспективности.

Наконец, с появлением графических процессоров нового поколения (NVIDIA) в наши дни искусственные нейронные сети показали очаровывающие результаты.

Не отказываясь от попыток создания полноценного искусственного интеллекта, разработки в данном направлении идут, прежде всего, для решения практических задач. Мы наблюдаем развитие новых математических методов обработки данных.

В ведущейся сейчас «гонке» исследований по искусственному интеллекту принимают участие все ведущие страны мира.

На рис. 3 показана нормативная база для работ по развитию искусственного интеллекта в России.

Считается, что ведущую роль в сфере искусственного интеллекта играют США и Китай. Однако если обратить внимание только на доходы

британских компаний, связанных с работами в области искусственного интеллекта, то возникают сомнения, кому на самом деле принадлежит ведущая роль в искусственном интеллекте. Только обзор направлений работ по использованию методов искусственного интеллекта в транспорте и логистике [2] показывает, что эта страна претендует на лидерство при применении интеллектуальных методов в сфере управления.

Внимание к данной проблематике в стране неуклонно возрастает.

На рис. 3 отображены направления работ и затрачиваемые ресурсы на развитие искусственного интеллекта в ряде зарубежных стран.

<p align="center">Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490)</p>
<p align="center">Стратегия научно-технологического развития РФ до 2030 года (Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642)</p>
<p align="center">Федеральный проект «Искусственный интеллект» в рамках национальной Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утвержден на заседании президиума правительственной комиссии по цифровому развитию 27.08.2020)</p>
<p align="center">«Концепция развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники на период до 2024 г.» (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.08.2020 № 2129-р)</p>
<p align="center">«Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» (Утверждена Правительственной комиссией по цифровому развитию, протокол от 14.10.2019)</p>
<p align="center">«О создании технического комитета по стандартизации «Искусственный интеллект» (приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25.07.2019 № 1732)</p>

Рис. 2. Нормативная база в области развития и применения технологий искусственного интеллекта в России

 <p align="center">США</p> <ul style="list-style-type: none"> В 2019 году состоялся Указ Президента США «Американская инициатива по искусственному интеллекту», ключевые направления: инвестиции в исследования по ИИ; утверждение стандартов по ИИ; подготовка кадров в области ИИ; продвижение американских технологий на международный рынок с сохранением преимуществ для США. В 2019 году выделено 1,7 млрд. долларов, в 2020м – 1.7 млрд. долларов, в 2021м – 2,7 млрд. долларов, в 2022м – 3.3 млрд. долларов.
 <p align="center">Китай</p> <ul style="list-style-type: none"> В 2017 году принят «План развития искусственного интеллекта следующего поколения», в котором захват мирового технологического лидерства в области ИИ напрямую связывает с национальной безопасностью. Одним из ключевых направлений применения ИИ в военной сфере – качественное расширение возможностей средств разведки и поражения, которые должны «осознавать» происходящее и «проявлять способности к обучению». 2021-2022 годы – документы по этике в ИИ. В 2020 году рынок ИИ в Китае – 20 млрд. долларов, из них бюджетных – 12 млрд. Только на инфраструктуру ИИ (серверы) в 2020 году потрачено 3,9 млрд. долл. В 2024 планируется потратить свыше 8 млрд. долл.
 <p align="center">Великобритания</p> <ul style="list-style-type: none"> В 2018 года сформирован Центр военных разработок, ключевым направлением которого являются работы в области ИИ. На базе сформированного центра отрабатываются вопросы управления беспилотной техникой, координации действий на поле боя, кибербезопасности и др. (на работы центра затрачен 1 млрд. долларов). В 2020 году Правительством Соединенного Королевства заявлено о формировании военного Агентства искусственного интеллекта (финансирование работ по линии данного агентства планируется в объеме 4 млрд. евро ежегодно в течение следующих 4 лет).
 <p align="center">Япония</p> <ul style="list-style-type: none"> Национальная стратегия развития искусственного интеллекта в Японии направлена на решение задач социальной сферы (медицина, городское хозяйство, муниципальное управление), управления производством, транспортом и логистикой в целом.

Рис. 3. Программы и стратегии ведущих зарубежных государств в области искусственного интеллекта

Анализ основных направлений применения методов искусственного интеллекта в Англии показывает, что данные методы внедрены и применяются:

- при управлении железнодорожным транспортом (машина вывода на базе языка Prolog);
- при управлении авиадвижением – на базе RBS – систем (систем искусственного интеллекта, основанных на правилах/продукциях);
- на кораблях королевского флота внедрены экспертные системы в качестве систем поддержки принятия решений (СППР) для командира.

Интересно, что в качестве системы управления парком такси в Лондоне, а также системы управления доставки заказов крупной логистической компании (там же) рассматривалась мультиагентная система отечественной разработки с участием д.т.н. Петра Олеговича Скобелева (ЮФУ) [3].

Это – только те точки приложения искусственного интеллекта в Великобритании, которые авторы нашли в открытом доступе...

Интересным представляется сравнение направлений и темпов, в которых идут работы в области искусственного интеллекта в России и за рубежом. Диаграммы на рис. 4 показывают распределение затрат на исследования в этой области в России и за рубежом. Виден явный акцент:

- в России – на работах, связанных с обработкой текстовой информации и компьютерным зрением;
- за рубежом – на создании систем поддержки принятия решений.

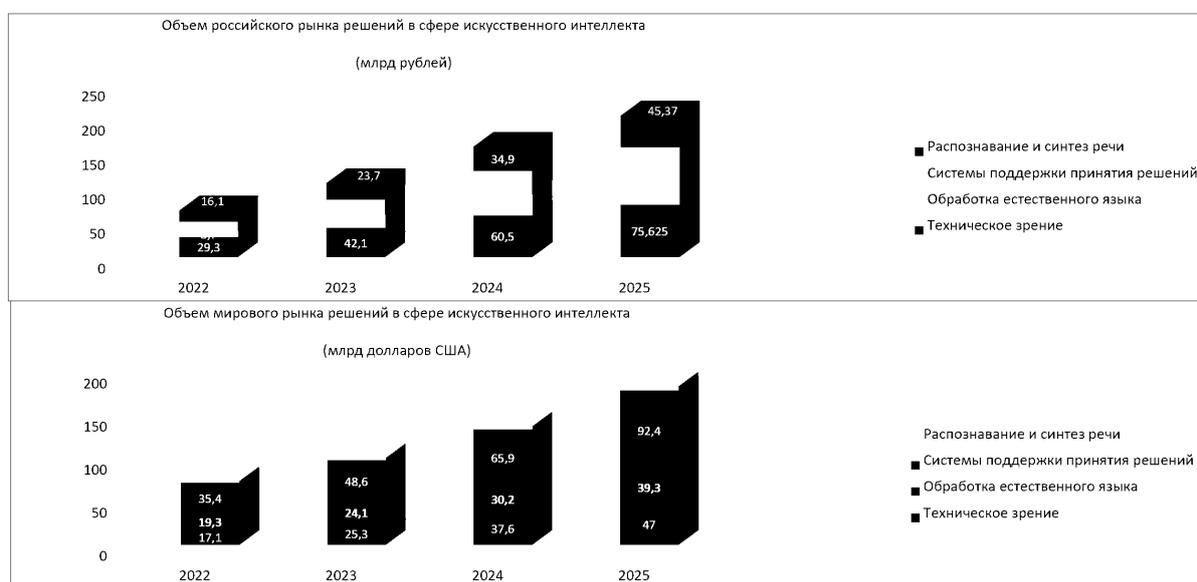


Рис. 4. Тенденции и направления роста российского и мирового рынков в сфере технологий искусственного интеллекта

Прагматичный уклон в зарубежных исследованиях очевиден – деньги вкладываются туда, откуда ожидается максимальная отдача. Почему так

происходит? Ответ, на взгляд авторов, лежит в недавнем прошлом: когда в 1990-е гг. на постсоветском пространстве шла «борьба за выживание», в «благополучном» мире нарабатывались базы знаний для решения практических задач (СППР) методами искусственного интеллекта. Ниже в качестве иллюстрации данной мысли приведено несколько примеров.

В работе [4] ведутся рассуждения об алгоритмах, лежащих в основе символьных вычислений – базисе систем искусственного интеллекта, основанных на логике продукций или логике предикатов. Одним из таких алгоритмов является алгоритм подстановки. Теперь – длинная цитата: «...продукционные системы широко применяются в когнитивных архитектурах... Продукции, условия которых выполнены, могут добавлять или удалять факты в рабочей памяти. В отличие от типичных ситуаций с большим объемом данных, наблюдаемых в базах данных, продукционные системы часто содержат много правил и относительно немного фактов. При использовании технологии согласования, оптимизированной должным образом, некоторые **современные системы могут оперировать в реальном времени больше чем с миллионом правил**» [4: 398] (книга была дополнена и переиздана в виде четырехтомника; цитируемый абзац в новом издании присутствует).

Вопрос к уважаемому читателю: можете ли Вы назвать примеры подобных случаев реализации и внедрения логических методов искусственного интеллекта в России?..

Отрадным при этом является факт, что «классические», логические методы искусственного интеллекта в России развиваются. В качестве яркого примера можно принести исследования по МИВАРным технологиям [5].

Данный пример показывает:

- важность и востребованность классических (логических) методов искусственного интеллекта в мире;
- относительную закрытость исследований в данном направлении, приносящем значительные конкурентные преимущества и дающие логически доказуемый, обоснованный результат.

Еще пример. В журнале *Forbs*, 2019г., № 3 опубликована статья – результат исследования «полезности» различных методов искусственного интеллекта в бизнес-среде США. Из материалов статьи следует однозначный вывод авторов: RBS – системы (rule-based system, т.е. системы, основанные на правилах) являются одними из наиболее востребованных и эффективных. Это системы, реализация которых осуществляется либо на языках логического вывода и обработки списков (Lisp, Prolog – выше упоминался при описании достижений Великобритании), либо на основе продукций, т.н. продукционной машины вывода.

Сказанное, как и рис. 1, и данные на рис. 4 иллюстрируют, что, начиная с 1980-х гг. и по сию пору, за рубежом активно идет работа по «извлечению» из экспертов и формализации экспертных знаний в RBS-системах.

На вопрос «Что делать?» ответ известен: догонять и перегонять...

Однако, истина, как всегда, где-то посередине: необходим баланс в используемых методах: «Всякий необходимо причиняет пользу, будучи употреблён на своем месте» (К. Прутков) – данная истина в равной мере относится к методам искусственного интеллекта, как к классическим логическим, так и нейросетевым.

На рис. 5 продемонстрирован вариант применения тех или иных методов на уровне робота.

По аналогии, на рис. 6 – представлены соображения о том, какие методы искусственного интеллекта могут быть востребованы в системах управления. Напрашивается вывод: чем «дальше» уровень системы от отдельного робота и чем ближе он к системам управления (оперативным или глобальным стратегическим), тем меньше там остаётся места методам, результат применения которых нельзя объяснить.

Для формализации задачи и определения применимости различных интеллектуальных методов интересным представляется применение математического аппарата работы с нечеткими множествами. Так, декартово произведение нечеткого множества интеллектуальных методов и нечеткого множества задач предметной области рассматривается как способ оценки применимости методов для решения прикладных задач. При этом нечеткое множество предметной области, в свою очередь, может быть представлено как декартово произведение средств предметной области и способов их использования.

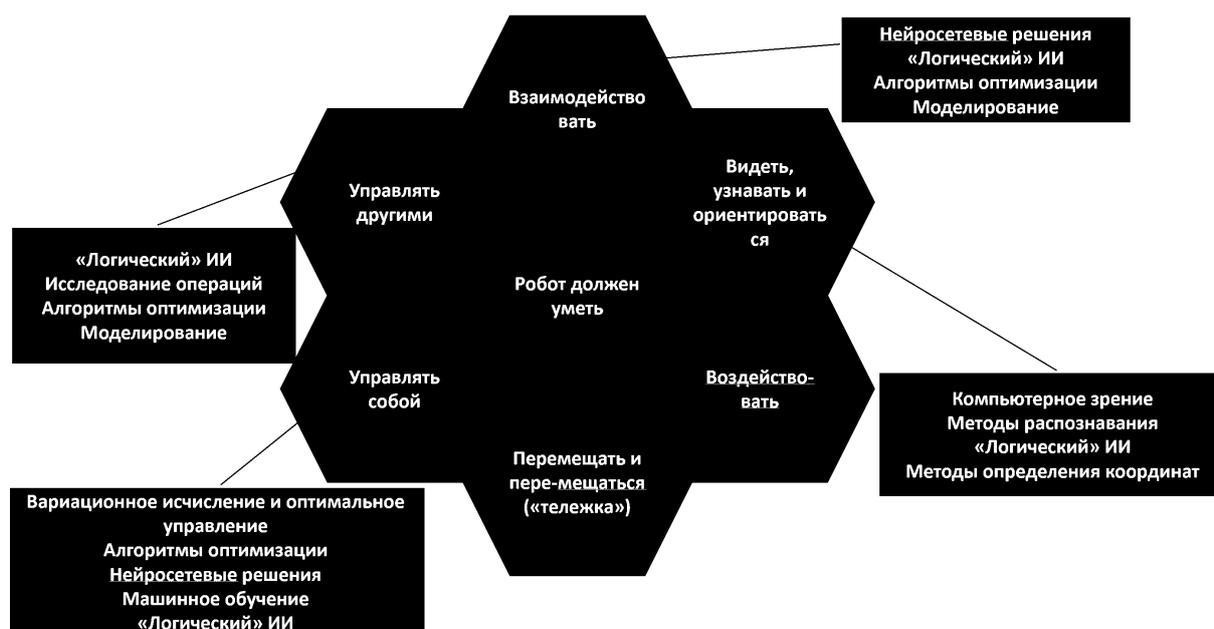


Рис. 5. Что нужно уметь роботу



Рис. 6. Что может быть востребовано в системе управления

В заключение предлагаются следующие

Эвристики для определения применимости различных интеллектуальных методов

1. Если нужен обоснованный, доказуемый результат, то нельзя использовать нейросетевые методы.

2. Если есть аналитическое решение задачи на уровне формулы, дифференциального уравнения или решаемой системы дифференциальных уравнений, то нужно применять логический ИИ.

3. Если задача сводится к задаче математического программирования, то нужно использовать данное решение.

4. Если задача может быть приведена к задаче исследования операций, то следует использовать данное решение.

5. Если вышеперечисленные методы неприменимы или пока нет решения вышеперечисленными методами, но задачу можно решить с использованием имитационных моделей, следует использовать имитационные модели, попутно решая задачу поиска аналитического/оптимизационного способа решения задачи.

6. Если задача может быть решена с применением знаний экспертов, то следует использовать экспертные системы и накапливать экспертные знания:

- используя методы экспертных оценок;
- применяя методы «логического» искусственного интеллекта.

7. Если задача требует совмещения ряда перечисленных методов, например, методов логического вывода на знаниях и имитационного моде-

лирования, то нужно использование фреймоподобной модели знаний для решения задачи.

8. В случае возможности приведения задачи к задаче с нечеткими множествами/нечетким выводом требуется использовать методы нечеткого вывода на знаниях.

9. При отсутствии строгого требования по доказуемости и обоснованности результата и, одновременно, при наличии множества прецедентов решения задачи, т.е. при наличии обучающей выборки, требуется использовать нейросетевые методы. Например, для решения задач компьютерного зрения или распознавания.

Призыв этой статьи простой: требуется сбалансированное развитие и применение всех имеющихся интеллектуальных методов, включая методы искусственного интеллекта.

Литература

1. *Трошин Г.И.* Григорий Васильевич Кисунько – основоположник противоракетной обороны СССР, выдающийся радиофизик XX века, писатель, поэт (Научная биография) / 2-е изд., испр. – М.: Типография «Эко-Пресс», 2023. – 224 с.
2. <https://www.gov.uk/government/publications/ai-barometer-2021/ai-barometer-part-4-transport-and-logistics>
3. https://www.kg.ru/wp-content/uploads/2016/02/00_Как-управлять-сложными-системами_Г.А.Ржевский-П.О.-Скобелев.pdf
4. *Рассел С., Норвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход / 2-е изд.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
5. <https://mivar.org/ru>