

# Технологии Искусственного Интеллекта:

## текущее состояние и направления развития



**Сергей Абламейко,**  
профессор механико-  
математического  
факультета Белорусского  
государственного  
университета, академик



**Михаил Журавков,**  
заведующий кафедрой механико-  
математического факультета  
Белорусского государственного  
университета,  
доктор физико-математических наук

Искусственный интеллект (ИИ) все активнее входит в разные сферы жизни, становится неотъемлемой частью бизнеса и пусковым механизмом изменений в области технологий. Темпы его развития стремительно нарастают, а это значит, что вскоре можно ожидать появления массы новых продуктов, приложений и технологических способов, основанных на ИИ, которые окажут серьезное влияние на дальнейшее становление человеческого общества.

Под искусственным интеллектом чаще всего понимают системы технологических решений, позволяющих имитировать мыслительные (когнитивные) функции человека и на этой основе получать выводы и решения, сопоставимые, а в настоящее время – в какой-то мере и превосходящие результаты интеллектуальной деятельности человека. Важным обстоятельством при этом является наличие в имитационном процессе этапов самообучения и поиска решений без заранее заданного алгоритма.

Для более эффективного использования ИИ необходимы 3 составляющие: значительные вычислительные мощности, большие объемы данных и интеллектуальные алгоритмы [1]. Расцвет технологий ИИ начался в XXI в., когда существенно увеличились вычислительные мощности, и ряд математиков и программистов предложили алгоритмы, названные методом глубокого обучения.



Это подвигло правительства многих стран на принятие стратегий и инициатив, национальных программ, направленных на развитие ИИ [2].

Согласно данным международных аналитических агентств, мировые расходы на ИИ в ближайшие 4 года вырастут вдвое, увеличившись с 50,1 млрд долл. в 2020 г. до более чем 110 млрд долл. в 2024 г. [3]. Вложения ЕС в этот сектор в 2025 г. превысят 50 млрд долл. При этом среднегодовой прирост в период с 2021 по 2025 г. составит 26,7%. Предполагается, что к этому времени он обеспечит удвоение темпов роста ВВП ведущих стран и увеличение мирового ВВП на 15 трлн долл. [3]. В дальнейшем объем финансирования ИИ-систем будет зависеть от скорости внедрения искусственного интеллекта в реальный сектор экономики и ее трансформации.

С учетом того, что технологии ИИ получили широкое распространение в медицине, здравоохранении, системах онлайн-продаж товаров и услуг, образовании, промышленности, игровой индустрии, политехнологиях, в сфере информационной безопасности и др., выход на обозначенные показатели весьма вероятен.

## Технологии искусственного интеллекта

Искусственный интеллект как наука и технология взаимосвязан со многими областями научных исследований. И прежде всего это разделы фундаментальной и прикладной математики, физика, обработка сигналов, машинное обучение, компьютерное зрение, психология, лингвистика, биология, наука о мозге и др.

Элементы ИИ в современных автоматизированных компьютерных системах анализа

и обработки данных, моделирования и прогноза не работают как «черные ящики», выдающие окончательное решение, а представляют собой инструментарий поиска самого эффективного из возможных вариантов. Поэтому так важно корректное применение математического аппарата в широком смысле этого понятия, включая методы и подходы к моделированию в таких естественно-научных дисциплинах, как физика, механика, биология и других, вариационное исчисление, численные методы. В наибольшей степени это проявляется при разработке систем поддержки принятия решений как одного из наиболее перспективных направлений развития ИИ, в особенности интеллектуальных систем моделирования и прикладных расчетов. Отметим, что речь идет об автоматизированных системах, то есть системах с участием человека в управлении процессом, осуществляемом при поддержке ИИ.

Принцип работы искусственного интеллекта – это сочетание большого объема данных с возможностями быстрой итеративной их обработки интеллектуальными алгоритмами, что позволяет программам автоматически обучаться на базе закономерностей и признаков, содержащихся в данных [4].

При создании систем ИИ в большинстве своем разработчики ориентируются на несколько базовых технологий. Во-первых, это технология машинного обучения, когда компьютерная программа обрабатывает данные и предлагает решение вне зависимости от строго обозначенных схем (алгоритмов). Она находит закономерности, зависимости, формулирует ответы и выдает прогнозы в заданиях с большим набором

параметров, что не под силу человеку. Во-вторых, это технология глубокого обучения, которая позволяет находить закономерности в огромных массивах информации (Big Data). И, в-третьих, – технологии обработки и генерации естественного языка, преобразовывающие данные в естественный язык, который расшифровывает специальная компьютерная программа, а затем выдает человеку в понятном ключе.

Для обработки данных в последние годы в системах ИИ стали широко использоваться искусственные нейронные сети. Помимо них применяются также методы статистики, исследования операций и другие. Ученые возлагают большие надежды на технологии машинного обучения. Так, все активнее ведется поиск путей исключения человека из этапов написания кодов, некоторых классов алгоритмов и программирования.

К перечисленным технологиям следует отнести рекомендации к постановке модельных математических и компьютерных задач для реальных исследуемых процессов и явлений, а также интеллектуальную интерпретацию и анализ результатов моделирования.

## Эра сверхразума – общий ИИ

Сегодня технологии ИИ совершают новый качественный скачок в своем развитии. Как утверждают эксперты, наступает эра сверхразума, когда искусственный интеллект станет не только «лучше человека» в ряде областей, но и готов взять на себя функции творчества, традиционно считающиеся прерогативой человека. Об этом свидетельствует наметившийся поворот от исследований частного ИИ (когда система очень эффективно может решать достаточно узкую задачу, например, поставить диагноз какого-либо вида рака по изображению больного органа) к работам по созданию общего (сильного) искусственного интеллекта (в принятой международной номенклатуре – AGI, Artificial General Intelligence). Под ним понимают человеческий интеллект, наделенный сознанием, то есть практически естественный. Все разработанные и используемые в настоящее время системы ИИ относят к слабому интеллекту [5].

Если ученым удастся создать общий ИИ, то такой продукт может стать копией человека: он будет учиться выполнять абсолютно разные задачи и переносить свои знания из одной сферы в другую, мыслить критически, коопе-

риваться с людьми или другими искусственными системами, чтобы достичь своих целей. Удастся ли в ближайшей перспективе получить такую технологию, пока неизвестно, но, если это произойдет, мир сильно изменится [6].

Природа общего ИИ понимается как коллективная, распределенная, тогда как в классическом значении она представлялась как индивидуальная, сосредоточенная. Главное требование к современным интеллектуальным системам (технологиям общего ИИ) – наличие способности действовать самостоятельно, принимать решения на основе анализа внешней информации.

Искусственный интеллект обладает несомненным преимуществом при обработке больших объемов данных, но не учитывает сопутствующие обстоятельства – так называемый контекст принятия решения. Во многих ситуациях это критический фактор. Здесь исключительную роль играет интуиция и личный опыт человека. В данном спектре задач системы ИИ тесным образом взаимосвязаны с системами приобретения знаний и получения решений.

## Знания в системах ИИ

Системы приобретения знаний строятся на основе обработки данных, полученных:

- *в ходе диалога с экспертом (в общем смысле этого слова);*
- *в процессе накопления практического опыта;*
- *в результате анализа достижений в области фундаментальных и прикладных задач рассматриваемой проблемной области и связанных с ней смежных направлений.*

Система получения решения выполняет такие функции, как просмотр содержимого баз знаний, добавление недостающих фактов, применение правил логического вывода для оценки ситуации или выбора очередного шага. Одна из центральных задач при построении и конструировании баз знаний, а на их основе и интеллектуальных систем – подбор специалистов, обладающих уникальным индивидуальным опытом, с помощью которого происходит выявление и воспроизведение знаний. Это ключевой фактор при решении сложных задач. Поэтому так велики затраты, связанные с «добычей» знаний, и потребность в хорошо отработанных и эффективных технологиях для придания им «товарного вида» [7]. При этом очень важно различать знания и умения. Умелое выполнение или реше-

ние некоторой задачи характеризуется такими чертами, как большая скорость (или какой-либо иной показатель эффективности) исполнения, минимальное количество ошибок, оптимальная умственная напряженность, высокая приспособляемость и робастность (устойчивость к сбоям и малым отклонениям в начальных условиях). То есть в них проявляются как сами знания, так и техника их применения и владения. Умение (или мастерство) можно определить, как обладание необходимыми знаниями и умение эффективно их использовать [8].

Почему знаниями при построении интеллектуальных систем уделяется столь повышенное внимание? Во-первых, современные методы символьных рассуждений все еще не обеспечивают четкого, логически не противоречивого представления знаний, описания задач на различных уровнях абстрагирования, распределения средств их решения, управления кооперирующими процессами, объединения в ходе вывода различных источников. Вторая причина состоит в том, что специалисты добиваются исключительно высоких результатов вследствие своих обширных познаний. Если их аккумулировать в машинных программах и грамотно применять, то такие программы также достигнут высокого уровня работы. Еще одна причина связана с признанием собственной ценности знаний. Традиционный способ их передачи от специалиста к новичку сопряжен с длительным периодом процесса обучения и стажировки. Извлечение знаний у профессионала и придание им формы, позволяющей использовать их в вычислительных машинах, существенно удешевит и их воспроизводство, и применение. Этот процесс можно ускорить, сделав личные знания доступными публичной проверке и оценке.

Системы ИИ работают с информацией различного типа, но наиболее сложным объектом распознавания является видеоинформация. При ее считывании выделяют 2 уровня задач – анализ и синтез, первый включает компьютерное зрение, второй – компьютерное моделирование.

## Анализ видеоинформации и компьютерное моделирование в системах ИИ

Отметим, что в странах со стратегическими целями активного развития ИИ первоочередное внимание уделяется разработке таких математических основ, как:

- *методы обработки и интеллектуального анализа данных, видеоинформации для различных прикладных задач;*
- *системы компьютерного моделирования, расчет и анализ разнообразных физических процессов, инженерных систем с элементами ИИ;*
- *переход к новым интеллектуальным CAD-, CAE- и CAM-технологиям и т.п.*

С ростом мощности компьютеров интеллектуальные алгоритмы глубокого обучения, системы анализа и синтеза информации, компьютерного зрения и моделирования стали интенсивно развиваться и внедряться. Компьютерное зрение и моделирование – это основная часть всех систем ИИ. Первое включает распознавание образов и обработку изображений и содержит набор методов, наделяющих компьютер способностью «видеть» и «извлекать» из этого информацию. То есть компьютерное зрение – раздел информатики и искусственного интеллекта, разрабатывающий принципы, методы, технологии идентификации и классификации предметов, явлений, процессов, сигналов, изображений и ситуаций.

Распознавание любого объекта на изображении основывается на отличающих его признаках. Их набор часто определяется интуицией и опытом человека. Однако при автоматизации многих процессов довольно проблематично устанавливать и использовать визуальные, наиболее информативные параметры в силу того, что сложно выявлять, на каких из них он фокусирует свое внимание при классификации тех или иных образов, а также гарантировать, что их применение будет эффективнее набора признаков, сгенерированных математическим путем. Простого решения данной проблемы не существует. Чем больше признаков, тем выше вычислительные затраты и, как правило, хуже результат. Дополнительные сложности возникают еще и в связи с тем, что выбор признаков, то есть настройка системы распознавания, производится на ограниченном числе образов, а в процессе работы системе приходится оперировать гораздо большим их количеством, различающие отличия которых существенны.

Как и другие типы ИИ, компьютерное зрение ориентируется на выполнение и автоматизацию задач, воспроизводящих человеческие возможности. В этом случае оно старается имитировать зрение и восприятие человека. Спектр практического применения таких технологий указывает на то, что они стали центральным компонентом множества современных инноваций и решений.

В Беларуси исследования в области распознавания образов и обработки изображений начались в 70–80-е гг. прошлого столетия. Одной из первых докторских диссертаций, защищенных по этой тематике, была работа Сергея Абламейко (1990 г.). В настоящее время ведется довольно широкий спектр работ в данной области, и уже имеются весомые результаты.

Что касается практического применения методов ИИ в системах компьютерного моделирования разнообразных физических процессов и явлений (в широком смысле этого понятия), решения различных инженерных задач, то они находятся на начальной стадии. Вместе с тем проектирование, расчет и создание сложных технических систем требует новых методов анализа и поддержки принятия решений, которые так важны для анализа больших данных, решение междисциплинарных проблем техники, и др.

Компьютерное моделирование сегодня стало неотъемлемым элементом систем ИИ, и его успехи очевидны. А вот в вопросе количественного соответствия результатов вычислений и данных натурных наблюдений дело обстоит не столь радужно, так как достичь высокой точности при рассмотрении математических моделей пока крайне сложно. Причин этому немало, и потому одной из важнейших задач в этом сегменте является разработка, развитие и адаптация современных подходов и методов математического и компьютерного моделирования для различных классов задач с элементами интеллектуального анализа.

На протяжении последних лет возможности компьютерного моделирования качественно улучшились. Одно из главных требований к этим технологиям – наличие в них элементов ИИ, или, что представляется более точным, присутствие таких навыков, как сообразительность, понимание, проницательность, умение адекватно прогнозировать на основе обработки больших массивов информации и данных. Системы компьютерного моделирования должны уметь давать рекомендации к постановке модельных задач, корректировать вычислительные алгоритмы, интерпретировать результаты и пр.

Особенно остро стоит проблема внедрения элементов технологий ИИ при компьютерном моделировании технических систем ответственного назначения с целью создания их цифровых двойников, и при управлении ими во время эксплуатации.

Тенденции развития систем ИИ убедительно показывают, что дальнейшее их эффективное использование существенным образом будет определяться возможностями применения различных подходов и методов, таких как обработка информации и изображений, описание присутствующих на них объектов, анализ данных (обнаружение математических закономерностей, различающих классы объектов), технологии компьютерного моделирования (моделирование различных объектов). Поэтому для прогресса в этой сфере необходимым условием является совместное согласованное развитие научных направлений, связанных с ИИ.

## Искусственный интеллект в Республике Беларусь

Беларусь позиционируется в мире как страна с сильным ИТ-потенциалом и лидер по развитию технологий искусственного интеллекта [9]. Несколько лет назад в авторитетных международных изданиях она считалась центром ИИ в Европе [10]. Состояние дел в отечественной научной, образовательной и практической средах в области математики и информатики детально рассмотрено в работе [11]. Сегодня республика по-прежнему сохраняет высокий уровень высшего математического образования, что позволяет ей иметь сотни эффективно работающих ИТ-компаний. Более того, за прошедшие 20 лет в стране практически создана новая высокотехнологичная отрасль, которая вносит заметный вклад в ВВП. К тому же, по разным данным, в отечественном секторе информационно-коммуникационных технологий занято примерно 100 тыс. человек, из которых около 50 тыс. – в сегменте ИТ-продуктов и услуг.

За последние годы значительно расширился Парк высоких технологий, который нуждается в притоке молодых кадров. Совершенно естественно, что его пополнение зависит от образовательного уровня студентов и их математической подготовки, которая ведется на базе фундаментального математического и естественнонаучного университетского образования [11].

Для Республики Беларусь искусственный интеллект остается областью стратегической важности, он замыкает технологический пакет нового экономического уклада и является ключевой технологией становления цифровой экономики страны. Поэтому, на наш взгляд, основные

усилия следует сосредоточить на таких направлениях ИИ, как поддержка и развитие научных исследований, разработка программных продуктов и технических решений, внедрение в учебный процесс новых программ, открытие специальных курсов переподготовки и повышения квалификации в сфере ИИ и совершенствование систем правового регулирования ИИ в повседневной жизни.

Значительные научные и практические результаты в области ИИ, достигнутые нашей страной, в основном шли по схеме «снизу–вверх», то есть ученые самостоятельно определяли спектр научных исследований, а компании так же автономно решали, какие интеллектуальные продукты им создавать и выводить на рынок. На этапе становления технологий ИИ как пионерных, инициативных проектов это было оправдано, но сегодня без наличия слаженной, скорректированной программы, учитывающей интересы государства и бизнеса, их дальнейший прогресс будет затруднительным. Необходима координация усилий всех заинтересованных сторон, разработка общей стратегии, начиная от образовательных программ до серьезных крупных научных и инновационных проектов и продуктов.

На наш взгляд, в нынешних реалиях роль государства в развитии ИИ должна стать определяющей, как и его господдержка. В этой связи представляется важным создание комитета или агентства по робототехнике и искусственному интеллекту либо в составе НАН Беларуси, либо ГКНТ, которое могло бы выполнять информационную, в том числе учетную и статистическую функцию, а также корректирующую, контрольно-надзорную.

Необходима госпрограмма развития искусственного интеллекта, но для ее разработки следует предпринять ряд мер:

- *создать Координационный совет по ИИ (к примеру, при Совете Министров Республики Беларусь под председательством вице-премьера). Этот шаг позволит скоординировать и ускорить внедрение ИИ во все отрасли народного хозяйства;*
- *разработать Концепцию развития ИИ (эту задачу может выполнить специальная межведомственная группа под руководством НАН Беларуси);*
- *подготовить дорожную карту внедрения ИИ и стандартов применения систем и технологий ИИ в отраслях;*
- *создать Рабочую группу по формированию законодательной и нормативно-*

*правовой базы ИИ при Администрации Президента Республики Беларусь или Министерстве связи и информатизации (без нормативно-правового регулирования будет очень сложно внедрять системы ИИ);*

- *рекомендовать Министерству образования Республики Беларусь рассмотреть возможность более широкого изучения основ ИИ в вузах, причем не только студентами естественно-научных специальностей, но и гуманитарных, а также в старших классах школ в рамках предмета «Информатика» хотя бы в профильных классах.*

Предлагаемые меры позволят активизировать работы в сфере искусственного интеллекта в стране.

Исходя из того, что технологический прогресс в Беларуси базируется на качественном образовании, научных исследованиях, ориентированных на получение конечного результата, и наличии современной производственной базы, а также развитого частного IT-сектора, считаем целесообразным придать государственный импульс отрасли для дальнейшего продвижения нашей страны в этой высокотехнологичной сфере. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абламейко С.В., Абламейко М.С. Искусственный интеллект в междисциплинарной перспективе: философско-правовые аспекты. Философские науки. 2021. №64(5) С. 57–70. <https://doi.org/10.30727/0235-1188-2021-64-5-57-70>.
2. Глобальный атлас регулирования искусственного интеллекта. Восточный вектор / под. ред. А.В. Незнамова. – М., 2022.
3. IDC: Мировые расходы на искусственный интеллект удвоятся за четыре года, достигнув 110 млрд долл. в 2024 году // <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=147805>.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е издание. – Москва, 2016.
5. Д.И. Дубровский. Задача создания Общего искусственного интеллекта и проблема сознания // Философские науки. 2021. Т. 64, №1. С. 13–44. doi: 10.30727/0235-1188-2021-64-1-13-44.
6. С.В. Абламейко. Искусственный интеллект в Беларуси – состояние и развитие // Наука и инновации. 2022. №5 (231). С. 36–40.
7. Гаврилова Т.А. Инженерия знаний. Модели и методы: учебник / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. – СПб., 2016.
8. Куклин В.М. Представление знаний и операции над ними: учебное пособие / В.М. Куклин. – Харьков, 2019.
9. Forbes: Беларусь становится мировым центром по разработке ИИ // <https://tnews.by/tech/13604-forbes-belarus-stanovitsja-mirovym-centrom-po-razrabotke-ii.html>.
10. «Столица европейского AI»: в Беларуси больше 70 проектов в области искусственного интеллекта // <https://dev.by/news/ne-tolko-maski-na-polnoy-karte-belorusskih-ii-proektov-bolshe-70-kompaniy>.
11. С.В. Абламейко, М.А. Журавков. Математика и математики БГУ и Беларуси. 100 лет развития. – Минск БГУ, 2021 // <https://elib.bsu.by/handle/123456789/264446>.