

О проблемах развития и внедрения технологий «искусственного интеллекта» в авиационные системы

ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО «Алмаз»
Москва 2024

О проблемах развития и внедрения технологий «искусственного интеллекта» в авиационные системы
Часть 1

«Верно определяйте слова, и вы избавите мир от половины недоразумений».

Это выражение принадлежит великому французскому ученому, жившему в 1596-1650 гг., Рене Декарту. Не только Декарт, но и Пушкин в свое время сказал: «Изучайте значение слов, и вы избавите свет от половины его заблуждений».

В сентябре 2022 года на форуме «Армия-2022» вице-премьером, главой Минпромторга Денисом Мантуровым было анонсировано начало работ по замене второго пилота «искусственным интеллектом» («ИИ»). Проект направлен на повышение уровня безопасности и снижение количества ошибок экипажа, которые приводят к катастрофам. Он должен уменьшить загруженность экипажа и упростить управление самолетом. Полученные в результате исследований результаты должны стать основой для подготовки изменений в нормативную базу, определяющую особенности эксплуатации самолетов.

Говоря о концепции виртуального пилота в интервью телеканалу “Звезда” на форуме “Армия-2022”, Денис Мантуров заметил, что всё упирается в сертификационные стандарты и национальную ментальность.

Эксперт «Института экономики транспорта и транспортной политики НИУ ВШЭ» Федор Борисов отмечает, что «…количество членов экипажа сокращается постоянно. Сперва ушли радисты, потом штурманы, бортинженеры. Каждую специальность заменяли соответствующие технологии. Два человека в кабине сейчас служат для распределения нагрузки. Один человек вполне способен сам взлететь, пролететь и посадить самолет. Новые системы просто позволят исключить страхующего человека. “Виртуальный пилот” — это красивый термин. На самом деле речь идет исключительно о том, чтобы улучшить компьютерные способности самолета и сократить количество членов экипажа, замечает эксперт».

По поводу анонса Мантурова относительно «ИИ» во втором кресле пилота многие профессионалы высказались весьма критично и неоднозначно, назвав эту идею весьма спорной. Однако если оценить мировые тенденции в области разработок новых авиационных технологий, основанных на широком внедрении нейросетевых технологий, эвристических адаптивных алгоритмов и им подобных, то оказывается, что ситуация выглядит несколько иначе, чем

она кажется на первый взгляд. И само выражение о посадке «искусственного интеллекта» в кресло пилота в основе своей выглядит как фигура речи, и не более того.

Попробуем разобраться в ситуации более детально.

Анализируя современную международную обстановку, нельзя приуменьшать те вызовы, с которыми сталкивается Россия в области цифрового развития. В частности, западные санкции не только ограничивают, помимо прочего, доступ к зарубежным технологиям, но и повышают риски сохранения зависимости от таких технологий до неприемлемого уровня, а это уже угрозы потери технологического суверенитета и национальной безопасности. Авиация, как наиболее наукоёмкая отрасль транспортной системы страны, более всего подвержена угрозам со стороны технологических и других санкций.

На снижение рисков в этой области направлен ряд документов:

- Ведомственный проект «Проведение прикладных научных исследований по широкому спектру направлений» Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на 2022-2024 годы в Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации по Государственной программе Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации»;
- Государственная программа «Развитие авиационной промышленности», утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 303;
- Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года №3363-р;
- Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 года №2162-р;
- Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р;
- Авиационные правила АП-25, АП-33, Федеральные авиационные правила ФАП-21, европейские нормы летной годности CS-25; нормы летной годности США FAR-25;
- Нормы и требования ИКАО по обеспечению безопасности авиационных перевозок, по снижению шума и эмиссии вредных веществ в атмосферу.

Эти документы и легли в основу задания комплексной НИР «Расчетно-экспериментальные исследования перспективных технологий, включая технологии искусственного интеллекта, и анализ условий их применимости в самолетах транспортной категории».

Заказчик НИР – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России).

Головной исполнитель – Федеральное Государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» (ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е Жуковского»).

В качестве соисполнителей привлечено более сотни предприятий и организаций. Проведение работ спланировано в пять этапов до 2025 года.

Для демонстрации ключевых технологий интеллектуального КБО перспективного ВС в данной НИР предполагается разработка комплексного демонстратора технологий интеллектуального «виртуального второго пилота» для самолетов транспортной категории (далее – демонстратор «виртуального второго пилота»), созданного на базе полунатурного макета универсальной кабины экипажа с имитацией окружающей обстановки.

Основной целью НИР определено:

- Проведение исследований, разработка и подтверждение эффективности комплекса технологий в интересах создания перспективных самолетов транспортной категории с силовыми установками нового поколения и интеллектуальным КБО.

В качестве основных задач НИР определены следующие:

- Разработка технологий интеллектуального комплекса бортового оборудования для перспективных самолетов транспортной категории.
- Разработка комплексного демонстратора технологий интеллектуального «виртуального второго пилота» для самолетов транспортной категории.
- Исследования и обеспечение создания энергетического узла на водородном топливе и повышения надежности авиационных электрических машин.
- Разработка технологий обеспечения эксплуатации самолётов транспортной категории «по состоянию» с целью поддержания безопасности полётов.
- Постройка и испытания демонстраторов альтернативных технологий управления пограничным слоем крыла.
- Разработка технологий повышения летно-технических, аэродинамических и акустических характеристик самолетов транспортной категории.
- Исследования генетических методов проектирования бионических конструкций самолетов транспортной категории.
- Разработка дорожной карты развития комплекса технологий в обеспечение создания самолетов транспортной категории.

В целях оптимизации потребительских характеристик перспективных ВС транспортной категории в рамках данной НИР также планируются расчетно-экспериментальные исследования, развивающие технологии по следующим направлениям:

- повышение летно-технических, аэродинамических и акустических характеристик самолетов транспортной категории, включая:
  - технологии применения механизации задней кромки крыльев с адаптацией к изменяющимся условиям полета и особенностям компоновки;
  - технологии применения малошумного предкрылка модифицированной геометрии с сохранением аэродинамической эффективности;
  - технологии совместного синтеза алгоритмов комплексной системы управления (КСУ) и активной системы снижения нагрузок, включая разработку математической модели самолета с КСУ и активной системой для стендового моделирования;
  - технологии стендового моделирования системы управления самолета с распределенной силовой установкой;
  - технологии улучшения акустических характеристик:
    - шасси за счет модификации формы его элементов, включая нишу шасси и створки;
    - предкрылков за счет модификации формы их элементов, включая направляющие предкрылков;
    - закрылков за счет модификации формы их элементов, включая боковые кромки закрылков;
    - технологии оценки текущей полетной ситуации и прогнозирования ее развития на основании анализа потоков разнородной информации о полете;
    - улучшение аэродинамических характеристик ВС на основных режимах полета путем управления пограничным слоем крыла;
    - использование генетических алгоритмов для формирования КСС (конструктивно-силовая схема) планера и его элементов;
    - использование генетических алгоритмов для формирования КСС планера и его элементов;
    - использование генетических алгоритмов для формирования КСС планера и его элементов.

Кроме того, проведение настоящей НИР предусматривает развитие методов многопараметрической оптимизации конструкции планера и его элементов с использованием генетических алгоритмов формирования конструктивно-силовой схемы, при помощи которых возможно создавать оптимальные по весу бионические конструкции планера перспективных ВС путем их топологической оптимизации.

Исходя из беглого анализа целей, задач и содержательной части НИР, становится ясно, что исследовательский проект охватил большое количество научно-исследовательских предприятий, включая подразделения РАН, предприятий разработчиков гражданской авиации разных видов и назначений, а также средств и систем Единой системы организации воздушного движения, систем комплексного моделирования, испытаний и оценки результатов. И это далеко не полный перечень соисполнителей НИР.

Здесь можно утверждать, что огромный научно-технологический потенциал авиационной отрасли и смежных отраслей объединен одной целью и задачами в интересах достижения целей «Стратегии…» по цифровой трансформации и удовлетворения повышенных требований к современным воздушным судам, а также ко всем наземным средствам и системам Единой организации воздушного движения.

Из содержательной части НИР следует отметить предъявленные высокие требования к элементам «искусственного интеллекта», которые должны стать усилителями когнитивных функций экипажа и взять на себя рутинные операции, разгрузить экипаж и повысить эффективность принятия решений и операций в тех случаях, когда интеллектуальные бортовые системы самолёта выполняют операции, которые не соответствуют требованиям безопасности полёта в конкретной ситуации.

Нельзя не сказать несколько слов о термине «искусственный интеллект», из-за чего возникают споры и искажения в понимании объектов исследований. Во многих научных трудах позднего периода этот термин употребляется в кавычках. Неслучайно эксперт Федор Борисов сравнил его просто с красивым термином. На самом деле этот термин имеет десятки формулировок в зависимости от принадлежности к научному направлению.

Разные участники сообщества ставят перед собой разные задачи. Для одних исследование «ИИ» связано с узконаучными целями, например, как с помощью компьютерного моделирования понять механизмы работы интеллекта человека. Для других целью является создание умных машин, которые позволят решать новые научные и практические задачи, не подвластные сегодня человеку. Для третьих задача формулируется как

бизнес и состоит в использовании новых технологий, использующих «ИИ» везде, где их использование несет экономическую выгоду.

В этой связи для однозначного понимания объекта исследования как «ИИ» были разработаны ГОСТы на основании Указа Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», которым была утверждена “Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года”.

Так, ГОСТ Р 59276-2020 «Национальный стандарт Российской Федерации. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения», дата введения 2021-03-01, поставил точку в спорном термине на территории России, в англоязычных версиях на Западе эти термины имеют другое толкование.

В ГОСТе пунктом 3.6 искусственный интеллект, «ИИ», определён как: «Способность технической системы имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека».

Здесь ключевым словом является слово имитировать. Кроме того, для целей реализации «Стратегии…» определён следующий перечень основных понятий, таких как: искусственный интеллект; технологии искусственного интеллекта; перспективные методы искусственного интеллекта; смежные области использования искусственного интеллекта; набор данных; разметка данных; аппаратное обеспечение; вычислительная система; архитектура вычислительной системы; общедоступная платформа; открытая библиотека искусственного интеллекта; технологическое решение.

Что касается технической реализации «искусственного интеллекта» как помощника экипажа, то уместно заметить, что экипаж, а также комплекс бортового оборудования, являются частью сложной эргатической системы ЕС ОрВД, где решаются вопросы обслуживания воздушного движения, организации потоков и воздушного пространства, осуществляемых безопасным, экономичным и эффективным образом путем предоставления средств и непрерывного обслуживания в сотрудничестве и взаимодействии всех заинтересованных сторон (органов ОВД, пользователей воздушного пространства, аэропортов и других участников ОрВД) и с использованием бортовых и наземных функций. Поэтому разработка и внедрение интеллектуальных алгоритмов должна осуществляться с учётом особенностей системного функционала ЕС ОрВД на основе комплексного проекта модернизации системы, всех её составных частей, включая комплекс

бортового оборудования различных воздушных судов, в том числе судов, управляемых удалёнными экипажами.

Разрабатывая проекты модернизации систем на основе нейросетевых интеллектуальных алгоритмов и других эвристических технологий, необходимо предусмотреть внедрение аналогичных систем, обеспечивающих системную и субсистемную защиту от постороннего вмешательства и случайных воздействий, которые могут привести к отказу системы, а также своевременное вмешательство экипажей и других лиц управленческого персонала в случае частичного либо полного отказа системы.

Резюме

На примере краткого анализа комплексной НИР, заданной Минпромторгом России, изложены некоторые соображения по поводу внедрения технологий «искусственного интеллекта» в авиационные и наземные системы. В статье были изложены лишь терминологические сложности в понимании и применении термина «искусственный интеллект». Но на этом проблемы в области терминов и понятий, связанных с интеллектом, не заканчиваются. Однако, наверное, эта тема для отдельной статьи.

О проблемах развития и внедрения технологий «искусственного интеллекта» в авиационные системы
Часть 2

«Верно определяйте слова, и вы избавите мир от половины недоразумений».

В первой части были затронуты некоторые проблемы термина «искусственный интеллект», которые надо было бы учесть при организации исследовательских работ на эту тему и разработки нормативных документов.

В этой части речь пойдёт о базовом термине “интеллект”, а также производной от него “искусственный интеллект”, как объектах исследования и путей снятия неопределённостей в этой сфере в интересах единого понимания той реальности, с которой многие исследователи и разработчики машинного или «искусственного интеллекта» имеют дело. При более углубленном рассмотрении всех аспектов этой проблемы можно отметить, что задача эта далеко не просто нетривиальная, но весьма сложная.

С учётом того факта, что национальная нормативная база авиационной отрасли довольно плотно гармонизирована с положениями, требованиями, стандартами, технологиями и другими документами ИКАО, то вопрос терминологии становится одним из определяющих для многих направлений деятельности отрасли.

Проблемы перевода заимствованных терминов

Итак, начнём с аутентичности перевода термина “интеллект”. Интеллект (от лат. intellectus – «восприятие»; «разумение», «понимание»; «понятие», «рассудок» или ум) — качество психики, состоящее из способности осознавать новые ситуации, способности к обучению и запоминанию на основе опыта, пониманию и применению абстрактных концепций, и использованию своих знаний для управления окружающей человека средой. Общая способность к познанию и решению проблем, которая объединяет познавательные способности: ощущение, восприятие, память, представление, мышление, воображение.

Необходимо отметить, что понятие «интеллект» является более поздним в своем употреблении, чем понятие «ум» или «разум», так как обозначает определенную способность, оформившуюся в отдельное слово позже, чем появились слова «ум» (mind) и ему подобные. В «Этимологическом словаре русского языка» слово «интеллект» возводится к латинской этимологии, однако указано, что русский язык заимствовал его не из латыни, а из европейских языков (точный источник установить не

представляется возможным): «Латинское — **intellectus**, i**ntelegere** (чувствовать, понимать). Слово заимствовано русским языком в первой трети XIX в. со значением «мыслительная способность». В качестве возможных источников называют немецкий и французский языки, очень популярные в России в то время, а также английский.

Согласно теории интеллекта психолога Рэймонда Кеттела интеллект можно условно разделить на подвижный и кристаллизовавшийся. Первый состоит в способности мыслить логически, анализировать и решать задачи, выходящие за пределы предыдущего опыта; второй включает накопленный опыт и способность использовать усвоенные знания и навыки.

В целом существует проблема многочисленных типов интеллекта, тесно связанная с различными научными направлениями, теоретическими обоснованиями и интерпретацией результатов практических экспериментов. В научной литературе встречается более трёх десятков типов интеллекта, структура которых в общем случае отличается.

На английском языке данное понятие используется в большинстве научных школ как **intelligence** (разумность, или человеческая разумность — **human intelligence**), а не **intellect** (интеллект) — для которого есть отдельная статья. Интеллект – это способность человеческого разума приходить к правильным выводам о том, что является истинным, а что ложным в реальности; и как решать возникающие проблемы. Рассмотрим, чем же это обусловлено.

Следует отметить, что в англоязычной языковой системе и разговорной практике понятие **intellect** означает способность что-либо делать, это неотчуждаемая от человека и присущая только ему способность, что косвенно подтверждается существованием переносного значения слова: **intellect** — «человек, наделенный интеллектом». В то же время существование термина интеллект отдельно от человека в англоязычном языковой системе не встречается, и такие контексты передаются с помощью слова **intelligence**, что существенно влияет на смысловое содержание. Однако в русскоязычной языковой системе «интеллект» рассматривается как отчуждаемая способность, что как раз и подтверждается существованием таких словосочетаний, как «**искусственный интеллект**», «**эмоциональный интеллект**» и другие типы интеллектов. Поэтому при попытке их соединить в одном понятии на русском языке возникают недопонимания и противоречия.

В частности, это связано с переводом терминов IQ и EQ. Тесты на уровень интеллекта были названы IQ (**intelligence quotient — показатель разумности**). А через некоторое время американские психологи забили

тревогу, что людей стали оценивать по нему в целом — исходя из его названия, а не только как тест на логику — исходя из его сути. И поэтому появился EQ, чтобы указать, что у разумности (слово **intelligence** стало из-за этих тестов ассоциироваться с чистой логикой) есть ещё эмоциональная, ментальная и социальная составляющая, что придаёт интеллекту особые свойства.

Если с трудностями в определении термина "**intellect"** можно как-то согласиться, то с термином «**искусственный интеллект**» ситуация намного сложнее, и это, безусловно, влияет на темпы продвижения научных исследований и внедрения их результатов во все области человеческой деятельности.

Дмитрий Поспелов – основоположник «искусственного интеллекта» в СССР и России, в одном из своих трудов отмечал: «искусственный интеллект» есть ни что иное, **как языковая метафора, заменяющая название обширному научному направлению, не поддающемуся до сего времени точному определению…**».

Проблемы полинаучных исследований в области «искусственный интеллекта»

Попробуем провести краткий анализ полинаучной эквилибристики в этой сфере с начала её зарождения.

Как научное направление «ИИ» приобрел вес уже после того, как окончилась Вторая мировая война. Это произошло благодаря заслугам таких ученых, как А. Тьюринг, У. Мак-Каллок и У. Питтс.

На основе проведенных теоретических исследований, а также практических разработок в области имитации ряда простых интеллектуальных функций, многие ученые пришли к выводу, что создать «ИИ» достаточно просто, и в ближайшем будущем рядом с человеком будут функционировать «думающие машины».

Основоположником теории «ИИ» считается выдающийся английский математик, криптограф, член Лондонского королевского общества А. Тьюринг, выдвинувший в статье «Вычислительные машины и разум» тезис о том, что машины так же, как и люди, способны использовать доступную информацию, а также разум, чтобы решать проблемы и принимать решения. Он был одним из первых исследователей, который считал возможным создать полноценную искусственную имитацию человеческого интеллекта. Кроме того, им был описан тест, позволяющий определить, когда машины смогут сравняться с человеком. Указанный подход, предложенный ученым, был раскритикован философами, но методика все же предопределила прагматический подход, используемый относительно «ИИ» до сих пор.

Американскими учеными — нейрофизиологом и одним из основателей кибернетики У. Мак-Каллоком и нейролингвистом, логиком и математиком У. Питтсом — в совместной научной работе «Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности» впервые предложена математическая модель искусственной нейронной сети. Именно результаты указанного научного исследования заложили основы разработки «ИИ» и революционного представления о мозге человека как о компьютере.

Впервые термин «искусственный интеллект» (анг. Artificial Intelligence, AI) был предложен американским информатиком, членом национальной академии наук Соединенных Штатов Америки, лауреатом премии А. Тьюринга Дж. Маккарти на Дартмутском семинаре — научной конференции по вопросам «ИИ», организованной в 1956 г. в одноименном университете. Среди ученых, принявших соглашение об утверждении нового названия для данной области и согласовавших вышеназванный термин, были М. Минский, К. Шеннон, Н. Рочестер и другие исследователи.

Актуализация проблем исследования естественного и «ИИ» произошла уже в 70-е гг. XX в., но в данный период ученые уже осознавали, что ни естественнонаучный, ни философский подходы не видят, каким образом может быть создан машинный аналог естественного интеллекта, обладающий способностью к рефлексии.

На современном этапе исследования «ИИ» также далеки от завершения. Дискуссионным до сих пор является вопрос, касающийся определения понятия «интеллект», четко не обозначен его состав, а также главные механизмы. Исследования в области «ИИ» ведутся достаточно активно, однако однозначное суждение исследователей, касающееся возможности построить «ИИ», способный реализовать функции интеллекта человека, отсутствует. Соответственно, открытым остается вопрос, возможна ли в принципе машинная имитация человеческого интеллекта.

Нельзя не отметить, что само понятие «искусственный интеллект» имеет в литературе значительное количество определений и интерпретаций. Такое положение дел привело к тому, что рассматриваемое понятие интерпретируется учеными по-разному.

Согласно одному из определений «ИИ» — это наука и технология, включающая набор средств, позволяющих компьютеру на основании накопленных знаний представлять ответы на вопросы и формулировать на их основе экспертные заключения, т.е. получать знания, не вкладываемые в него разработчиками. В рамках другого определения «ИИ» — это математическая модель, способная к обучению, созданная по подобию человеческого мозга.

Иные авторы определяют «ИИ» как систему, способную рационально решать сложные проблемы или принимать надлежащие действия для достижения своих целей в условиях наличия неопределённостей. При этом не уточняется сфера применения указанных систем, их область деятельности, кроме того, вряд ли обоснованно определять искусственный интеллект столь широко, подобный уровень абстракции позволит устанавливать свойства искусственного интеллекта во многих бытовых приборах, что явно не соответствует изложенной выше сущности искусственного интеллекта.

Такая богатая палитра мнений, научных теорий, интерпретаций многочисленных научных школ и научных направлений рождает огромное количество терминов, понятий, смыслов, значений, в обилии которых выделить рабочие идеи чрезвычайно сложно, а в некоторых случаях просто невозможно.

Попробуем обосновать этот тезис.

Начнём наш обзор с поиска и анализа существующих определений «ИИ», а первым источником, к которому мы обратимся, будет Википедия. Так, в русскоязычной версии Вики термин «ИИ» определяется следующим образом: «Искусственный интеллект — свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека».

В англоязычной версии этот же термин определен несколько иначе: «Искусственный интеллект — это интеллект, демонстрируемый машинами, в отличие от естественного интеллекта, демонстрируемого животными, включая людей».

По факту мы видим, что в одной статье термин «ИИ» **определяется через свойство системы**, а в другой **через противопоставление естественного и машинного интеллектов**. Причем оба вида интеллекта рассматриваются **через призму поведения**.

В книге Романа Душкина, директора по науке и технологиям Агентства «Искусственного Интеллекта», термин «ИИ» определяется следующим образом:

«… искусственный интеллект – это междисциплинарная область исследований и набор технологий, позволяющий создавать технические системы, решающие задачи, ранее доступные только человеку. …».

В Большой российской энциклопедии термин «ИИ» определен так:

«Искусственный интеллект, раздел информатики, в котором разрабатываются методы и средства компьютерного решения интеллектуальных задач, традиционно решаемых человеком».

В двух последних рассмотренных источниках мы видим, что авторы рассматривают «ИИ» не как техническую систему, а как науку, изучающую подобные системы.

Книги книгами, но посмотрим на что-то более официальное. В рамках Росстандарта работает технический комитет (ТК 164) «Искусственный интеллект», который занимается стандартизацией в интересующей нас области. Проанализируем плоды его трудов.

ГОСТ Р 59276-2020 «Национальный стандарт Российской Федерации. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения»:

*3.6 искусственный интеллект, ИИ**: Способность технической системы имитировать когнитивные функции** человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека.*

ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта»:

3.18 искусственный интеллект (artificial intelligence): **Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные** функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Примечание — Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных, анализу и синтезу решений.

В ГОСТ даётся определение «ИИ» с позиции технической системы. Первый стандарт определяет «ИИ» как «**способность** технической системы…», что по сути **характеризует возможности**, а второй определяет «ИИ» как «**комплекс технологических решений**…», что указывает на **комплексный состав системы**. Разница всё-таки есть, и её необходимо принимать во внимание.

Что же творится с международными стандартами?

Так, в проекте стандарта ISO/IEC DIS 22989 Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology термин «ИИ» определен так:

2.1.2 искусственный интеллект (ИИ) (artificial intelligence, AI): Способность приобретать, обрабатывать, создавать и применять знания (2.1.5), определенные в форме модели (2.1.6), для выполнения одной или нескольких поставленных задач (2.1.7).

Примечание — Данный термин приведен **в контексте системы.**

2.1.3 искусственный интеллект (artificial intelligence, AI): Дисциплина о создании и изучении ИИ (2.1.2).

Примечание — Данный термин приведен **в контексте инженерной дисциплины.**

Интересно то, что анализируемый ISO разделят точку зрения на «ИИ» как на техническую систему и точку зрения на «ИИ» как на научную дисциплину. Техническая система при этом определяется через демонстрируемые ей свойства.

Что касается законодательного уровня, то практически в каждой стране есть понимание того, что «ИИ» — это ключевое направление ближайшего будущего. Свой взгляд на развитие «ИИ» страны, как правило, оформляют в виде национальных стратегий развития «ИИ». Приведём краткий обзор подобных стратегий с определением термина «ИИ».

В Указе Президента РФ от 10.10.2019 N 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») термин «ИИ» определен практически идентично определению, данному в ГОСТ Р 59277-2020.

В американском законе H.R.6216 — National Artificial Intelligence Initiative Act of 2020 под «ИИ» понимают следующее:

Термин «искусственный интеллект» означает **техническую систему**, которая для определенных человеком целей может делать прогнозы, выдавать рекомендации или принимать решения, влияющие на реальную или виртуальную среду. Системы искусственного интеллекта используют машинные и предоставленные человеком входные данные для:

(A) восприятия реальной и виртуальной среды;

(B) автоматического абстрагирования подобного восприятия в модели;

(C) использования полученных моделей для формирования информации или выполнения действий.

Примечание автора.

*В этом законе термин «ИИ» **употреблён в кавычках**, что говорит о некоторой условности определения.*

Представляет интерес назначение принятого закона, где, в частности, указано, что Конгресс считает следующее:

1. Искусственный интеллект — это инструмент, который обладает потенциалом изменить и, возможно, трансформировать каждый сектор экономики и общества Соединенных Штатов.
2. Федеральное правительство должно продолжать играть важную роль в продвижении исследований, разработок, стандартов и образовательной деятельности в области искусственного интеллекта посредством координации и сотрудничества между правительством, научными кругами и частным сектором для использования интеллектуальных, физических и цифровых ресурсов каждой заинтересованной стороны.
3. **Федеральному правительству не хватает четкого понимания возможностей искусственного интеллекта** и его потенциала влиять на различные социальные и экономические секторы, включая этические проблемы, последствия для национальной безопасности и воздействия на рабочую силу.

Европейский союз сформулировал свое видение развития ИИ в документе EUROPEAN COMMISSION. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION. Artificial Intelligence for Europe {SWD (2018) 137 final}. В частности, под «ИИ» европейцы понимают следующее:

Искусственный интеллект (ИИ) относится к системам, демонстрирующим разумное поведение, которое заключается в анализе окружающей среды и совершении действий – с некоторой степенью автономии – для достижения поставленных целей.

По результатам краткого обзора ситуации с многочисленными вариантами в определении термина «искусственный интеллект», которые существуют не просто в научной литературе, но закреплены в национальных нормативно-правовых базах развитых стран, можно предположить, что такое состояние дел носит перманентный характер и подлежит коррекции во взглядах и подходах по мере изучения этой области научными школами разной направленности.

Одной из причин такого разброса взглядов на проблему, множества теорий и различных интерпретаций создания «ИИ», является, как мы уже отмечали, полинаучность в направлениях исследований, их разнонаправленность. Термин «когнитивные науки», получивший распространение в конце XX века, объединил множество разнородных подходов. В современную когнитивную науку входят такие направления, как психология, философия, антропология, нейробиология, нейролингвистика, исследования искусственного интеллекта. Однако возникли такие новые области науки, как когнитивная психология, когнитивная лингвистика, философия сознания и ряд других.

По мере получения новых знаний, рост количества неопределенностей в описании свойств объектов и явлений не уменьшается, так как новые открытия порождают не только знания, но и новые проблемы. Так, например, термины и понятия, которые используются в описании «ИИ», не могут считаться исчерпывающимися, поскольку в зависимости от контекста приобретают разную семантическую нагрузку, а стало быть, и разный смысл. Кроме того, постижение психологических аспектов основных когнитивных функций мозга представляет сегодня трудную проблему.

К основным когнитивным функциям мозга относят: **память, внимание, речь**, **навыки** (праксис), **восприятие и узнавание** (гнозис), **мышление**, **интеллект** и ряд других функций, связанных с ментальной составляющей, что создаёт подчас непреодолимые препятствия при формальном описании интеллектуальных структур.

Следует отметить, что именно целостные, комплексные теории ментальных представлений в настоящее время отсутствуют, а многие вопросы относительно ментальных структур и их проявления в различных ситуациях остаются открытыми. Неясным остается то, как они проявляются и развиваются, каковы их механизмы и динамика.

Весь ансамбль когнитивных функций работает параллельно, дополняя или подавляя друг друга, в зависимости от состояния психической активности человека и задействованных структур в деятельности интеллекта, сознания и мозга. Когнитивные функции человека имеют тесную связь с его поведением и способностью принимать решения. Главным дирижёром этого ансамбля является наше сознание, а наш разум контролирует все процессы. Кроме общих и отличающихся друг от друга определений в научной и другой литературе, никто пока не знает, что представляют эти сущности.

Изящно описал сознание Джозеф Боген – американский нейрофизиолог, получивший в 1981 г. Нобелевскую премию по физиологии за исследования функциональной специализации полушарий мозга. Учёный сравнил сознание с ветром: «увидеть и поймать его нельзя, но очевидны результаты его деятельности – гнущиеся деревья, волны или даже цунами».

Что стоит за имитацией?

После короткой экскурсии в мир когнитивизма уместно задать вопрос: что же мы имитируем с помощью интеллектуальных, эвристических алгоритмов и программ? Очевидно, что это будут отдельные функциональные элементы интеллекта, так как полный перечень функций и их роль в каждой отдельной ситуации либо определён не полно, либо не определён вовсе. Наибольшие неопределённости возникают, как уже

отмечалось, в сфере деятельности сознания и разума. Ещё больше проблем с самим мозгом.

Как утверждает Черниговская Татьяна Владимировна — советская и российская учёная в области нейронауки, психолингвистики, а также теории сознания: «Мозг принимает решение за 30 секунд до того, как человек - это решение осознает. Это огромный период времени для мозговой деятельности». И задаётся вопросом: «Так кто ж в итоге принимает решение: человек или его мозг?». И это не риторический вопрос, а доказанный факт.

Далее Татьяна Владимировна отмечает, что современная нейронаука сталкивается с проблемой обработки огромного количества информации, получаемой от мозга. Искусственный интеллект не может полностью заменить человеческий мозг, так как он не способен **создавать смыслы и понимать сложные идеи**. Этот взгляд разделяют многие зарубежные и отечественные учёные, работающие в этой области.

Так, например, сэр Роджер Пенроуз — британский физик и математик, работающий в различных областях математики, общей теории относительности и квантовой теории утверждает, что «…термин «интеллект» следует употреблять исключительно в связи с **пониманием**. Некоторые же теоретики от «ИИ» берутся утверждать, что их робот вполне может обладать «интеллектом», не испытывая при этом никакой необходимости в действительном «понимании» чего-либо. На мой взгляд, словосочетание «интеллект без понимания» есть лишь результат неверного употребления терминов. Следует, впрочем, отметить, что иногда что-то вроде частичного моделирования подлинного интеллекта без какого бы то ни было реального понимания оказывается до определенной степени возможным».

Здесь можно согласиться с Роджером Пенроузом в том, что мы можем имитировать и моделировать лишь часть когнитивных функций человека и не более, что требовалось доказать.

Резюме.

Исходя из краткого обзора основных тезисов статьи о проблемах создания имитационных моделей интеллекта на машинных носителях, можно утверждать, что имитировать и моделировать объекты и явления возможно лишь в тех случаях, когда свойства объектов поддаются формальному описанию и позволяют создать цифровой его аналог. Такие технологии существует довольно давно, внедрение их набирает обороты и приносит колоссальную пользу.

В вопросах же создания цифровой модели человеческого интеллекта, как точной его копии, существует ряд принципиальных ограничений. Одним из таких ограничений является самореференция. Это явление, которое

возникает в системах высказываний в тех случаях, когда некое понятие ссылается само на себя. Такие явления неизбежно приводят к парадоксам. Парадоксом называют ситуацию в научном познании, которая характеризуется наличием двух противоположных, взаимоисключающих утверждений по одному и тому же вопросу, причем каждое из утверждений имеет свои аргументы. Доказательством тому являются многочисленные парадоксы в науке в различных её направлениях, многим из которых уже тысячи лет.

В нашем случае, когда мы приступаем к исследованию интеллекта как результата деятельности мозга и сознания человека с целью создания точной цифровой его модели, в качестве инструмента исследования мы используем **такой же мозг, но свой**. Принципиально не существует другого способа подтверждения объективности той реальности, которую мы постигаем, в нашем случае это интеллект. Реальность **субъективна** по определению, потому как выстроена и запечатлена в нашем мозгу. Следовательно, формально описать мы можем только то, что имеем, если ещё при написании не наделаем ошибок, а они тоже неизбежны по той же причине.

Это является принципиальной проблемой, которая в научной сфере носит название «трудной проблемы сознания». Однако на данном этапе развития науки путей её преодоления не просматривается.

Ещё когда-то Федор Иванович Тютчев, мыслитель, философ, дипломат, в стихотворении «Молчание!» написал: «Мысль, изречённая есть ложь!», что косвенно подтверждает обозначенную проблему. Мыслитель это почувствовал интуитивно. Такой параметр, как интуиция здесь не рассматривался, однако он представляет ещё одну сакральную функцию нашего мозга. Альберт Эйнштейн по этому поводу писал: «Интуиция — священный дар, а разум — покорный слуга».

Интуицию можно было бы определить, как совокупность эмоций, духа, логики и опыта. Именно эти составляющие и являются проводниками по жизни.

В заключение скажем несколько слов о об уровне и масштабности проблем, с которыми предстоит встретиться создателям «искусственного интеллекта».

При создании комплекса интеллектуальных машинных систем возникает проблема получения опыта в научном и технологическом экспериментальном освоении огромного числа сочетаний и комбинаций на уровне когнитивных и других функций ментальной деятельности человека, для создания алгоритмов и программного продукта в интересах эффективной

имитации когнитивных возможностей человека не только в авиационной сфере, но и в других отраслях человеческой деятельности.

В 1950 году американский математик Клод Шеннон опубликовал в журнале статью «Как запрограммировать компьютер для игры в шахматы». В этой статье он подсчитал, что количество комбинаций в шахматах будет равно 10^{120}. Это огромное число! Конечно, это всего лишь оценка. Но вообще смысл есть. Клод Шеннон показал, что уже после четвёртого хода возникает около миллиона комбинаций. Это прозрачный намёк на проблемы в вычислительной области и интеллектуальных алгоритмах, которые предстоит решить при создании элементов «искусственного интеллекта».

Для решения проблем оптимального отбора необходимых комбинаций и создаются новые алгоритмические вычислительные процедуры на нейросетевых платформах с участием интеллектуальных и эвристических алгоритмов. Таким образом, техногенный процесс в этой области должен получить новый импульс для решения сложнейших задач.

Итак, мы сделали свой первый ход на тернистом пути к «искусственному интеллекту»!

Да пребудет с нами сила!

О проблемах развития и внедрения технологий «искусственного интеллекта» в авиационные системы
Часть 3

«Трудно понять, как можно начать разрабатывать квантово-теоретическое описание деятельности мозга, если вполне возможно, что мозг все время «наблюдает за собой»!

Роджер Пенроуз

В предыдущей части были упомянуты некоторые проблемы и трудности в создании довольно сложных элементов «искусственного интеллекта».

Уже отмечалось, что типов, видов и факторов, которые описывают свойства и характеристики интеллекта, достаточно много. Всего в многочисленных дискуссиях о природе интеллекта сторонники идеи общего интеллекта убедились, что это – не более чем формально-статистическая абстракция относительно различных проявлений интеллектуальной деятельности; идеи интеллекта комплекса способностей – влияние определенного общего фактора, представленного в различных типах интеллектуального исполнения. Во всех тестологических теориях интеллекта (двухфакторный, многофакторный, иерархический, кубический) фигурирует представление о наличии от 2 до 120 его факторов. Однако вопрос, считать ли эти факторы реальными интеллектуальными образованиями вроде первичных умственных способностей или только формой классификации тестовых заданий, до сих пор открыт.

Таким образом, формальное описание интеллекта возможно лишь частично и, как заметил Джорж Пенроуз, только в ряде случаев.

Как отмечалось в предыдущей части, интеллект является частью сознания наряду с другими структурами. Сама же структура сознания состоит из пяти **основных** компонентов: интеллект, мотивация, эмоционально-чувственная сфера, волевая сфера и самосознание.

Одно из первых представлений о структуре сознания принадлежит Зигмунду Фрейду, согласно которому сознание имеет иерархическую структуру и включает в себя подсознание, сознание, сверхсознание. Сверхсознание — это неосознаваемое рекомбинирование раннего накопленного опыта, которое побуждается и направляется доминирующей потребностью в поиске средств её удовлетворения. Подсознание и сверхсознание образуют состав бессознательного, что является важным компонентом сознания и до сих пор используется в медицинской практике.

Развивая тему интеллекта в составе сознания, есть основания сослаться на популярную теорию Чарльза Эдвард Спирмена, - английского психолога, известного своими работами в области статистики, факторного анализа и моделями человеческого интеллекта, включая его теорию о том, что разрозненные результаты когнитивных тестов отражают единый общий фактор интеллекта, обозначив его как, как g — фактор общего интеллекта.

В его работах было выдвинуто предположение о том, что группа различных показателей находится во взаимосвязи, определяя одну способность. Такие перекрывающие друг друга структуры корреляций ведут к так называемым групповым факторам, которые не содержатся во всех показателях способностей, а являются общими для более или менее ограниченных групп тестов. Таким образом, в теории Спирмена была определена системная функция всех структур, входящих в понятие “сознание”. Это предполагает, что все структуры работают согласованно, обеспечивая все функции сознания, и одновременно им же и управляются.

Это свидетельствует о том, что моделировать элементы интеллекта в отрыве от работы всех структур сознания и мозга принципиально невозможно. Кроме того, разумная деятельность мозга на уровне понятий и смыслов, а также отражения объективной реальности, в свою очередь отсылает нас к моделям функционирования центральной нервной системы, частью которой является головной мозг.

Теперь несколько слов об отражения мозгом объективной реальности. Тезис о том, что материальный мир есть объективная реальность, существующая независимо от нашего сознания, и данный нам в ощущениях, уже не отвечает новым теориям и новым взглядам на мир, особенно после триумфа квантовой механики, которой без малого уже сто лет.

Трудная проблема наблюдателя проявила себя и в макромире. На преодоление проблем наблюдателя и направлена новая концепция «О роли и месте наблюдателя в процессе познания объективной реальности», предложенной австрийско-американским математиком Хейнцем фон Фёрстером, которая представляет собой одну из разновидностей радикального конструктивизма.

Основной постулат, на котором строится эта концепция, звучит следующим образом: «Окружающая среда в том виде, в каком мы ее воспринимаем — это наше изобретение». Соответственно этому постулату, мир состоит из наших представлений, которые сами по себе являются субъективными конструктами. Другими словами, всё, что мы можем сказать о мире, о самых точных и «достоверных» его законах и проявлениях — всё это конструкции нашего сознания, которые мы изобретаем, а не получаем

извне вследствие научных открытий. «Когнитивные процессы создают описания окружающей среды, то есть информацию о ней». Положения этой концепции разделяют видные учёные у нас и за рубежом.

Из этого следует, что картину реального мира наш мозг выстраивает на базе имеющихся знаний и приобретённого личного и социального опыта, а также индивидуальных свойств интеллекта, которые с течением времени и по множеству других причин видоизменяются. Однако это тот мир, который сконструировал и предоставил нам наш мозг, который, в свою очередь, тоже меняется. Мы не можем не доверять мозгу, так как не существует принципиально иного способа верификации того, что мы видим и ощущаем. У каждого индивида своя картина мира и своё отношение к нему. И если социокультурный интеллект сглаживает многие различия, он их, однако, не устраняет полностью. Примером таких различий могут служить: интеллект, психологический профиль, цветоощущения, запах, вкус и другие. Что касается цвета, да и других отличий, то это исключительно изобретение мозга, позволяющее обеспечить реакцию когнитивных структур на уровне рефлексов и подсознательных инстинктов в экстремальных ситуациях.

Исходя из этого, попробуем спроектировать описанные проблемы по созданию «искусственного интеллекта» на область технического уровня, имея в виду растущие мощности компьютерных систем, технологий баз данных, мощных нейросетей и интеллектуальных алгоритмов.

Приведём мнение отечественных и зарубежных учёных: А.Д. Панова и Р. Пенроуза.

В одном из своих докладов “Искусственный интеллект и Теорема Пенроуза” Панов Александр Дмитриевич – доктор физико-математических наук, Руководитель Научно-культурного центра SETI при Совете по астрономии РАН, – отметил следующее:

> “- современные надежды на то, что компьютеры превзойдут интеллект человека, основаны на том, что “вычислительная мощь” мозга сводится с вычислительной мощи нейронной сети. Однако, есть основания полагать, что мышлением ведает не только нейронная сеть. В частности, доказано, что некоторые одноклеточные животные обладают способностью проходить лабиринты и обучаться, хотя они вообще не обладают нервной системой. Таким образом, возможно, надо искать субстрат мышления на субклеточном уровне;
>
> – человек способен на интеллектуальные операции, на которые не способен самый сложный и мощный компьютер, что доказывает теорема Пенроуза, которая в свою очередь опирается на теорему

Геделя и теорему Геделя-Тьюринга. Согласно этим теоремам, конечный автомат, оперирующий конечными аксиоматическими системами, не способен сформулировать некоторые виды высказываний, которые может сформулировать человек”.

Роджер Пенроуз в своей книге «Новый ум короля» в этой связи отмечает: «Мозгу недостаточно быть квантовым компьютером, чтобы реализовывать невычислимую активность. Биологическая система, называемая человеческим мозгом, каким-то образом ухитрилась воспользоваться в своих интересах физическими феноменами, человеческой же физике неизвестными! Эти феномены когда-нибудь опишет пока несуществующая теория, которая свяжет вместе классический и квантовый уровень».

Этим небольшим разделом автор старался доказательно, насколько это возможно, более подробно раскрыть тернии, которые нам предстоит преодолеть в решении задач по массовому внедрению технологий «искусственного интеллекта» в авиационную отрасль. Залогом успеха должна послужить тесная интеграция научных предприятий и учреждений, ведущих предприятий-разработчиков в этой области, а также эффективная кооперация предприятий-изготовителей в рамках Государственных и ведомственных программ, направленных на обеспечение научного и технологического суверенитета нашей страны.

О проблемах развития и внедрения технологий “искусственного интеллекта” в авиационные системы
Часть 4

«Первый глоток познания делает нас атеистами. Но на дне нас все равно ожидает Бог…»

Вернер Хейзенберг, нобелевский лауреат в области физики

В третьей части материала автором были затронуты лишь некоторые проблемы теории интеллекта и связанных с ним других когнитивных функций. Современное время принципиально отличается от всех предыдущих эпох: ценностью особого порядка становится интеллект, который признается ресурсом более важным по сравнению с природно-сырьевыми запасами.

Проблема исследования интеллекта, интеллектуальных способностей, интеллектуального развития в психологии относится к числу старейших. Однако статус проблемы интеллекта является парадоксальным с самых разных точек зрения: парадоксальны и его роль в истории человеческой цивилизации, и отношение к интеллектуально одаренным людям в обыденной социальной жизни, и характер его исследований в области психологической науки.

Вместе с тем интеллект остается многозначным понятием, отражающим способности к познанию, достижению целей, адаптации, решению проблем и многое другое. Этим понятием пользуется не только психологи, но и им оперируют также в философии, социологии, педагогике, кибернетике, физиологии и других областях научного знания. В этой связи организация работ по созданию и широкому внедрении элементов «искусственного интеллекта» («ИИ») не может не учитывать опыт, полученный в результате многолетних исследований, а также использовать новейшие технические средства, включая нейросети нового поколения и суперкомпьютерные системы, для получения новых знаний в этой сложнейшей области наук.

Эта тема прозвучала на международной «Конференции по искусственному интеллекту и машинному обучению **Artificial Intelligence Journey 2023».** На конференции Президент России Владимир Путин определил цели и задачи развития в стране «искусственного интеллекта», где в качестве главных инструментов для опережающего роста уровня жизни россиян и экономики страны, были определены автоматизация

и повсеместное внедрение «искусственного интеллекта» как важнейший ресурс для укрепления научного, образовательного, технологического и производственного потенциала Российской Федерации. Президент поручил обеспечить доступ ученых, аспирантов, студентов и школьников к суперкомпьютерам, а также увеличить количество образовательных программ в сфере «искусственного интеллекта» в вузах. Президент также анонсировал принятие в новой редакции Национальной Стратегии развития «искусственного интеллекта», которая будет отвечать современным вызовам.

Поручения Президента в области развития интеллектуальных и эвристических алгоритмов на новейших нейросетевых платформах придают новый импульс в углублённом исследовании когнитивных функций человека, включая интеллект, в интересах создания надёжных и безопасных технологий, которые по словам Президента, должны стать помощниками в постоянной деятельности людей и должны избавить их от рутинной работы, высвобождая время для решения более сложных и важных задач, которые под силу только человеку. Безусловно это чрезвычайно важно, в том числе для авиационной отрасли, экипажей воздушных судов, систем организации воздушного движения пилотируемой и беспилотной авиации и систем управления безопасностью полётами.

После небольшого вступления переходим к основной теме о проблемах основных когнитивных функций человека. Автор предлагает сосредоточится на основных двух проблемах: ***проблеме исследования интеллекта в современном техногенном обществе и проблеме моделирования сознания***.

Проблема исследования интеллекта в современном техногенном обществе

В настоящее время острота проблематики интеллекта увеличилась многократно. С одной стороны, растет признание исключительно важной роли интеллектуального ресурса людей, как это отмечалось на «Конференции AIJ», с другой, — многие аспекты социальной, культурной и информационной политики в нашей стране требуют повышенного внимания к возможным негативным последствиям бесконтрольного использования этого ресурса. Об этом давно предупреждают видные учёные, политики, общественные деятели. Естественный интеллект все в большей мере заменяется его суррогатом: клиповым или сетевым мышлением, «функциональной грамотностью», изощренной способностью к социальной адаптации. Деструкция естественных интеллектуальных способностей человека под влиянием объективных факторов — явление чрезвычайно опасное. Будущие профессиональные психологи, нейробиологи, нейролингвисты, IT-специалисты, системные интеграторы и другие

исследователи и специалисты должны иметь в своем распоряжении надёжные результаты исследований, в которых представлены новые подходы и методики к пониманию такого сложного психологического явления как интеллект.

Психология интеллекта в нашей стране долгое время была Золушкой. Интеллект отождествлялся с мышлением и не рассматривался как единая когнитивная система. Интеграция отечественной психологии с мировой, происходящая в последние годы, коснулась и психологии интеллекта. Причем решающую роль в этом сыграли психодиагносты. Тесты интеллекта стали широко переводиться, издаваться, использоваться в школьной, клинической практике и при профессиональном отборе.

В западной психологии, несмотря на огромное количество работ, посвященных интеллекту, нарастает волна критики этого понятия со ссылкой на отсутствие у него каких-либо объяснительных возможностей. Исследования интеллекта, отождествляемого с IQ, все в большей степени напоминали «игру в бисер». В итоге назначение интеллекта оказалось представленным в столь усеченном и обедненном виде, что его роль в психологической жизни человека начинала просматриваться все более проблематично. В итоге, это походило на некую абстракцию, рождённую на огромном массиве измерений и статистической обработки материалов с огромным количеством методик и интерпретации результатов.

Уже с начала века в рамках тестологической парадигмы сложились две прямо противоположные по своим конечным теоретическим результатам линии трактовки природы интеллекта: одна связана с признанием общего фактора интеллекта другая — с отрицанием какого-либо общего начала интеллектуальной деятельности и утверждением существования множества независимых интеллектуальных способностей. В итоге, на наивный, но тем не менее вполне законный вопрос: ***«Сколько же на самом деле существует интеллектов?»***, тестология так и не смогла дать однозначный ответ.

Дискуссии, длившиеся многие десятки лет и связанные с попыткой утвердить определенное понимание природы интеллекта, в итоге привели к парадоксальному результату. Острота положения дел в тестологических исследованиях интеллекта вынудила Артура Дженсена, видного американского идеолога тестологии, признать, что: ***«…бессмысленно обсуждать вопрос, на который нет ответа, — вопрос о том, что в действительности представляет собой интеллект».***

К аналогичному выводу пришел и известный английский психолог Макл Хоув, заявив, что ***«слово «интеллект» допустимо применять только как описательный, сугубо житейский термин в силу отсутствия***

у соответствующего понятия каких-либо объяснительных возможностей». И всё это происходит в период 1987-1988 годы.

Итак, достигнутый уровень теоретических и эмпирических знаний свидетельствует о сложившейся в тестологии кризисной ситуации, суть которой можно обрисовать двумя словами: ***«Интеллект исчез».***

Научным сообществом был сформирован запрос на возвращение интеллекту статуса психической реальности, и встроить исследования интеллекта в русло новой парадигмы. Так была сформирована новая концепция, в которой было предложено изучение интеллекта определять не через процедуру его измерения, а с точки зрения его онтологического статуса, то есть способа ***«существования сущности в данной конкретной «субъективный реальности»***, в данном ***«пространстве»***. Если в рамках тестологических теорий интеллект определяется как степень сформированности познавательных функций, то в рамках онтологической теории – как форма организации ***ментального опыта*** индивидуального субъекта. Это стало революционным сломом старой парадигмы и утверждения новой.

В начале 90х годов работы по исследованию интеллекта в новой концепции были развёрнуты за рубежом и в нашей стране. В России это направление возглавила ***Марина Александровна Холодная***—советский и российский психолог, доктор психологических наук, профессор Института психологии РАН, имеющей более 150 научных публикаций в области теории интеллекта.

На сегодняшний день теория интеллекта М. Холодной является, пожалуй, единственной, в которой предусматривается некая метафизичность интеллекта и, кроме того, дается представление об интеллекте как особой психической реальности, и, в конечном итоге, рассматривается ***как ментальный опыт***, под которым понимается ***«…система наличных психических образований и инициируемых ими психических состояний, лежащих в основе познавательного отношения человека к миру и обслуживающих конкретные свойства его интеллектуальной деятельности».***

Другими словами, интеллект — это система психических механизмов, которые обусловливают возможность построения “***внутри”*** индивидуума субъективной картины мира и всего происходящего в нём. Парадоксальность в исследовании интеллекта проявляется, в том числе в его многоликости, где в зависимости от ситуации он проявляет себя и ***как функция, и как свойство, и как состояние.***

Все существующие до этого концепции «складывали» структуру интеллекта из его свойств или проявлений, оставляя за рамками рассмотрения собственно интеллект. ***Однако объяснить природу интеллекта на уровне анализа его проявлений в принципе невозможно***. В этом случае интеллект будет пониматься как события, происходящие ***«внутри»*** индивидуального ментального опыта личности и изнутри влияющие на характеристики интеллектуальной деятельности человека. В новой концепции вводится такое понятие, как ***ментальное пространство,*** которое представляет собой ***«…особую динамическую форму состояния ментального опыта, которая оперативно актуализируется в условиях осуществления субъектом тех или иных интеллектуальных актов».***

Рамки статьи не позволяют более подробно охарактеризовать детали новой концепции, однако очевидно, что интеллект — это чрезвычайно сложная психическая функция, включающая множество компонентов — ***опыт, память, способность к научению, внимание, понимание, суждение, абстрактное и ассоциативное мышление, речь, математические способности, ориентацию и восприятие.***

Интеллект представляет собой цельный, динамичный, саморазвивающийся мир со своими законами, с обилием связей со всеми когнитивными функциями человека и множеством внешних случайных и не случайных воздействий. Как уже отмечалось в предыдущей статье такое количество разнообразных взаимодействующих когнитивных структур, в соответствии с теорией эмерджентности, порождает множество состояний и свойств индивидуального и социального интеллектов, которые принципиально не могут быть вычислимы и спрогнозированы. Эти свойства могут быть зафиксированы и измерены лишь тогда, когда они психически активированы и реализуются когнитивными структурами, однако реализация психических процессов внутри индивидуума во многом скрыта от наблюдателя и может фиксироваться только косвенными методами. Последнее обстоятельство накладывает существенные ограничения на получение достоверной информации о схемах совместного взаимодействия различных структур интеллекта и функциональных структур когнитивных функций. Попытки получения подобной информации уже много лет осуществляются с участием мощных компьютерных комплексов, аналитических и других методик. При этом компьютерное моделирование достигается путем корректировки переменных величин, их изменения в отдельности или их сочетания для наблюдения за воздействием и влиянием на конечные результаты. Результаты помогают экспериментаторам делать прогнозы о том, что произойдет в реальной системе, если произойдут

подобные изменения. Такие модели помогают ответить на вопросы о том, как и за счёт каких механизмов происходит осуществление психических функций у человека.

В настоящее время компьютерное моделирование представляется наиболее перспективным и многообещающей технологией в изучении сложных динамических систем. Для таких исследований широко используют нейросетевые технологии и интеллектуальные адаптивные алгоритмы. Подобное моделирование на практике осуществляется двумя основными путями: через описание и через построение действующих моделей. Эти два пути предопределились, по-видимому, двойственным пониманием психики в материалистически ориентированной науке: психика как специфический способ отражения реальности и психика как свойство нервной системы. Моделирование физиологических и в первую очередь, нейрофизиологических механизмов – область интересов многих наук.

Материальность этих механизмов накладывает значительные ограничения на субъективизм в выборе моделей и способов их построения. Можно сказать, что при моделировании физиологических основ психической деятельности у исследователя есть более четкие ориентиры для конструирования модели и более строгие критерии их оценки, чем при моделировании собственно психических явлений. Моделирование же психологических механизмов – стихия психологов. Идеальность (нематериальность) психологических механизмов исключает их физическое воплощение и предоставляет неограниченные возможности для своей презентации и интерпретации. Поэтому мы имеем бесконечное число моделей и теорий личности.

Чрезмерная множественность мнений в психологической науке отражает, видимо, не столько сложность и вариативность мира в целом и изучаемого предмета в частности, сколько отставание научного синтеза от анализа, теоретического обобщения от эмпирического исследования, систематизации знаний от накопления конкретных фактов.

По-видимому, главной причиной проблем моделирования психофизических процессов содержится в ответе на вопросы: ***«Можно ли описать психические явления в терминах физиологии? Можно ли нейрогуморальные процессы (процессы регуляции деятельности внутренних органов) напрямую увязать с процессами психическими?»***

Пока что современная наука не может дать ответна эти вопросы. Это обстоятельство свидетельствует о том, что исследователи приходят к логическому тупику, а также о том, что непосредственно из физиологических законов психологические законы не вывести. И тайна преобразования

нервного импульса в образ, то есть перехода от материального электрохимического кода нервных процессов к идеальным конструкциям психики (образам, чувствам, мыслям), остается тайной за семью печатями.

Перспективы раскрытия этой тайны представляются весьма призрачными в силу того, что это преобразование осуществляется на микроскопическом уровне организации человека, на уровне, не поддающемся чувственному познании.

Поэтому пока лишь можно говорить о некоторой приближенной форме моделирования и имитации психических и когнитивных функций, и собственно, самого интеллекта.

Венцом же моделирования психики и структур интеллекта во всех вариантах следует признать ***разработки моделей сознания*** как интегратора всех психических функций человека и моделей личности как ***«высшего психического синтеза».***

Резюме

Краткий аналитический обзор проблем развития и внедрения технологий ***«искусственного интеллекта»*** в авиационные системы показывает, что преодоление проблем в исследовании интеллекта при создание необходимых интеллектуальных технических средств и систем для авиационной отрасли, возможно только при совместных комплексных исследованьях проблем с использованием нейрокомпьютерных систем, передовых методик оценки результатов, с участием разработчиков и технических специалистов. Это необходимо и при подготовке кадров в этой области и для создания необходимого научно-технологического потенциала для повышения качества работ и сфере применения результатов исследований.

Моделирование сознания и искусственный интеллект: пределы возможностей

Несмотря на философские и научные исследования в течение сотен лет, концепция сознания остается самой актуальной и противоречивой. В настоящее время среди множества нерешенных проблем феномена сознания, особое место занимает ***«проблема искусственного интеллекта»*** («ИИ»). В широком спектре вопросов, связанных с это проблемой, принципиальное содержание имеют следующие вопросы. ***Первый***: возможен ли вообще искусственный интеллект? ***Второй***: будет ли искусственный интеллект отражать все возможности человеческого сознания?

Для ответа на эти вопросы, необходимо уточнить смысл и соотношение используемых здесь понятий. С точки зрения доминирующих теорий, ***сознание*** здесь является более широким понятием относительно понятия

интеллект, который, в свою очередь, является его структурной частью. ***Сознание***, по одному из определений, есть ***«многомерное ментальное пространство как основа отражения объективной реальности»***. В этом пространстве осуществляются различные процессы по обработке всей поступающей информации. Здесь «***сознание проявляет себя как свойство системы, которое обеспечивает корректное определение своего состояния и способно самостоятельно переводить систему в другое состояние на основании внутренней мотивации путем активизации различных процессов без участия внешних воздействий».***

Такой процесс как ***интеллектуальное мышление*** является одной из важнейших характеристик сознания, которая связана с его ментальной активностью по обработке поступающей информации из физической и психической реальностей, по сути ***это процесс реализации самого интеллекта***. Очевидно, что уровни развития мышления связаны с тем, какие именно психические и другие операции освоены персональным сознанием в течении жизни человека. Чем шире спектр таких операций и чем они сложнее — тем выше ментальный уровень мышления.

Здесь мы подходим к сакраментальному вопросу, который мучает исследователей без малого восемьдесят лет: ***«Можно ли научить компьютер мыслить?»*** Ответ на этот вопрос зависит от того, как мы понимаем мышление. Если мы понимаем мышление как ***интегральную характеристику сознания*** — то ответ не может быть положительным.

Роджер Пенроуз совершенно прав, когда на основе следствий теоремы Курта Гёделя доказывает ***«принципиальную невозможность установить математические алгоритмы процесса мышления. Однако на компьютере можно моделировать некоторые частные аспекты естественного процесса мышления»***. Так и компьютерный вычислительный процесс не является полностью тождественным психическому процессу естественного мышления, но лишь моделирует его отдельные характеристики.

В этой связи уместно ещё раз обратить внимание на размытый смысл понятия ***«искусственный интеллект»*** в русском языке. Специалисты справедливо подчеркивают, что английский термин ***«artificial intelligence»*** не содержит однозначных претензий на полное соответствие ***интеллекту естественному***. Он указывает не столько на ***искусственный интеллект***, сколько на ***искусственную способность*** **разумного** мышления или интеллектуального действия. Эти семантические нюансы, однако имеют большое значение в научном дискурсе на темы ***«искусственного интеллекта»***.

Иными словами, теория допускает создание так называемого ***слабого искусственного интеллекта***. Но это вовсе не означает, что у машины появляется интеллект в его сильном смысле и она начинает на самом деле мыслить.

Известный мысленный эксперимент Джона Сёрла («Китайская комната») представляет собой хороший аргумент в пользу того, что факт успешного прохождения теста Тьюринга совершенно не является серьезным критерием возникновения у машины процесса мышления, аналогичного мышлению человека. ***«Мышление человека предполагает семантическое пространство, то есть субъективную реальность и субъективный опыт осмысленных действий. Проблема же состоит в том, что никакие синтаксические и математические средства не могут создать искусственный аналог семантического пространства».***

Однако если предположить, что у машины могут возникать чувства, переживания, эмоции, интуиция, творчество и другие специфические ментальные свойства человеческого сознания, иными словами, предполагается искусственное воспроизводство не только отдельных аспектов процесса мышления и интеллекта, но и моделирования сознания как такового, **что тогда?** Возможно ли воспроизводство сознания техническими средствами? Ответ очевидно будет ***отрицательным***. Почему?

Для создания ***искусственного сознания*** («ИС») человеку придется решить, как минимум ***пять фундаментальных мегапроблем***, сущность которых выходит далеко за рамки его современных когнитивных и технологических возможностей.

Первая проблема. Создание адекватной модели «ИС» потребует глубокого и полного понимания природы и механизмов проявления всех существующих и потенциальных способностей естественного сознания, которые сейчас науке по большей части не известны.

Вторая проблема. Необходимо будет создать модель ментального виртуального пространства, интегрированную в глобальный пространственно-временной континуум, представление о котором существенно изменилось в связи с расширением мира классической физики теориями и принципами квантовой механики. Иными словами, такая задача предполагает воспроизводство ряда фундаментальных онтологических свойств нашей Вселенной. На это указывают и две следующие проблемы.

Третья проблема. ***«Искусственный интеллект»*** невозможно создать без воспроизводства свойств пространственно-временной нелокальности, которая подтверждена многочисленными экспериментами с 1964 года, когда Джон Белл опубликовал свои знаменитые неравенства, а также без

специфических свойств переноса информации и энергии. Проще говоря, искусственное сознание должно функционировать в тех природных условиях в которых оно и возникло и о которых нам почти ничего неизвестно. Налицо ещё один парадокс, который не имеет объяснительного разрешения.

Четвертая проблема. Создание адекватной ***модели искусственного сознания*** предполагает создание системы записи и почти вечного хранения информации на квантовом уровне — то есть на пространственно-временном континууме без каких-либо вещественных носителей информационных массивов. Это означает, что человеку надо научиться записывать информацию в топологической структуре самого пространства или в глобальной виртуальной среде космологического вакуума.

И, наконец, пятая проблема. Естественное сознание, в том числе и сознание искусственное, невозможно без существования нефизического ***семантического пространства,*** то есть субъективной реальности, отражающей, устанавливающей и трансформирующей смыслы сознательного ментального опыта. В данном случае проблема состоит в том, что человеческое сознание оперирует не просто ***информационными массивами,*** как это делает компьютер, но оперирует ***неуловимыми смыслами*** вещей и событий.

Итак, исходя из краткого анализа фундаментальных проблем на пути создания модели сознания и опираясь на результаты отечественных и зарубежных видных учёных можно убедится, что модель сознания, а вместе с ним и интеллект, не будет иметь полного функционального тождества с человеческим или иным естественным сознанием, но лишь сможет частично моделировать его некоторые когнитивные свойства. Высокоразвитое сознание всегда будет обладать более широкими психическими возможностями и эволюционными потенциями по сравнению с системами искусственного интеллекта.

Однако сложность и проблемность исследования феномена сознания, и как следствие его моделирование, заключается ещё и в том, что оно непосредственно недоступно внешнему наблюдению, то есть принципиально не наблюдаемо. Ибо «***сознание – специфический, психический процесс рефлексии действительности, ее идеальное отражение человеком»***. Мы в обыденной жизни и в экспериментах исследователей видим лишь его проявление в активации различных когнитивных функций и поведении человека.

Изящно описал сознание Джозеф Боген (Joseph Bogen) – американский нейрофизиолог, получивший в 1981г. Нобелевскую премию по физиологии за исследования функциональной специализации полушарий мозга. Учёный

сравнил сознание с ветром***: «увидеть и поймать его нельзя, но очевидны результаты его деятельности – гнущиеся деревья, волны или даже цунами».***

Татьяна Черниговская советский и российский учёный в области нейронауки и психолингвистики, профессор, эту проблему определила так: ***«Наука о мозге и сознании сегодня похожа на морское побережье эпохи Великих географических открытий. Психологи, биологи, математики, лингвисты – все стоят на берегу в состоянии «вот-вот». Все вглядываются в горизонт, и всем уже понятно, что там, за горизонтом, что-то есть. Корабли снаряжены, некоторые даже отплыли, ожидания накалены, но ещё никто не вернулся с добычей, не перекроил карту представлений человека о самом себе и даже до крика «Земля!» ещё далеко…».***

Трудности в понимании механизмов проявления сознания ещё объясняется и тем, что на сегодняшний день не ясно где же обитает сознание. Слишком много фактов свидетельствуют о том, что сознание не принадлежит мозгу. В медицинской практике засвидетельствованы далеко не редкие случаи тяжелейших повреждений мозга, в том числе врожденных пороков вплоть до отсутствия мозга вообще, при которых, однако, человек продолжал жить и нормально функционировать. Этот удивительный феномен не даёт покоя исследователям сотни лет. Придя к пониманию того, что ***Сознания нет внутри тела***, наука делает естественные выводы ***о нематериальной природе сознания***. Здесь можно только сослаться на мнение учёных с мировым именем.

Академик П.К. Анохин отмечал: ***«Ни одну из «мыслительных» операций, которые мы приписываем «разуму», до сих пор не удалось прямо связать с какой-то частью мозга. Если мы в принципе не можем понять, как именно психическое возникает вследствие деятельности мозга, то не логичнее ли думать, что психика вообще не есть по своей сущности функция мозга, а представляет проявление каких-то иных – нематериальных духовных сил?»***

В конце XX века создатель квантовой механики, лауреат Нобелевской премии Э. Шредингер писал, что ***«природа связи некоторых физических процессов с субъективными событиями (к которым относится Сознание) лежит «в стороне от науки и за пределами человеческого понимания».***

Крупнейший современный нейрофизиолог, лауреат Нобелевской премии по медицине Дж. Экклз развил мысль о том, что ***«на основе анализа деятельности мозга невозможно выяснить происхождение психических***

явлений, и этот факт легко может быть истолкован в том смысле, что психика вообще не является функцией мозга». По мнению Экклза, «...ни физиология, ни теория эволюции не могут пролить свет на происхождение и природу сознания, которое абсолютно чуждо всем материальным процессам во Вселенной».

По мнению многих ученых духовный мир человека и мир физических реальностей, включая деятельность мозга, — это совершенно самостоятельные независимые миры, которые лишь взаимодействуют и в какой-то мере влияют друг на друга.

Академик Академии медицинских наук РФ, директор Научно-исследовательского института Мозга (РАМН РФ), нейрофизиолог с мировым именем д.м.н. Наталья Петровна Бехтерева отмечала в своих трудах: ***«Гипотезу о том, что мозг человека лишь воспринимает мысли откуда-то извне, я впервые услышала из уст нобелевского лауреата, профессора Джона Экклза. Конечно, тогда это показалось мне абсурдным. Но потом исследования, проводимые в нашем Санкт-Петербургском НИИ мозга, подтвердили: мы не можем объяснить механику творческого процесса. Мозг может генерировать лишь самые простые мысли типа, как перевернуть страницы читаемой книги или помешать сахар в стакане. А творческий процесс — это проявление совершенно нового качества. Как верующий человек, я допускаю участие Всевышнего в управлении мыслительным процессом».***

Таким образом, наука приходит к выводу, что мозг является не источником мысли и сознания, а самое большее – их ретранслятором. В то же время научно доказано, что сознание всегда связано с протекающими в мозгу процессами и не существует помимо них.

Резюме

Представленный материал направлен прежде всего на расширение спектра мнений, точек зрения и различных концепций признанных лидеров научного сообщества, изложенных в опубликованных ими материалах по проблемам ***«искусственного интеллекта»*** и смежных разделов наук в этой области. Разнонаправленность научных исследований и их результаты имеет свои преимущества и недостатки. Это безусловно потребует серьезных усилий и ресурсов по организации прикладных исследований, а также работ по созданию широкой номенклатуры интеллектуальных средств и систем для внедрения в авиационные системы различного назначения. Преодоление множества проблем, изложенных в материалах статьи, возможно при активизации естественных интеллектов коллективов разработчиков и при выборе оптимальных научных направлений в интересах получения новых

знаний с широким использованием нейрокомпьютерных систем и других новаторских технологий.

Закончить повествование на эту непростую тему хотелось бы словами Татьяны Черниговской о кораблях, отплывших за горизонт за новыми неведомыми открытиями.

Да пребудет с нами Сила!

«Наука не является и никогда не будет являться законченной книгой. Каждый важный успех приносит новые вопросы. Всякое развитие обнаруживает со временем все новые и более глубокие трудности».

А. Эйнштейн

О проблемах разработки и внедрения элементов «искусственного интеллекта» в авиационные системы Часть 5

«Заблуждение — это результат неполного понимания объективной реальности».

Томас Алва Эдисон

Элементы искусственного интеллекта и новые вызовы

Ранее в статьях, посвящённых этой тематике, довольно подробно описывались проблемы развития и внедрения «искусственного интеллекта» («ИИ») в авиационные системы. В этой статье хотелось бы уделить внимание некоторым аспектам, которые имеют практическую направленность в рамках реализации утверждённых ряда национальных программ, в том числе «***Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года»,*** утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 01.10.2021 N 2765-р.

Так, в разделах 4.1.4., 5.1.1., 5.1.3., 5.1.4. «Плана…» сформулированы основные задачи развития технологий электронной и радиоэлектронной промышленности, в том числе для целей искусственного интеллекта, обеспечение подготовки специалистов по программам высшего образования по профилю «искусственный интеллект», а также создание благоприятных правовых и других условий для ускоренного развития технологий искусственного интеллекта. Вместе с тем, как отмечают эксперты отраслевой рабочей группы АНО «Цифровая экономика» по направлению «Цифровизация промышленности» в рамках Конференции ***«Цифровая индустрия промышленной России»*** *(ЦИПР-2022)*, существуют некие барьеры тормозящие процессы внедрения элементов искусственного интеллекта в ряде отраслей промышленности.

Главными барьерами, сдерживающими внедрение «искусственного интеллекта» в промышленности, по их мнению, считаются низкий уровень информированности рынка о достижениях в этой области и сложность тиражирования перспективных технологий.

Заместитель министра промышленности и торговли Российской Федерации Василий Викторович Шпак в ходе заседания отраслевой рабочей группы АНО “Цифровая экономика”, в рамках ЦИПР-2022, заявил, что ***«...две трети решений, которые профессиональное сообщество называет искусственным интеллектом «ИИ», по факту ими не являются. С одной***

стороны, мало компаний, которые эти решения имеют и о себе рассказывают. А с другой стороны, есть неопределенность понятий. Потому что понятие «ИИ» многие промышленные предприятия пугает. Например, словосочетание «промышленная автоматизация» всем понятно. Две трети решений, которые у нас профессиональное сообщество называет «ИИ», по факту никаким «ИИ» не являются. Это все решения промышленной автоматизации. Это проблема нашего профессионального сообщества. У нас ясности, четкости и прозрачности в определениях до сих пор нет», – заявил Василий Шпак.

Ну как не согласится с замминистра промышленности?! Он абсолютно прав! Приведенный эпизод вскрывает ещё одну чрезвычайно важную проблему, которая может сдерживать развитие технологий «ИИ» и которой не заслуженно мало уделяется внимание на страницах публикаций и в медиапространстве.

Это ***проблема агрессивной рекламы*** и распространения информации относительно «искусственного интеллекта» разного рода компаниями в чисто коммерческих целях, используя термин как бренд для продвижения на рынок продукции и услуг разного назначения, куда входят и голливудские блокбастеры, и пылесосы с кухонными комбайнами и даже механические зубные щётки вместе с духами.

Особым спросом пользуются программные продукты, эмулирующие нейронные сети, для смартфонов, ноутбуков и им подобных, для генерации текстов, картин, сбора различной информации по интересующим пользователей признакам и многое другое. Всё, что ещё вчера называлось средствами автоматизации, сегодня стало «искусственным интеллектом». Это не только не уводит от решения научных, технических и технологических проблем в этой сфере, но и является опасным вызовом, с которым необходимо бороться.

Взрывной процесс генерации нейросетями огромного количества медиаинформации привёл к тому, что пользователям всё труднее отличить вымысел от реальной действительности, пользуюсь средствами коммуникации. Кроме того, это негативно влияет на профиль социального сознания и интеллекта, поскольку новые технические возможности стали активно использоваться правонарушителями в различных целях в отсутствии качественной и системной нормативно-правовой базы для регуляции процессов в этой области.

Так, ***Италия стала первой страной в мире, которая запретила доступ к чат-боту ChatGPT***. Разработчика американской компании OpenAI итальянский регулятор обвинил в серьезном нарушении после массовой

утечки сохранности личных данных, произошедшее 20 марта 2023 года, и касающихся большого количества пользователей, включая политиков и предпринимателей. Это стало возможным из-за необходимости обеспечения доступа «ИИ» к огромным массивам информации для обучения и совершенствования своих алгоритмов.

Однако такая технологическая зависимость от сбора данных может привести к накоплению частной и другой чувствительной информации, часто без явного согласия или осведомленности пользователей. Новаторский шаг Италии по запрету ChatGPT вызвал цепную реакцию относительно вероятности аналогичных действий со стороны других стран и регионов. Так, ChatGPT сейчас официально не доступен в Китае, Государственное СМИ China Daily на Weibo 22 февраля 2023 заявило, что чат-бот от OpenAI может оказывать помощь правительству США в распространении дезинформации и манипулировании глобальными нарративами в своих геополитических интересах.

Таким образом, ***прорывные технические решения уже сейчас могут быть опасными и представлять угрозу в различных областях человеческой деятельности*** и создание средств защиты средств и систем от информационных и других угроз является одним из направлений технологического развития элементов «искусственного интеллекта».

И снова о терминах

Несколько слов о том, как заметил замминистра, «…что есть неопределенность понятий. Потому что понятие «ИИ» многие промышленные предприятия пугает». Такая проблема действительно существует, о ней мы уже писали, но, видимо, есть необходимость рассмотреть этот вопрос более углублённо.

Мы отметили некий тренд, когда любые приборы содержащие простые или сложные программные продукты стали называть «искусственным интеллектом», что в корне не верно и является заблуждением.

Из ранее приведенных определений «искусственного интеллекта» и связанных с ним понятий в предыдущих статьях на эту тему, предлагается исходить из следующих простых фактов.

«Искусственный интеллект» **— это, прежде всего,** ***комплекс технологических решений и их свойства, а также научное направление, искусственная нейронная сеть — это способ реализации «ИИ», а машинное обучение — это процесс.***

Попробуем раскрыть эти дефиниции.

В соответствии с *ГОСТ Р 59276-2020* «Национальный стандарт Российской Федерации «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения» ***«искусственный интеллект»*** определён как: ***«Способность технической системы имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека»***. В Указе Президента РФ от 10.10.2019 N 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») термин «ИИ» определен практически идентично определению, данному в ГОСТ Р 59277-2020, а именно: ***«искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений».***

В ГОСТ Р 70462.1-2022 «Информационные технологии. Интеллект искусственный. Оценка робастности нейронных сетей» ***нейронная сеть определена как: «Сеть примитивных обрабатывающих элементов, соединенных взвешенными связями с регулируемыми весами, в которой каждый элемент выдает значение, применяя нелинейную функцию к своим входным значениям, и передает его другим элементам или представляет его в качестве выходного значения».***

Термин робастность здесь означает способность системы «ИИ» поддерживать качество работы алгоритмов машинного обучения при любых условиях.

В *ГОСТ Р 59895-2021* «Технологии искусственного интеллекта в образовании» **машинное обучение определено как:** ***«Процесс автоматического обучения и совершенствования поведения системы искусственного интеллекта на основе обработки массива обучающих данных без явного программирования».***

Как уже отмечалось, что из множества терминов ***«искусственный интеллект»*** в одной из научных школ последний определён как: ***«область компьютерных наук, которая занимается созданием и разработкой систем и программ, способных выполнять задачи, требующие интеллектуальных способностей, которые обычно связываются с человеческим интеллектом».*** Это уже другая ветвь системных исследований полинаучных школ в интересах получения новых знаний об объекте исследований в интересах их материализации в новых технологиях интеллектуальных средств и систем.

Таким образом, национальная нормативно-правовая база позволяет на первых этапах развития технологий «ИИ» устранить некоторые неопределённости в основных, часто употребляемых терминах и в смежных областях.

Очевидно, что по мере развертывания исследований в этих областях термины будут адаптироваться на основании новых знаний и результатов экспериментов в этой области, будет совершенствоваться и нормативно-правовая база, направленная на широкое внедрение элементов искусственного интеллекта на предприятиях радиопромышленности, в том числе в средства и системах авиационной отрасли.

После краткого анализа проблем в определение терминов настал черёд обсудить направления разработок и возможных проблем в ходе внедрения элементов «искусственного интеллекта» в авиационные бортовые системы, системы ЕС ОрВД, а также в системы коммуникации, подвижной воздушной связи и другие.

Система управления безопасностью полётов в условиях новых вызовов

Новые вызовы значительно изменили условия работы авиационных систем на земле и в воздухе в сторону её усложнения и увеличения нагрузки на бортовые экипажи, наземные службы обеспечения полётов и обслуживающий персонал различных категорий. Это нашло своё отражение в ***«Комплексной Программе развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года»,*** утверждённой распоряжений Правительства Российской Федерации от 25 июня 2022 г. № 1693-р.

Кроме того, взрывное увеличение количества беспилотных воздушных судов и беспилотных летательных аппаратов, а также увеличение посадочных площадок, посадочных полос для авиации общего пользования, автономных роботизированных станций базирования беспилотников, требует массового внедрения средств автоматизации на всех уровнях, в том числе с использованием элементов «искусственного интеллекта» и в первую очередь в системах управления безопасностью полётами.

В разделе VII. «Состояние рынка цифровых сервисов для гражданской авиации и направления развития» отмечается ***«…низкий уровень проникновения отечественных цифровых сервисов и решений основных критически важных технологических процессов».*** Далее отмечается, что ***«в целях повышения уровня цифрового суверенитета в гражданской авиации Российской Федерации необходимы формирование программы приоритетного импортозамещения по каждой категории цифровых сервисов с формированием отраслевых групп участников и концентрация усилий на решении задач скорейшего внедрения отечественных программных продуктов. При реализации указанной задачи необходимо ориентироваться на самые современные отечественные решения с использованием сквозных цифровых технологий (искусственный интеллект, большие данные, Интернет вещей и биометрическая идентификация)».***

О перспективах внедрения прорывных технологий на основе элементов «искусственного интеллекта» хотелось бы обсудить в этой части статьи на примере системы управления безопасностью полетов (СУБП) как наиболее сложной системы, затрагивающей не только бортовую часть воздушных судов, но также наземные системы обеспечения, космические, коммуникационные, обслуживающие и другие.

СУБП — это разветвлённый инструментарий, который содержит все необходимые структуры и средства, используемые для осуществления двух базовых процессов управления безопасностью полетов: выявление факторов опасности и управление факторами риска. Одним из наиболее продвинутых направлений в развитии элементов «ИИ», который и должен входить в набор средств СУБП являются искусственные нейросети (ИНС).

Нейронные сети – это мощный инструмент искусственного интеллекта, который способен к имитации когнитивных функций человека. Они используются для решения различных задач, таких как распознавание образов, классификация данных, прогнозирование и многое другое.

Преимущества нейронных сетей перед другими интеллектуальными системами состоит, прежде всего, в способности машинного обучения на больших объемах данных и извлечения необходимой информации из этого объёма за короткий промежуток времени.

Нейронные сети могут адаптироваться к изменениям в данных и окружающей среде. Они способны обучаться на новых данных и приспосабливаться к новым условиям. Это делает их гибкими и мощными инструментами для решения различных задач. Сети могут моделировать

сложные и нелинейные зависимости между входными и выходными данными. Это позволяет им решать задачи, которые не могут быть решены с помощью простых линейных моделей.

Нейронные сети могут быть эффективно распараллелены и обучены на множестве процессоров или графических ускорителях. Это позволяет им обрабатывать большие объемы данных и ускорять процесс обучения. Могут также быть использованы для распознавания и классификации сложных образов, таких как изображения, звуки или тексты. Они могут обучаться на большом количестве примеров и находить скрытые закономерности в представленных данных, что делает их эффективными инструментами для решения задач распознавания образов.

В целом, нейронные сети представляют собой мощный инструмент машинного обучения, который может быть использован для решения различных задач при модернизации СУБД и ЕС ОрВД в целом.

Их способность обучаться на больших объемах данных, адаптивность и гибкость, способность моделировать сложные зависимости, эффективное распараллеливание и скорость обучения, а также возможность распознавания и классификации сложных образов делают их привлекательным выбором для многих приложений.

Однако несмотря на множество преимуществ, нейронные сети имеют серьёзные недостатки, которые следует учитывать при их использовании при внедрении в авиационные системы.

Нейронные сети требуют большого количества данных для обучения, чтобы достичь высокой точности и обобщающей способности. Если данных недостаточно или они недостаточно структурированы, сеть может столкнуться с проблемой переобучения, когда она запоминает обучающие примеры, но не может обобщить свои знания на новые данные. В этом состоит серьёзная проблема переобучения. Кроме того, сама проблема создания и использования больших баз данных представляет большую самостоятельную проблему.

Обучение нейронных сетей может быть вычислительно сложным процессом, особенно для больших и глубоких сетей. Обучение может занимать много времени и требовать больших вычислительных ресурсов, таких как графические процессоры (GPU) и других.

Нейронные сети могут быть сложными моделями, и их решения могут быть трудно интерпретировать. В отличие от некоторых других методов машинного обучения, нейронные сети не предоставляют явных правил или объяснений для своих решений. Это может быть проблемой в

некоторых областях, где требуется объяснить принятые решения, например, для членов экипажа, диспетчерского и обслуживающего персонала.

Нейронные сети могут быть чувствительны к шуму и выбросам в данных. Даже небольшие изменения во входных данных из-за нелинейности элементов могут привести к значительным изменениям в выходных значениях сети. Это может быть проблемой, особенно если данные содержат ошибки или неточности.

Нейронные сети имеют множество гиперпараметров, таких как количество слоев, количество нейронов в каждом слое, скорость обучения и другие параметры. Настройка этих гиперпараметров может быть сложной задачей и потребовать экспериментов и опыта.

Таким образом, главным недостатком ИНС является проблема запоминания опыта, полученного при обучении на нескольких задачах, что называется ***«катастрофической забывчивостью».***

Искусственную нейронную сеть можно сравнить с чёрным ящиком, из которого нельзя извлечь данные о том, с помощью какого алгоритма сеть пришла к решению. И здесь возникает проблема доверия и способов контроля работы сети, но не на уровне рефлексии, а на уровне обнаружения тенденций. Это направление ещё находится в разработке.

Однако несмотря на рассмотренные выше проблемы и недостатки, разработка ИНС все еще остается перспективным направлением для развития элементов «ИИ и остаются мощным инструментом для решения задач, требующих нетривиального подхода и продолжают усовершенствоваться.

Обоюдоострое лезвие автоматизации

Широкое внедрение средств автоматизации с элементами «искусственного интеллекта» несет с собой много реальных преимуществ, и в настоящее время вопрос уже не в том, чтобы автоматизировать процесс выполнения той или иной функции организационно-технического комплекса, а в том, как это следует делать, учитывая все многообразие проблем связанных с человеческим фактором (ЧФ). И если с наземными службами более-менее понятно, хотя нюансы присутствуют, то с лётными экипажами уже сейчас обозначились проблемы.

Есть основания полагать, что автоматизация функций, осуществляемых в кабине пилотов, уже достигла своего апогея, к этому склоняются многие исследователи на основании многочисленных опросов и экспериментов, выполненных в различных компаниях, обобщённых специалистами ИКАО и опубликованных в *«Сборниках материалов “Человеческий фактор”»*, а также других материалов, доступных для профессиональных сообществ.

В материалах рассматриваются проблемы летной эксплуатации и подготовки летных экипажей, обеспечение понимания проблем взаимодействия между человеком и комплексами вычислительных систем, при этом основное внимание уделяется влиянию автоматизации на работоспособность человека.

Попробуем провести краткий анализ влияния уровня кабинной автоматизации на безопасность полётов на одном лишь примере, согласуясь с материалами ИКАО по обозначенной проблеме.

Уже сейчас в авиации наблюдается серьезная озабоченность в отношении влияния степени автоматизации в кабине пилотов на координацию работы летного экипажа, рабочую нагрузку, а в совокупности – на безопасность полетов.

С течением времени в кабинах экипажа и в авиационных системах автоматизация вводилась постепенно. Это привело к тому, что полеты воздушных судов стали более безопасными и экономичными. Как следует из материалов полного единства взглядов относительно правильного использования автоматизации в деле сокращение числа авиационных происшествий, связанных с человеческим фактором, пока не достигнуто. Тем не менее зарегистрированные факты свидетельствуют о том, что отказы автоматизированного оборудования, а также сбои во взаимодействии «человек-машина» остаются важнейшими звеньями в причинной цепочке авиационных происшествий и инцидентов.

Одним из оснований внедрения автоматизации было стремление свести ошибки человека к минимуму. Однако опыт показывает, что, устраняя некритические ошибки, автоматизация может в то же время привести к увеличению вероятности появления других серьёзных ошибок. Это объясняется в ряде случаев изменениями в координации действий членов экипажа и наземных служб в экстренных случаях при жестком дефиците времени, а также особенностями вычислительных систем, которые оценивают обстановку иначе и принимают решения игнорируя вмешательство человека.

В тоже время многие функции, ранее выполнявшиеся экипажем и легко поддающимся наблюдению и контролю, были переданы вычислительным системам, где многие процессы скрыты или трудно поддаются наблюдению. Внедрение перспективных вычислительных систем на ИНС, как уже отмечалось, может ещё больше осложнить ситуацию в этой области. Когда ситуация становится критической — будь то из-за ошибочного ввода данных или внезапного изменения взлетно-посадочной полосы диспетчером воздушного движения во время снижения — экипаж самолета может быть

настолько занят вводом свежих инструкций в компьютер управления полетом, что может не заметить, что его воздушная скорость и высота резко падают или отклонения других параметров вышли за установленные пределы.

Это снижение осведомленности о ситуации, наряду с ухудшением базовых навыков пилотирования и огромным увеличением когнитивной нагрузки на летный экипаж, являются частью непреднамеренных последствий автоматизации кабины пилотов. В совокупности такие человеческие факторы могут привести к аварии или катастрофе.

Результатом неправомерного решения разработчиками о передачи функций вычислительной системе выбора режима без контроля со стороны экипажа стали катастрофы Boeing 737 MAX в Джакарте и Аддис-Абебе, где погибли 346 человек. Пилотам так и не удалось отключить автомат управления триммером высоты. И перечень отказов бортовых систем, а их на типичном лайнере около 90 различных комплектов, продолжает оставаться довольно внушительным.

При создании интеллектуальных вычислительных систем существует установившаяся тенденция сравнивать человека и машину с точки зрения сопоставления качества исполнения ими ряда когнитивных функций. Сторонники этого сравнения доказывают, что для планирования, проектирования и эксплуатации сложных систем при описании функций человека и машины следует использовать одни и те же параметры. Это означает, что описание функций человека математическим языком сравнимо с тем, который используется при описании механических функций или алгоритмов программы.

Ошибочность этого утверждения состоит в том, что свести функции человека к математической формуле невозможно в принципе.

Во-первых, мы практически ничего не знаем о когнитивных функциях как атрибуте нашего сознания. Машина может лишь их имитировать, что приведено в определении «искусственного интеллекта» и нормативно закреплено.

Во-вторых, отражение объективной реальности «искусственным интеллектом» и человеком имеет существенные отличия, что порождает проблему ещё большего масштаба и решения которой принципиально не просматривается. Однако эта проблема проявляет себя всё чаще по мере насыщения окружения человека интеллектуальными системами не только в кабине экипажа, но и в обычной жизни.

В большинстве опубликованных материалов по этой проблеме ***«…не признается целесообразность каких-либо сравнений в данной области и***

поддерживается утверждение о том, что человек и машина несопоставимы, но могут и должны дополнять друг друга». В материалах ИКАО: «Циркуляр 234-an/142, Сборник материалов “Человеческий фактор” № 5, отмечается: ***«Вместо того чтобы сравнивать способности человека и машины при выполнении той или иной задачи, следует подумать о том, как человек и машина могли бы дополнить друг друга для выполнения этой задачи. Автоматизация должна дополнять, а не вытеснять функции человека в управлении и контроле на гражданском воздушном транспорте. Следовательно, предлагается «очеловечить» процесс создания новой техники с учетом человеческого фактора».***

И здесь уместно привести цитату Норберта Винера из его книги «Творец и робот»: ***«Отдайте же человеку – человеческое, а вычислительной машине – машинное».*** В этой работе убедительно и доказательно приводится описание этой проблемы и обозначаются основные направления её решения, которые являются актуальными и по сей день.

Заключение

Автоматизация современных воздушных судов, систем УВД, СУБП, обеспечивающих служб и других систем, безусловно способствует повышению экономической выгоды и безопасности полетов. Однако темпы ее роста с появлением элементов «искусственного интеллекта» настолько высоки, что на данный момент трудно прогнозировать, как это скажется на развитии модернизируемых систем и на развитии всего авиационного организационно-технологического комплекса.

Очевидно анализ, проектирование, внедрение и установку автоматизированных систем в кабинах современных воздушных судов, в органах планирования, диспетчерского управления, службах обеспечения и контроля *следует осуществлять на основании тщательно разработанной и согласованной концепции, с учётом новых требований и вызовов настоящего времени*. Так как автоматизация, как и эволюция – неизбежны, то имеет смысл принять ее постепенное внедрение как факт. Однако это не означает, что человек должен занять роль оператора. Главной задачей человека было и остается постоянно находиться в контуре управления и использовать эффективно накопленный опыт знания и навыки.

Исходя из этого хотелось бы сформулировать три важных условия в направлениях исследований при создании новых технологий в интересах развития автоматизации в авиационной сфере в новых условиях.

В основу проектирования элементов и комплексов систем должны быть положены принципы функционирования автоматизированных систем, которые могут быть легко интерпретируемыми и понятными

для пользователей. Это необходимо для повышения эффективности работы экипажей, диспетчерского персонала и возможности передаче своего опыта и знаний системам с использованием технологии машинного обучения. Таким образом, каждый из управленцев будет иметь возможность создать для себя квалифицированного помощника, с учетом своих пожеланий и особенностей восприятия ситуации, а не иметь стандартный автомат. Развитие таких систем позволит принимать решения не на уровне рефлексии, а на уровне тенденций развития ситуации, что является высшим пилотажем в технологии управления. Это позволит исключить множество проблем уже на этапе их зарождения.

Разработка концепций, а также поиск технологических решений для систем управления нового поколения не может быть эффективным без широкого использования систем и комплексов моделирования элементов с «искусственным интеллектом». Имитационное моделирование может удачно применяться при разработке искусственного интеллекта в различных вариантах. Имитационная модель может быть использована как генератор произвольного количества данных. Это достаточно актуальный способ использования имитационного моделирования, так как при обучении искусственного интеллекта часто возникает проблема нехватки данных, а также стать средой для обучения и тестирования искусственного интеллекта. В этом варианте моделирование может чередоваться с циклом обучения. Также искусственный интеллект, обученный произвольным способом, независимо от построенной модели может быть включен в эту модель как вспомогательный компонент. Такое применение находит широкое распространение, ввиду универсальности и удобства использования.

По мере того, как кибератаки становятся все более изощренными, а их последствия — более серьезными, традиционные системы безопасности превращаются в вещи ушедшей эпохи. *Благодаря способности извлекать уроки из предыдущих атак и адаптироваться, «искусственный интеллект» становится бесценным активом как для киберпреступников, так и для их противников.*

Использование «ИИ» в кибербезопасности имеет ряд серьезных преимуществ, таких как более быстрое обнаружение угроз, идентификация угроз и реагирование на угрозы, что чрезвычайно важно для авиационных систем различного уровня. Уже на этапе создания элементов «ИИ» должны быть заложены аппаратные, программные и системные средства защиты от внутренних и внешних несанкционированных воздействий, в том числе с помощью технологий машинного обучения.

Именно поэтому на данном этапе развития науки и прорывных технологий мы должны учесть все возможные риски в области создания систем с элементами «ИИ», чтобы защитить и сохранить результаты деятельности всех, кто принимает участие в их создании, от кибератак и других воздействий в новых условиях.

Да пребудет с нами Сила!

О внедрении элементов «искусственного интеллекта» в авиационные системы и новый взгляд на проблемы человеческого фактора
Часть 6

В ранних публикациях уже затрагивались проблемы человеческого фактора (ЧФ) в связи с тенденциями и планами внедрения элементов «искусственного интеллекта» в различные авиационные системы и комплексы.

Поскольку тема носит полинаучный характер, где задействованы, десятки нейронаучных и других школ, изучающих когнитивные функции человека, то хотелось бы в рамках этой статьи кратко остановится на отдельных аспектах, которые не часто фигурируют при обсуждении среди авиационного сообщества и не только.

Имеет смысл начать с определения сложной динамической нелинейной системы, куда подпадают авиационные системы различного назначения, космические системы, социальные группы, к которым относятся экипажи и отдельные пилоты, а также диспетчерские и другие наземные службы, и организации.

При всех своих преимуществах, которые проявляются в большей гибкости и адаптивности, а также в устойчивости к внешним воздействиям, нелинейные системы имеют ряд существенных ограничений — это сложность анализа и проектирования, потребность в больших вычислительных ресурсах, а также трудно прогнозируемые нелинейные эффекты. Последнее ограничение относится к эмерджентным свойствам нелинейных систем, то есть к наличию у системы свойств, не присущих её компонентам по отдельности. Эта особенность также требует дополнительных ресурсов для минимизации проблем с их проявлением.

Кроме того, подобные системы могут классифицироваться как эргатические. Эргатические системы управления относят к классу сложных систем с нелинейными свойствами, где в качестве системного элемента или элементов присутствует человек и подсистемы с использованием «искусственного интеллекта», в связи с чем риски снижения надежности и эффективности функционирования поддерживаются в рамках заданных требований. Эргатические системы, в отличие от других систем, обладают рядом преимуществ, таких как эффективное использование нечёткой логики,

адаптивность к другим условиям, а также принятие решений в нестандартных ситуациях.

Об особенностях интеллектуальных систем

Бурное развитие кибернетики, вычислительной техники, биотехнологий, искусственного интеллекта, привело к появлению новых методов и средств управления и оптимизации сложных систем управления. На стыке современной теории управления, «искусственного интеллекта» («ИИ»), нейрофизиологии и микроэлектроники, активно формируется и развивается такая область исследования, как интеллектуальное управление. Интерес к интеллектуальным системам управления обуславливается целым рядом причин. Одна из причин состоит в том, что традиционные технологии уже не в состоянии обеспечить требуемого повышения качества управления, поскольку не учитывают всех неопределенностей, воздействующих на систему.

Важно отметить, что главная особенность, которая отличает интеллектуальную систему управления от построенной по «традиционной» схеме, связана с подключением механизмов хранения и обработки баз данных для реализации способностей по выполнению требуемых функций в неполно заданных или неопределенных условиях при случайном характере внешних возмущений. При этом естественно возникает и требует специального исследования целый комплекс вопросов о составе и оптимизации объемов баз данных, выборе формы их представления, способах их формирования и верификации, а также обмена данными между элементами системы и многих других.

Одним из таких технологических направлений в трансформации существующих больших систем широко практикуется гибридизация методов интеллектуальной обработки информации. Использование технологий мягких вычислений, в таких системах, объединяет такие области, как нечеткая логика, искусственные нейронные сети, извлечение необходимой информации, базы данных, эволюционные алгоритмы и другие. Они дополняют друг друга и используются в различных комбинациях для создания гибридных интеллектуальных систем.

В рамках развития этого тренда интеллектуальные мультиагентные системы (ИМС) стали одними из новых перспективных направлений «искусственного интеллекта», которое сформировалось на основе результатов исследований в области распределенных компьютерных систем, сетевых технологий и технологий параллельных вычислений. В мультиагентных технологиях заложен принцип автономности отдельных частей программ-агентов, совместно функционирующих в распределенной

системе, где одновременно протекает множество взаимосвязанных процессов.

В мультиагентных системах (МАС) множество автономных агентов действуют в интересах различных пользователей и взаимодействуют между собой в процессе решения определенных задач. Примерами таких задач являются: управление информационными потоками и сетями, управление воздушным движением и другими транспортными системами, управление системами баз данных и другими им подобных.

Рост интенсивности работ в развертывании и эксплуатации подобных систем имеет целью получение суверенитета на принятия решений, пока на низших уровнях, которое ранее принадлежало человеку. Таким образом, интеллектуальное пространство человека, где осуществлялись процессы принятия решений и управление, сокращается в интересах «машин». Где же здесь предел «машинной экспансии»?

Этот вопрос вызывает множество споров среди научного сообщества, бизнеса, технологов-разработчиков и других сообществ. Вопрос о роли и месте человека в бурно развивающемся техногенном мире еще более обострился и разрешение его в ближайшей обозримой перспективе не просматривается, если не считать многих футуристических прогнозов, которые не имеют под собой хоть сколько-нибудь значащего обоснования.

Для дальнейшего анализа ситуации в обозначенной теме, нам не уйти от анализа некоторых официальных документов, где изложены взгляды на проблемы человеческого фактора.

И снова о терминологии

Сначала обратимся к документам ИКАО. Так, в ***Doc 9683-AN/950***, 1998 г., «Руководство по обучению в области человеческого фактора», дано определение следующее: ***«Человеческий фактор — это наука о людях в той обстановке, в которой они живут и трудятся, о их взаимодействии с машинами, процедурами и окружающей обстановкой, а также о взаимодействии людей между собой.»***

Одно из определений человеческого фактора, предложенное авиационным психологом профессором Элвином Эдвардсом, формулируется следующим образом:

«Работа в области человеческого фактора (ЧФ) направлена на оптимизацию взаимоотношений между людьми и их деятельности путем системного применения знаний о человеке в рамках конструирования систем».

В ***ГОСТ Р 55585-2013*** определено - ***«человеческий фактор (при производстве полетов воздушных судов): Обозначение вида признаков***

проявления и влияния характеристик психофизической деятельности человека на процессы выполнения полетов воздушных судов в рамках функционирования авиационной транспортной системы».

В этом же ГОСТе определено - ***«личностный фактор (при производстве полетов воздушных судов): Обозначение признаков и результатов положительных или негативных проявлений деятельности людей в рамках функционирования авиационной транспортной системы, обусловленных их ограниченными возможностями и недостатками корпоративной культуры и превращающимися в угрозы процессу выполнения нормального полета»***.

Итак, в одном определении (ЧФ) это ***наука***, в другом - ***процесс.***

Несколько слов о термине «ошибка». Здесь тоже всё далеко не просто. Так, в ***Cir 300AN/173 ICAO***, «Сборник материалов «Человеческий фактор» № 15, Ошибка человека», определено - ***«Ошибка человека определяется как случайный или вспомогательный фактор при возникновении большинства авиационных происшествий. Очень часто эти ошибки совершаются хорошо подготовленным, квалифицированным, опытным (т.е. обладающим профессиональными навыками) и мотивированным персоналом. Ошибка человека является естественным результатом продукта человеческого мозга, который использует заранее заготовленное клише и символы для осуществления направленных на выполнение целей действий. Эти клише иногда приводят к ошибкам».***

В ***ГОСТ Р 57908-2017***, «Воздушный транспорт» определено- ***«ошибка: действие или бездействие эксплуатационного персонала, приводящее к отклонениям от намерений или ожиданий организации, или данного персонала».***

В ***Doc 9859***, «Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП)» - ***«ошибка является «действием или бездействием эксплуатационного персонала, приводящим к отклонениям от намерений или ожиданий организации, или этого персонала». Здесь же «Активные отказы можно рассматривать либо как ошибки, либо как нарушения. Различие между ошибками и нарушениями заключается в компоненте мотивации. Лицо, которое старается наилучшим образом выполнить задачу, следуя при этом правилам и процедурам, которым его научили в ходе подготовки, но которое не может выполнить поставленной перед ним задачи, совершает ошибку. Лицо, которое при выполнении задачи намеренно не следует правилам, процедурам или принципам полученной подготовки, совершает нарушение. Таким образом, основным различием между ошибкой и нарушением является намерение»***.

В этой интерпретации проводится грань между ***ошибочными действиями и нарушением***.

Приведенные примеры терминов и определений в различных документах ИКАО и ГОСТ, и это далеко не полный перечень, свидетельствуют о широкой палитре толкований и интерпретаций терминов «***человеческий фактор, личностный фактор, ошибка, ошибочные действия, нарушение»*** в зависимости от контекста и направленности документа в котором они используются. Однако различное, а иногда и неоднозначное толкование, размывает границы однозначного понимания и множит неопределённости в формировании смыслов.

Безусловно это создаёт трудности в разработке соответствующих нормативных документов и имплементацию их в национальную правовую базу. И неслучайно во многих документах ИКАО имеется примечание в котором указывается, что ***«определение не имеет самостоятельного статуса, но является важной частью каждого Стандарта и Рекомендуемой практики, в которых употребляется термин, поскольку изменение значения термина может повлиять на смысл требования. Таблицы и рисунки, которые дополняют или иллюстрируют тот или иной Стандарт или Рекомендуемую практику, где на них делается ссылка, являются частью соответствующего Стандарта или Рекомендуемой практики и имеют тот же статус».***

Ещё одной семантической и терминологической проблемой является неточность перевода, которая рождает иные смыслы, чем те, которые указаны в оригинале.

Так, например, такой важный термин как ***«Hazard»*** (Опасность), определение и понимание которого по смыслу не менялось во всех документах ИКАО на английском, в русском переводе имеет как минимум 4 варианта перевода: ***Фактор опасности*** (Приложение 6, 2009 г.); ***Опасность*** (РУБП, 2009 г.); ***Опасный фактор*** (РУБП, 2013 г.); ***Опасность*** (Приложение 19, 2013 и 2016 гг.); ***Источник опасности*** (Приложение 19, 2013 и 2016 гг.). Очевидно, что разность в смысловой нагрузке присутствует.

К сожалению, таких примеров достаточно много. При создании СУБП авиапредприятия у разработчиков, естественно, возникает масса вопросов о толковании и использовании терминов и определений.

Выражение человеческий фактор часто используется, как объяснение причин катастроф и аварий, повлёкших за собой убытки или человеческие жертвы. Этим многозначным термином, описывается возможность принятия человеком ошибочных решений в конкретных ситуациях, но как ни странно, подвергаются критике только ошибки, а вот о принятии нестандартных

решений, требующих от человека неординарных способностей, как-то замалчивается. А ведь это колоссальный опыт, который по технологии машинного обучения надо передать интеллектуальным системам и работать вместе с ними в активном содружестве.

Василий Ершов - легендарный лётчик, с двумя десятками тысяч часов налёта, член союза писателей оставил в качестве наследия более двух десятков книг и множество публикаций о лётной практике и людях в креслах пилотов и диспетчерах. Это неценимый труд, где человеческий фактор поднят на то место, которое он заслужил по праву, а не упоминается только в материалах расследований.

Совсем не случайно термин ***«человеческий фактор»*** соседствует с термином ***«ошибка»*** практически во всех документах ИКАО в качестве намёка на потенциального виновника всех бед. А так ли это? Попробуем порассуждать на эту тему.

С термином **«ошибка»** связны термины ***«ошибочные действия», «нарушение предписанных процедур, наставлений, инструкций»*** и многое другое. И тем не менее в документах указывается, что человек работать без ошибок принципиально не может. И это, если угодно, основной способ человека в познании мира и себя самого. Однако главный смысл действий человека заключается в раннем обнаружении, признаков отклонений работы системы от допустимых параметров, прогнозирования их проявления и в соответствующем реагировании на их возможные негативные последствия.

О модели Джеймса Ризона

В качестве модели обнаружения признаков отклонений от заданных процедур и параметров работы системы, а также предотвращения негативных последствий от случайных воздействий, выдающимся психологом, профессором Джеймсом Ризоном была предложена модель «швейцарского сыра». В ней он развил теорию о том, что авиационное происшествие никогда не происходит по одной единственной причине. Это всегда совокупность причин, всегда несколько элементов защиты, которые не сработали штатно и не остановили развитие процесса, который закончился аварией. Это хорошо согласуется с давно известными положениями теории вероятности о сложении и умножении вероятностей независимых событий.

Все аварии, чрезвычайные происшествия и тому подобные происходят из-за нескольких взаимосвязанных факторов, которые в совокупности приводят к общему отказу системы. В модели швейцарского сыра защита от отказа моделируется как серия несовершенных барьеров, представляемых в виде ломтиков швейцарского сыра с отверстиями. Отверстия в срезах

представляют собой слабые места в отдельных частях системы и постоянно меняют свой размер и положение на ломтике.

Отказ системы происходит, когда отверстия во всех ломтиках совпадают, позволяя угрозе пройти сквозь все слои и реализоваться. Несмотря на критику, модель швейцарского сыра была принята авиационным сообществом из-за своей простоты и наглядности как универсальное, своего рода эмпирическое правило, которое используется для объяснения любого несчастного случая или аварии. Возможно, жесткое применение этой модели может привести к поиску скрытых условий, вызвавших несчастный случай, когда основной причиной может быть нечто иное, чем человеческий фактор. Одного понимания того факта, что все меры защиты связаны между собой, недостаточно. Для минимизации рисков модель прогнозирования должна раскрывать, как именно они связаны.

Примечателен в этой модели тот факт, что в качестве первого защитного барьера Джеймс Ризон определил, как ***«принятие решения и ошибочные решения»***. И ключевым словом здесь выступает ***«решение»***.

В этой реальной парадигме скрытой цепи случайностей, связанных причинно-следственной связью, последними звеньями всегда оказываются диспетчер и пилот как целостная, сложная нелинейная система. Экипаж воздушного судна, в ряде случаев, вынужден принимать решения в неблагоприятных условиях, которые были созданы ***«экипажами»*** всей цепи Ризона. Ошибки диспетчера и экипажа — это проявление качества всей системы управления безопасностью авиакомпаний и государственных органов, занятых регулированием в этой сфере, в задачу которых и входит создание необходимых условий для работы сотрудников СУБП, диспетчеров и экипажей воздушных судов, в том числе созданием актуальной, наглядной и понятной для всех нормативной документацией.

Резюмируя этот фрагмент статьи, нельзя не заметить. Что тот намечаемый прорыв в оснащении авиационных систем интеллектуальными системами, должен быть направлен, в первую очередь, на решение задач обнаружения скрытых угроз в виде возможных предельных отклонений от расчетных параметров системы и предложения оптимальных и безопасных решений увода системы в безопасную область режимов работы.

Таким образом, технология управления в СУБП должна осуществляться не на уровне рефлексии, а на уровне тенденций, с использованием новых баз данных, скоростного обмена информацией и мощных нейронных сетей, которым под силу решить эту задачу. Её лишь надо грамотно сформулировать в виде проработанной и согласованной концепции, а также проектных заданий для конструкторов и разработчиков.

Очевидно, что в этом процессе главным лицом должен выступить профессионал, который на постоянной основе, используя технологии машинного обучения, будет передавать свой опыт, знания и навыки интеллектуальным системам.

Однако без объединения усилий конструкторов и разработчиков интеллектуальных средств и систем с исследователями и практиками в области когнитивной нейробиологии и других наук в этой области решить эту задачу будет невозможно или весьма проблематично. Можно предположить, что потребуется включение в состав подразделений системы управления безопасности авиакомпаний и служащих госорганов дополнительно к эргономистам и психологам общей практики специалистов в области когнитивной нейробиологии. Кроме того, потребуется организовать и провести работу по разработке и корректировке нормативной базы.

К вопросу об ошибках

Статистика авиационных происшествий и серьезных инцидентов убедительно свидетельствует, что при общем снижении количества катастроф, с 1970 г. по настоящее время более чем в два раза, основными причинами происшествий по-прежнему являются ошибки экипажа, которые находятся, по материалам ИКАО, в пределах 50-60 процентов от всех остальных ошибок «человеческого фактора» и нет заметных тенденций к снижению этого показателя.

С одной стороны, заметный рост авиационной безопасности, главным образом за счёт повышения качества и надёжности техники и широкого внедрения в процессы обеспечения безопасности полётов средств автоматизации и перспективных технологий управления всеми процессами, с другой стороны, стагнация в части снижения показателя количества ошибок человека, особенно экипажей воздушных судов, в процессе авиационной деятельности.

Попробуем осветитель эту тему подробнее и последуем мудрой сентенции великого Эйнштейна: **«*Ты никогда не решишь проблему, если будешь думать так же, как те, кто ее создал*».**

То есть, нужно научиться менять точку зрения. Вернее, угол, под которым рассматривается ситуация. В нашем случае нужен другой взгляд на ошибку и её природу. И необходимо рассматривать это явление во всём многообразии причин его породившего. Можно допустить, что ошибка есть неизбежный не спрогнозированный результат оценки тех или иных обстоятельств, в том числе и результатов действий человека, которые он,

добросовестно заблуждаясь, представлял себе исключительно правомерными или негативными, однако которые таковыми не оказались.

Между тем, ошибка и заблуждение – это не одно и то же. Ошибка – результат непосредственного познания или действия. Заблуждение–есть продукт ошибки и рождается на ее основе. Однако и ошибка, и заблуждение – это проявление когнитивной системы человека, о свойствах которой мы знаем ещё слишком мало и здесь уместно сослаться на работы учёного исследователя Даниэля Канемана, который всю жизнь занимался исследованием психологии поведения людей, лауреата Нобелевской премии по экономике и автора известной сегодня социологам, психологам и экономистам «Теории перспектив».

Это теория построена на ряде интереснейших и информативных исследованиях, которые заставили социологов и психологов иначе взглянуть на психологию поведения людей и не всегда искать в поведении людей логику и рационализм. В своей теории Д. Канеман замечает, что «...мы никогда не принимаем решения в отрыве от существующих условий. Эти условия создают в нас эмоциональный фон и почву для эмоционального выбора. И на этом фоне некоторые проблемы человеческого поведения в условиях риска сталкиваются с субъективным характером оценок вероятности, что может в корне отличаться от объективных. Принимаемые решения в определенном контексте отличаются ситуативностью и окрашиваются не рационализмом, а эмоциями от текущей ситуации», и как отмечает автор, при этом «рушатся все рациональные теории».

В работах автор формулирует тезис о том, что человеку присущи две системы мышления: «система А: интуитивная, подсознательная или даже бессознательная, автоматическая, быстрая и система В: основанная на логике, медленная, которая перепроверяет систему А и способна на вычисления и рационализацию».

Автор подчёркивает, что любая внештатная опасная ситуация заставляет нас включить систему В и проанализировать новую цепочку событий. Именно поэтому пилоты в летных училищах не только отрабатывают до автоматизма навыки и рефлексы, но и учатся задумываться. Так выстраивается интуиция как следствие опыта и практики и так рождаются ассы лётной профессии.

Итак, резюмируем этот раздел замечанием Нобелевского лауреата: «…люди действуют нелогично вопреки предположениям о базовой рациональности большинства из нас. Но особенно интересно, что подобное поведение упорядочивается и объясняется некоторыми принципами, связанными не с логикой, а с психологией».

По последним публикациям известных отечественных и зарубежных нейропсихологов, таких как Т. Черниговская, А. Лурия, Т. Роббинс, мозг сам периодически генерирует ошибки для проверки и тестирования собственного детектора ошибок, но и для поддержания системы распознавания ошибок в рабочем состоянии в интересах устранения когнитивных помех и искажений, которые мешают правильному восприятию реальности.

Этот раздел, посвящённый ошибке, хотелось бы завершить цитатой польского философа, писателя и публициста Станислава Ижи Лец: ***«Ошибка становится ошибкой, когда рождается как истина».***

Таким образом, такие термины как человеческий фактор, ошибка, заблуждение и другие им подобные, которые директивно определены нормативными документами, должны применяться с их определениями, но в творческом креативном исполнении применительно к конкретной ситуации, не доводя логику до абсурда. Для этого существует порядок внесения поправок в нормативные акты и его надо активно использовать с принятием своевременных и взвешенных решений на всех уровнях цепи модели Ризона.

В качестве резюме

Как следует из анализа документов, где изложены основные принципы и технологии взаимодействия человека с интеллектуальными авиационными системами, возникает ощущение некоторой парадоксальности.

С одной стороны, внедрение подобных систем требует передачи части принимаемых решений «машине» для освобождения интеллектуальных ресурсов человека для решения более важных и критичных задач. С другой стороны, существует риск потери контроля над «машиной», в которой вероятность сбоев принципиально присутствует.

Позитивисты ратуют за исключение человека из контура управления подменяя человека его цифровыми двойниками и отведя ему роль оператора, их оппоненты, и их не много, подходят к этому вопросу более взвешенно и осторожно.

Со всей очевидностью компромисс лежит в области максимального использования уникальных свой когнитивной системы человека и растущих мощностей интеллектуальных систем, которые в решении ряда задач значительно превосходят возможности человека.

Как уже отмечалось выше попытка формального описания и сравнения когнитивной системы человека и «машины» является заблуждением. Определение изложено выше.

Во-первых, человек и «машина» воспринимают объективную реальность принципиально по-разному.

Во-вторых, реальностей с которыми работают субъекты (люди) и объекты столько, сколько их самих. Каждый человек носитель своей реальности, именно это делает его личностью и термин «личностный фактор» здесь логично дополняет этот факт.

И в-третьих, как уже отмечалось, интеллектуальные системы требуют огромных массивов разнообразной информации и времени для реализации эффективных технологий машинного обучение с человеком и без него. Проблемы «катастрофической забывчивости», а также сложная процедура проверки массивов информации на наличие ошибок и влияние внутренних негативных корреляций и шумов, находятся только на стадии исследований. Нет сомнения в том, что в ходе исследований и экспериментов будет обнаружено ещё не одно эмерджентное свойство интеллектуальных систем, которое породит цепь других неопределённостей, как в шахматах количество открывающихся комбинаций после каждого хода.

В этой связи очевидно, что компромиссное решение может быть найдено в ходе совместной, и скоординированной работы научно-технологических школ, когнитивной науки и её прикладных разделов, а также передовых конструкторских и испытательных центров промышленности. И в этом сомнений нет.

Да пребудет с нами Сила!

О перспективах и проблемах создания интеллектуальных авиационных систем управления
Часть 7

«Если погрузиться в проблему достаточно глубоко, мы непременно увидим себя как часть проблемы»

Жак Арман Дюшарм
(американский этнограф, историк, публицист)

Об особенностях технологического развития информационно-управляющих систем и их компонентов в условиях масштабного внедрения элементов «искусственного интеллекта»

Революция «искусственного интеллекта» («ИИ») продолжает изменять наш мир, взламывая привычные парадигмы во всех сферах человеческой деятельности, открывая новые возможности и обозначая новы проблемы.

Выступая на Конференция «AI Journey» в ноябре 2023 года, Президент России отметил, что ***«…с внедрением искусственного интеллекта в науку, в образование, в здравоохранение – да во все сферы нашей жизни, человечество начинает новую главу своего существования».***

И это не фигура речи, а новая реальность, которую надо воспринять и адаптироваться к новым условиям. На Конференции Президент анонсировал утверждение новой редакция Национальной стратегии развития «искусственного интеллекта». Отмечается, что с учетом стремительного роста технологий в этот документ будет внесен ряд существенных изменений, которые конкретизируют цели и задачи ряда проектов по широкому внедрению «ИИ» в различные отрасли экономики и науки.

Прежде ***всего «...речь идёт о расширении фундаментальных и прикладных исследований в области генеративного искусственного интеллекта и больших языковых моделей».***

Однако рост технологий «ИИ» также создает ряд серьёзных вызовов и проблем, требующих глубокого и всестороннего научного изучения, технологической апробации результатов исследований и создания перспективных моделей интеллектуальных средств и систем. Процессы цифровизации диктуют новые условия для технического прогресса в транспортной сфере. Не обходит это стороной и модернизацию инфраструктуры авиационной отрасли.

Особое место в исследованиях занимают вопросы модернизации сложных информационно-управляющих систем реального масштаба времени, где для оценки ситуации и принятии оптимальных решений отводятся минимальные временные ресурсы. К таким сложным системам относится система управления воздушным движением, системы управления безопасностью полетов и более десятка информационных систем и баз данных. Подобная система базируется на комплексную систему проводных, спутниковых, радио- и радиорелейных каналов связи, охватывающую всю территорию страны. Очевидно, что модернизация таких систем высокой сложности, придания им новых свойств в условиях повышенных требований к скорости и объёмам используемой информации, не может быть успешной без внедрения интеллектуальных средств и систем, в том числе с использованием нейронных сетей разных типов.

Как уже отмечалось в ранних публикациях на эту тему, внедрение интеллектуальных элементов на базе нейросетей и других технологических решений, имеет целью освобождение человеческих интеллектуальных ресурсов для принятия оптимальных решений в условиях критических ситуаций, сохраняя работоспособность системы в заданных параметрах и обеспечивая требуемый уровень безопасности и эффективности ***воздушного движения*.**

Отмечая бурный рост глобальных процессов цифровизации во всех сферах деятельности человека, было бы логичным дать краткую характеристику того цифрового бума, который происходит в мире.

Итак, вопрос: почему генерируемые данные и информационные потоки в сетях растут в геометрической прогрессии? Этому есть много причин, а интернет и динамика роста интернет-пользователей являются одной из главных.

Прорыв в области развития информационных технологий за очень короткий срок привёл к взрывному росту количества информации в различных сетях, а технология интернет вещей ***(IoT–Internet of Things***) стала неотъемлемой частью повседневной жизни. Эта технология позволяет всей совокупности вычислительных устройств, связанных между собой и способных не только принимать и передавать информацию по беспроводным сетям без вмешательства человека, но и ***принимать интеллектуальные решения***.

Понятийный аппарат этой технологии закреплён в **ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161-2019**, «Уникальная идентификация для интернета вещей», где указано:

«3.2 сущность (entity): Любая конкретная или абстрактная вещь, представляющая интерес, в том числе объединения вещей [документ RFC 16917]».

Таким образом, в IoT-среде ***«вещь»*** – это физический или виртуальный объект, который можно идентифицировать и интегрировать в коммуникационные сети.

В **ПНСТ 642-2022** от 5 марта 2022 г. N 18-пнст, «Промышленный интернет вещей», ***IIoT*** – ***Industrial Internet of Things*** определён как:

«5.1 ПИВ — это промышленная экосистема на основе сервисов (служб), построенная на принципах сетевого взаимодействия, интероперабельности данных и интероперабельности систем производственных ресурсов для реализации настраиваемой комплектации производственных материалов, производства по заказу, рациональной оптимизации производственных процессов, быстрой адаптации производственной среды и эффективного использования ресурсов…».

Порой интернет вещей рассматривают как развитие ***межмашинного взаимодействия*** - как концепцию, которая на доброе десятилетие старше. Однако важным отличием интернета вещей становится ***интеграция показаний сенсоров и датчиков с компьютерными приложениями***. Они позволяют не просто отображать показатели в режиме реального времени, но и сравнивать данные, анализировать их и выявлять закономерности, делать прогнозы ***и управлять поведением устройств.***

Концепцию беспроводной сети, объединяющей людей и устройства всей Земли, предвосхитил ученый-изобретатель, физик ***Никола Тесла***. В интервью журналу ***Colliers***, опубликованном в январе ***1926 года***, ученый описал фантастическую по тем временам картину. ***«Когда беспроводные технологии будут применяться максимально эффективно, Земля превратится в один гигантский мозг. Мы сможем общаться друг с другом в реальном времени вне зависимости от расстояния. Инструменты, с помощью которых мы сможем это делать, будут поразительно простыми по сравнению с телефоном и поместятся в карман жилета».***

Тем самым Тесла предсказал создание интернета, смартфона и интернета вещей, но конечно же не мог даже и вообразить всех последствий цифровой революции.

Однако стремительное развитие цифровых технологий, а также эволюция данных с точки зрения объема, скорости и разнообразия в последние годы была впечатляющей. Рост данных за последние пару лет был

экспоненциальным. Эволюция технологий и их доминирующее влияние на все аспекты жизни генерируют огромные объемы данных с невообразимой скоростью.

Некоторые статистические данные по данным отечественных и зарубежных консалтинговых компаний свидетельствуют о поистине фантастическом росте объёма данных. По данным компании ***International Data Corporation*** (IDC) пользователи Интернета генерируют ***около двух мегабайт данных в секунду***. На начало 2024 года две трети населения мира подключены к сети, ***а количество подключенных устройств достигло 30 миллиардов***, а к 2025 году ***будет подключено уже около 60 миллиардов***. В 2023 году было сгенерировано почти в ***3 раза*** больше данных, чем в 2019 году. А к 2025 году людьми будет создано более ***180*** **зеттабайт данных**. Это ***число 180, за которым следует 21 ноль.*** Вот уж воистину астрономические масштабы!

Из беглого анализа представленной статистики очевидно, что решение проблемы обработки таких потоков разнородной информации представляет собой невероятно трудную проблему. На протяжении последних лет применение новых архитектур вычислительных средств и систем с применением многоядерных процессоров для распараллеливания потоков, а также уникальных алгоритмов способных эффективно работать в распределённой среде, смогли лишь частично смягчить удар огромного информационного потока, однако проблема осталась и ждёт своего решения.

В последние годы большое распространение получили вычислительные технологии на базе нейронные сетей различных типов и большие базы данных под управлением специализированных программных систем, получивших наименование СУБД.

В **ГОСТ 34.321-96** «Информационные технологии. Система стандартов по базам данных» базы данных и СУБД определены как:

«2.1 база данных (database): Совокупность взаимосвязанных данных, организованных в соответствии со схемой базы данных таким образом, чтобы с ними мог работать пользователь».

«2.39 распределенная база данных (distributed database): База данных, которая физически распределяется на две или более компьютерные системы».

«2.47 система управления базами данных (database management system): Совокупность программных и языковых средств, обеспечивающих управление базами данных».

«2.57 управление базами данных (database management): Процесс определения, создания, ведения баз данных, а также манипулирования ими».

Особое место в построении архитектур вычислительных систем получили в последнее время ***многоагентные системы*** (МАС).

Программные интеллектуальные агенты – это новый класс систем программного обеспечения, которые действует либо от лица пользователя, либо от лица системы делегировавшей агенту полномочия на выполнение тех или иных действий.

В **ГОСТ Р 59277-2020** «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта» многоагентные (мультиагентные) и распределённые системы, а также нейротехнологии определены как:

«3.31 многоагентная система (multyagency system): Система, состоящая из множества взаимодействующих интеллектуальных агентов. Многоагентные системы могут решить проблемы, которые трудны или невозможны для отдельного агента или для единой (монолитной) системы».

«3.34 нейротехнологии: Технологии, которые используют или помогают понять работу мозга, мыслительные процессы, высшую нервную деятельность, в том числе технологии по усилению, улучшению работы мозга и психической деятельности».

3.39 распределенная система (distributed artificial intelligence): Распределенная система обеспечивает решение проблемы управления на базе распределенной системы знаний в отличие от многоагентных систем, где базы знаний отдельных агентов взаимодействуют».

Мультиагентная система – сложная система, в которой функционируют два или более интеллектуальных агентов.

Технология многоагентных систем, хотя и насчитывает уже более чем десятилетнюю историю своего активного развития, находится в настоящее время еще в стадии становления. Ведутся активные исследования в области теоретических основ формализации основных понятий и компонентов систем, в особенности в области формализации ментальных понятий.

Многоагентные системы могут быть использованы для решения таких проблем, которые сложно или невозможно решить с помощью одного агента или монолитной системы.

Нельзя не отметить такую особенность МАС как проявление самоорганизации, внутренней упорядоченности, согласованности во взаимодействии автономных агентов системы, обусловленной ее строением.

Синергетические проявления больших систем дают возможность решить многие трудные задачи, однако проявление эмерджентных свойств потребует дополнительных исследований и технических решений в обеспечении устойчивости и надёжности подобных систем.

Необходимо заметить, что перспективные авиационные системы, имеющие в своём составе заметное количество мультиагентных систем, большие базы данных, перспективные средств коммуникаций и другие интеллектуальные компоненты, обретают новые качественные свойства в отличие от существующих больших информационно-управляющих авиационных систем реального масштаба времени. Такие системы уже относятся к классу ***киберфизических систем*** (КФС). Термин КФС является собирательным для большого числа новых цифровых технологий и предложен для обозначения автоматизированных комплексов, состоящих из объектов различного функционального назначения и управляющих контроллеров, объединяемых в единое целое.

Предшественниками КФС можно считать встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, автоматизированные системы управления техническими процессами и объектами, беспроводные сенсорные сети. ***Киберфизические системы — это системы, состоящие из различных природных объектов, искусственных подсистем и управляющих контроллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое.*** В КФС обеспечивается тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. Можно говорить о нескольких основных технических предпосылках, сделавших КФС возможными.

Первая —это рост числа устройств со встроенными процессорами и средствами хранения данных: сенсорные сети, работающие во всех протяженных технических инфраструктурах; транспортные системы; медицинское оборудование; умные дома и тому подобное.

Вторая — это интеграция, позволяющая достигнуть наибольшего эффекта путем объединения отдельных компонентов в большие системы: интернет вещей, умные среды обитания, оборонные системы будущего.

Третья — это ограничение когнитивных способностей человека, которые эволюционируют медленнее, чем машины, и непременно наступает момент, когда они уже не в состоянии справиться с объемом информации, требуемой для принятия решений, и какую-то часть действий целесообразно передать КФС.

В то же время в ряде случаев КФС могут усилить аналитические способности человека, поэтому оптимальным вариантом является создание

интерактивных систем нового уровня, сохраняющих человека в контуре управления.

Для практического внедрения КФС проведена стандартизация решений интернета вещей и искусственного интеллекта через ГОСТы.

Так, в **ПНСТ 417-2020** «Система киберфизическая» КФС определена как:

«…4. киберфиэическая система; КФС (cyber-physical system. CPS); Интеллектуальная система, которая включает в себя инженерные взаимодействующие сети физических и вычислительных компонентов».

«…5. киберфизическое устройство (cyber-physical device): Устройство, имеющее элемент вычисления и взаимодействующее с физическим миром посредством зондирования и приведения в действие».

Кроме того, *в* ***Распоряжении Правительства от 28 июля 2017 г. № 1632-р*** *об утверждении Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в разделе 5.6. об «Обеспечении правового режима межмашинного взаимодействия для киберфизических систем»* был определён следующий перечень работ в развитии подобных систем:

провести анализ и оценку адекватности рискам и угрозам информационной ***безопасности*** *существующих стандартов межмашинного взаимодействия для киберфизических систем;*

определить перечень необходимых стандартов межмашинного взаимодействия для киберфизических систем. Определить методики оценки показателей ***безопасности*** *межмашинного взаимодействия для киберфизических систем, их текущие и целевые значения;*

принять правила реагирования и установить ответственность для случаев ***несанкционированного вмешательства*** *в управление межмашинным взаимодействием, включая киберфизические системы;*

разработать ***проекты стандартов межмашинного взаимодействия*** *для киберфизических систем;*

принять национальные стандарты *межмашинного взаимодействия* ***для киберфизических систем;***

в киберфизических системах ***использовать отечественные операционные системы;***

достигнуть целевые значения показателей безопасности *межмашинного взаимодействия* ***для киберфизических систем***.

С развитием элементной базы у нас в России и за рубежом, в последние годы получили развитие технологий КФС с развертыванием подобных систем в секторах энергетики, науки, транспорта, медицины, электронной и других видов промышленности. В настоящее Россия, как и другие страны,

находится лишь в начале пути в освоении рубежей Четвертой промышленной революции - ***«Индустрии 4.0»***, которая знаменует собой новый подход к производству, основанный на массовом внедрении информационных технологий в промышленность, автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта.

Это является одной из главных причин фрагментации рынка промышленных киберфизических систем, поскольку значительная часть проектов, которые реализуются сегодня на предприятиях, носят узконаправленный характер в соответствии с потребностями бизнеса и отдельных заказчиков.

Разработчики аппаратных средств и программного обеспечения во многом следуют за их спросом, но промышленные предприятия сегодня предпочитают получать готовые системные решения с быстрой окупаемостью, а не набор полезных инструментов. Это в полной степени относится к заказчикам авиационной отрасли.

После короткого обзора содержательной части о направлениях и перспективах развития интеллектуальных авиационных средств и систем, логично перейти к рассмотрению проблем, решение которых ещё предстоит найти в рамках Программ и поручений Президента России, анонсированных на Конференция AI Journey в ноябре 2023 года.

Перспективы использования нейронных сетей и больших данных в авиационной отрасли

Цифровая трансформация является очередным этапом развития компьютерных, информационно-коммуникационных и организационных технологий. В авиации цифровизация началась уже давно и затрагивает самые разные направления. В настоящее время масштабность и большое количество инновационных проектов в сфере воздушного транспорта, в том числе в системах управления воздушным движением, обусловлены высоким уровнем наукоемкости, а также технологическими особенностями сложной информационно-управляющей системы реального масштаба времени. Это, пожалуй, являются одной из основных причин активности по внедрению интеллектуальных компонентов в авиационные системы.

Колоссальные объемы информации, генерируемые в этом секторе, используются для осуществления серьезных изменений, которые повышают безопасность полётов, обслуживание воздушного движения, эффективность и качество деятельности многочисленных подразделений и служб системы.

Особо следует отметить факт экспоненциального взрывного роста количества беспилотных воздушных судов (БВС) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые начали заполнять единое воздушное пространство и которые также являются генераторами потоков информации для систем контроля и систем управления воздушным движением.

В одном из печатных изданий сотрудник Федерального управления гражданской авиации США (FAA) назвал проблему использования БПЛА в едином воздушном пространстве «авиационной чумой XXI века».

Высшее руководство ИКАО также с настороженностью отнеслось к этой новой реальности. Так, выступая на Всемирной конференции по радиосвязи в 2015 году, бывший Генеральный секретарь ИКАО Фан Лю отметила: ***«Уровень воздействия осуществляемого в настоящее время внедрения беспилотных авиационных систем (БАС) в гражданской авиации сопоставим с тем, что происходило в сфере воздушного транспорта после появления реактивных двигателей в 1950-х годах. БАС разрушают многие парадигмы, лежащие в основе сегодняшней системы глобальной авиации, и открывают новые и заманчивые перспективы инноваций в области выполнения полетов для многих граждан и предприятий во всех регионах мира. Безопасное и эффективное включение БАС в авиационную систему является задачей, которая потребует коренных перемен и решительного взаимодействия всех связанных с авиацией заинтересованных сторон…».*** Трудно что-либо добавить.

Для решения этой сложнейшей задачи в США была сформирована концепция UTM (***Unmanned aircraft system traffic management***), которую стали продвигать на мировых технологических площадках как международный стандарт. В России такой проект как ***RUTM1*** (*цифровая система организации безопасного воздушного движения БВС и пилотируемых воздушных судов в едином воздушном пространстве РФ*), не получил должного признания и к масштабированию не был принят.

Опуская некоторые детали, можно только констатировать, что 27 апреля 2023 года Владимир Путин на совещании по развитию беспилотных авиационных систем в индустриальном парке “Руднево” отметил, что для обеспечения безопасности в использовании БВС, “…***нужно переходить на новые технологические решения. И прежде всего – цифровые решения. В этой связи второе – деятельность такой авиации возможна только в цифровой среде. Потому нужно шире, еще раз повторю, внедрять созданные с применением российского программного обеспечения и технологии искусственного интеллекта цифровые платформы”***, –

добавил он. По словам президента***, "они будут решать задачи хранения, обработки и анализа данных, получаемых от беспилотных авиационных систем".***

В этой связи технические решения, основанные на использовании ***нейронных сетей*** с технологиями ***машинного обучения***, ***мультиагентных интеллектуальных систем*** и других элементов «искусственного интеллекта», для сегодняшнего уровня технологической готовности является, по существу, безальтернативными.

Как отмечалось ранее, преодолеть проблему гигантского роста информационных потоков в различных интеллектуальных системах без технологии ***Big Data*** практически не представляется возможным. Всё, что связано с технологиями машинного обучения, анализом и обработкой информации, хранения и защиты информации, а также множества других функций реализуется ***системой управления базами данных***.

Этот важнейший элемент любой интеллектуальной системы часто и незаслуженно обойдён вниманием. Попробуем восполнить этот пробел.

По традиции приведём определение базы данных в соответствии с ГОСТ, который даёт расширительную трактовку этому термину.

И так, в **ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021** «Большие данные» термин Big Data определён как:

«3.1.2 большие данные (big data): Большие массивы данных (3.1.11), отличающиеся главным образом такими характеристиками, как объем, разнообразие, скорость обработки и/или вариативность, которые требуют использования технологии масштабирования для эффективного хранения, обработки, управления и анализа».

«3.1.5 данные (data): Представление информации в формальном виде, пригодном для передачи, интерпретации или обработки.

3.1.6 аналитика данных (data analytics): Составное понятие, охватывающее получение, сбор, проверку и обработку данных (3.1.9), включая их количественную оценку, визуализацию и интерпретацию.

3.1.7 база данных (database): Совокупность данных (3.1.5), организованная в соответствии с концептуальной структурой, в которой описываются характеристики этих данных и взаимосвязи между представляемыми ими сущностями для одной или нескольких областей применения».

Здесь необходимо заметить, что трактовки определений, без утраты главных смыслов, могут несколько отличаться из-за адаптации к различным сферам применения, но это не является принципиальным.

Несколько слов о больших базах данных. Большие данные – это широкий термин для обозначения нетрадиционных стратегий и технологий,

необходимых для сбора, упорядочивания и обработки информации из больших наборов данных.

Хотя проблема работы с данными, превышающими вычислительную мощность или возможности хранения одного компьютера, не является новой, в последние годы масштабы и ценность этого типа вычислений значительно расширились. В последнее время сформировалось отличие между обычными структурированными базами данных с чёткими и понятными обработками и большими данными, которые могут не иметь большой объём информации на начальном этапе, но обладают главной отличительной чертой – умением приспосабливаться под задачу в результате использования ***машинного обучения (Machine Learning)*** — это способ обучать компьютеры без программирования и явных инструкций, используя только шаблоны и логические выводы.

В **ГОСТ Р 59895-2021** «Технологии искусственного интеллекта в образовании» термин «машинное обучение» определён как:

«2.1.7 машинное обучение (machine learning): Процесс автоматического обучения и совершенствования поведения системы искусственного интеллекта на основе обработки массива обучающих данных без явного программирования».

Вообще определяющими характеристиками больших данных являются объём, вариативность, скорость, актуальность и ценность информации. Сегодня скорость обработки информации практически достигла реального времени и появилась возможность работы не со статичными данными, а с постоянно прибывающим потоком информации. Это позволяет использовать нейронные сети там, где человеку не по силу справится с анализом большого потока информации.

Однако текущий уровень развития не даёт возможности целиком и полностью автоматизировать управление многими процессами только искусственными нейронными сетями, тем более, когда речь идёт о нестандартных ситуациях. В ряде случае, когда необходима аналитическая работа с данными для исправления ошибок и их структурной корректировки, прогнозирования конкретных ситуаций и формирования пошаговых рекомендаций при решении задач, необходим человеческий ментальный опыт. Как мы увидим далее, надежды оптимистов на исключение человека из контура управления в больших интеллектуальных системах, мягко говоря, несостоятельны.

О некоторых проблемах нейронных сетей, Big Data и СУБД в больших интеллектуальных системах

Подвергая краткому анализу такой комплекс как базы данных и систему управления базами данных, следует отметить, что это достаточно сложная система, интегрированная в другие сложные системы для обеспечения последних требуемым уровнем и качеством информации. И если базы данных представляют собой физический информационный архив, который может быть размещён на сайтах, в программах и приложениях, то СУБД — это особый вид сложного программного обеспечения, с помощью которого можно создавать, управлять, открывать, вносить изменения и предоставлять персональный доступ для пользователей баз данных. Простыми словами, СУБД — это специализированный инструмент, который является сервисом управления от имени пользователя и обеспечивает: **хранение и структурирование данных, многопользовательскую работу,** управление транзакциями, сохранять целостность информации, поиск и устранение ошибок и еще очень много других операций с потоком информации и её хранение на физических носителях и программных средах.

Если рассматривать СУБД в составе других систем, то это по сути «система в системе». Система систем (***System of systems***), по определению, — ***«это совокупность ориентированных на задачи или специализированных систем, которые объединяют свои ресурсы и возможности для создания новой, более сложной системы, обладающей большей функциональностью и производительностью, чем просто сумма составляющих систем».***

В настоящее время «системы систем» являются важной исследовательской дисциплиной, для которой характерны проявления признаков самоорганизации и эмерджентности. Именно это обстоятельство требует участия человека в тех случаях, где поток неопределённостей превышает порог чувствительности системы и снижает качество выдаваемого результата. Для этих целей существуют аналитики для работы с базами данными, эксперты по визуализации больших данных и другие соответствующие специалисты, для того чтобы разобраться в неструктурированной информации, обнаружить и исправить ошибки, подготовить надёжные данные для технологии ***машинного обучения*** и ещё множество других операций.

Специалисты такого уровня представляют большую ценность, поскольку они должны владеть не только всесторонними знаниями по предназначению системы, но и богатым опытом, который крайне важен для

технологий машинного обучения и совершенствования качества элементов «искусственного интеллекта».

Несколько слов о том, в каких условиях работают системы больших данных и СУБД. Как уже отмечалось в начале статьи, нейросети, базы данных и СУБД приняли на себя первый удар взрывного экспоненциального потока информации, который продолжает расти. Совершенно очевидно, что этот факт предъявляет жесткие требования к пропускной возможности всех элементов системы, включая ограничения каналов связи, аппаратной среды, объёмов физической среды хранения информации, а также сохранения целостности и качества поступающей информации на входе системы и в обменных каналах коммуникации с элементами своей системы и внешними взаимодействующими системами.

Из теории информации известно, что любые действия с информационным потоком ведут к возрастанию энтропийных процессов и как следствие к увеличению ошибок в передаваемой информации в ходе её обработки и хранении. Кроме того, источниками ошибок могут быть несовершенство алгоритмов обработки информации, аппаратные сбои, разнородность и структурные различия информационных фрагментов, сбои в синхронизации потоков, ошибки человека и множество других причин.

В этой связи возникает парадоксальная ситуация, когда прожорливые нейронные сети требуют, как можно больше информации, а увеличение информационного потока приводит к перегрузкам системы и к снижению качества данных.

Одним из способов в решении такого рода проблем стало технологическое решение по распараллеливанию потоков информации и создание распределённых сетей. На каком-то этапе синтеза подобных систем удалось продвинуться в минимизации собственно цифровых проблем, однако появились другие в виде временной синхронизации и актуальности информации, проблемы ложных корреляций и других, где потребовалось доработка аппаратной и алгоритмической частей системы, а также увеличение численности аналитиков для работы с базами данных и других специалистов обслуживающего персонала.

Итак, по мере возрастания информационных потоков возрастают объемы аппаратной части для увеличения пропускной способности системы и её элементов, возрастает количество интеллектуальных модулей, что неминуемо ведёт к усложнению системы и снижению её устойчивости. Растёт количество ошибок в информационной части и их неконтролируемое размножение при взаимодействии с другими системами, что вынуждает создавать дополнительные барьеры для их обнаружения в других системах.

Этот процесс можно сравнить с процессами ядерного распада и сложных систем контроля для недопущения критической массы ошибок, когда система произвольно меняет своё назначение и вводит пользователей в заблуждение, что влияет на качество принимаемых решений.

Статистика показывает, что технологии машинного обучения, получая недостоверную, а в ряде случаев ошибочную информацию, могут впадать в состояние ***«галлюцинации»***. Этот термин уже давно используется в технической и научной литературе, который в отсутствие ГОСТ трактуется следующим образом: «***В области искусственного интеллекта галлюцинация или искусственная галлюцинация, называемая заблуждением — это ответ, генерируемый «ИИ», который содержит ложную или вводящую в заблуждение информацию».***

В прошлых публикациях на эту тему был приведен пример, к чему приводит бесконтрольное использование технологии ***генеративных GPT*** в социальных сетях ряда стран, которые вынуждены были законом ограничить их действие.

Попробуем эту мало обсуждаемую тему прокомментировать материалами «***Технического отчета GPT-4», выпущенного американской научно-исследовательская организацией «OpenAI»*** в марте 2023 года, занимающейся разработками в области искусственного интеллекта и больших языковых моделей, в том числе GPT-4 и ChatGPT.

Что же касается термина ***«галлюцинация»***, то в отчёте указано: ***«…Мы используем термин «галлюцинация», хотя понимаем, что этот термин может привести к негативным последствиям или неверным ментальным моделям в ходе машинного обучения».***

Характеризуя некоторые, ставшие для своих создателей неожиданными, свойства большой языковой модели, в отчёте отмечается***: «GPT-4 также может уверенно ошибаться в своих прогнозах, не заботясь о том, чтобы перепроверить работу, когда есть вероятность ошибиться».***

Авторы отчёта, ссылаясь на результаты ряда качественных и количественных оценок GPT-4, отмечают, что им удалось получить представление о некотором наборе рисков, возникающих в ходе генерации GPT-4, которые представляют собой достаточно внушительный перечень. Это:

«галлюцинации; вредоносный контент; операции по дезинформации и влиянию; распространение обычных и нетрадиционных вооружений; конфиденциальность; кибербезопасность; возможность рискованного

эмерджентного поведения; взаимодействие с другими системами; экономические последствия».

Проблемы доверия к интеллектуальным и экспертным системам тоже нашли место в отчёте: «…***галлюцинации могут стать более опасными по мере того, как модели становятся более правдивыми, и поскольку эти модели интегрированы в общество и используются для автоматизации различных систем, эта тенденция к галлюцинациям является одним из факторов, которые могут привести к ухудшению общего качества информации и еще большему снижению достоверности и доверия к свободно доступной информации».***

Кроме проблем доверия, большое место в отчёте отводится наличию существенных ограничений GPT-4 в области кибербезопасности из-за своей склонности к «галлюцинациям».

Проблемы сложных больших систем тоже не остались в стороне. В отчёте отмечается, что ***«…такие модели, как GPT-4, разрабатываются и внедряются не изолированно, а как часть сложных систем, включающих в себя множество инструментов, организаций, отдельных лиц, учреждений и стимулов. Это одна из причин, по которой мощные системы ИИ должны оцениваться и подвергаться состязательному тестированию в контексте возникновения потенциально опасных циклов обратной связи «система-система» или «человек-система» и разрабатываться с запасом прочности».***

И вот здесь на горизонте замаячили проблемы больших систем, решения которых весьма сложные и крайне затратные. Раскрывая существо рискованной эмерджентности в поведении отдельных агентов большой системы, авторы отчёта отмечают, что ***«…выявленные новые возможности вызывают особую озабоченность, — это способность агентов создавать долгосрочные планы и действовать в соответствии с ними, например, достигать целей, которые, возможно, не были конкретно определены и которые не появились в обучении; сосредотачиваться на достижении конкретных, поддающихся количественной оценке целей и осуществлять долгосрочное планирование. Некоторые свидетельства такого эмерджентного поведения в моделях уже существуют».***

В материалах «Технического отчета GPT-4», который имеет более трёхсот страниц и в котором указаны более пятидесяти авторов и участников тестовых команд из различных стран, отмечается, что исследования в области эмерджентных и рекурсивных проблем интеллектуальных больших систем будут продолжены в интересах поиска решений по их минимизации и выработки рекомендаций.

Резюмируя содержательную часть этого раздела, необходимо отметить, что развитие технологической базы, позволяющей работать с гигантскими объёмами информации, обеспечивать прогнозные решения с высокой достоверностью и обеспечивать множество новых сервисов, пока ещё отстаёт в решении проблем больших нелинейных неравновесных открытых динамических систем, к которым относятся авиационные системы, в том числе системы управления воздушным движением.

Заключение

В материалах статьи были изложены особенности новых реалий развития элементов «искусственного интеллекта», нейронных систем, баз данных и других интеллектуальных элементов, которые должны стать основой в модернизации имеющихся информационно-управляющих авиационных систем и создания новых. Взрывной рост количества беспилотных воздушных судов, а также рост количества информационных потоков во всех элементах авиационных систем требует «…***расширения фундаментальных и прикладных исследований в области генеративного искусственного интеллекта и больших языковых моделей»,*** как отметил Президент Росси на Конференции «AI Journey» в ноябре 2023 года.

В статье приведены основные свойства и особенности перспективных систем и комплексов, которые планируется применить при создании авиационных систем нового поколения в рамках новой авиационной парадигмы в связи с массовым развитием беспилотной авиации.

В статье также изложены новые вызовы и требования к подготовке кадров для работы с интеллектуальными системами в новых условиях, где подчёркивается важность нахождения человека в контуре управления сложных систем.

Поручения, сформированные по результатам работы Конференции «AI Journey», а также ряд программных и нормативных документов, посвященных развитию технологий «искусственного интеллекта», должны стать катализатором развёртывания научных исследований, технологических работ и подготовки кадров по плановому продвижению новых технологий в авиации и в других транспортных сегментах государства.

Да пребудет с нами Сила!

Литература:

1. Указ Президента РФ от 10.10.2019 N 490 “О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации” (вместе с “Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года”). http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731
2. ГОСТ Р 43.0.5-2009 «Процессы Информационно-Обменные в технической деятельности». https://docs.cntd.ru/document/1200079262?ysclid=lojjl4ui5r296819334
3. ГОСТ Р 59277-2020 «Классификация Систем Искусственного Интеллекта». https://docs.cntd.ru/document/1200177292?ysclid=lojjrp6utd744096605
4. ЗАКУПКА № 0173100009522000115 Открытый конкурс в электронной форме НИР “Расчетно-экспериментальные исследования перспективных технологий, включая технологии искусственного интеллекта, и анализ условий их применимости в самолетах транспортной категории” Шифр “Интеграл Т”. https://poisktenderov.ru/item/0173100009522000115/?ysclid=logy512v9j729047529
5. Мантуров счел возможной виртуальную замену второго пилота в самолетах. Подробнее на РБК: https://www.rbc.ru/rbcfreenews/62fb9c819a794762d0061788?ysclid=lojy423sql719
6. Минпромторг решил заменить второго пилота в самолетах на виртуального. Подробнее на РБК: https://www.rbc.ru/technology_and_media/13/08/2022/62f6f9d49a794701fd8d2cdb?ysclid=lojya9m4o695749789
7. В помощь летным экипажам внедрят системы искусственного интеллекта. https://rg.ru/2022/08/16/poletiat-s-umom.html
8. Самолёт без пилота. Когда искусственный интеллект заменит человека за штурвалом. https://secretmag.ru/technologies/samolet-bez-pilota-kogda-iskustvennyi-intellekt-zamenit-cheloveka-za-shturvalom.htm
9. Пиаже Ж. Генетический аспект языка и мышления // Психолингвистика. — М., 1984.
10. Черниговская Т. В., Деглин В. Л., Меншуткин В. В. Функциональная специализация полушарий мозга человека и нейрофизиологические

механизмы языковой компетенции //Доклады АН СССР. — Т. 267. — № 2. — С. 499—502.
11. Вартанян И. А., Черниговская Т. В. Роль несущей частоты в восприятии сигналов с различной ритмической структурой (проблема асимметрии) // Сенсорные системы. — 1993. — № 1. — С. 36—39.
12. Лекторский В. А. Сознание // Новая философская энциклопедия / Ин-т философии РАН; Нац. обществ.-науч. фонд; Предс. научно-ред. Совета В. С. Стёпин, заместители предс.: А. А. Гусейнов, Г. Ю. Семигин, уч. секр. А. П. Огурцов. — 2-е изд., испр, и допол. — М.: Мысль, 2010. — ISBN 978-5-244-01115-9.
13. Васильев В. В. Мозг и сознание: выходы из лабиринта. — «Вопросы философии». — 2006. — № 1.
14. Васильев В. В., Волков Д. Б. Перевод, редакция — СОЗНАЮЩИЙ УМ: В ПОИСКАХ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ТЕОРИИ. — 2013. (перевод с англ.)
15. Юлина Н. С. Тайна сознания: альтернативные стратегии исследования. Ч. 1 // Вопросы философии. — 2004. — № 10. — С. 125—135.
16. Сёрл Д. Открывая сознание заново. — М.: Идея-Пресс, 2002. — 256 с. ISBN 5-7333-0038-8
17. Пенроуз Р. Тени разума. В поисках науки о сознании. — М., 2005.
18. Дубровский Д. И. Новое открытие сознания? (По поводу книги Джона Сёрла «Открывая сознание заново») // Вопросы философии. — 2003. \ — № 7. — С. 92—111.
19. Васильев В. В. Трудная проблема сознания. — М.: Прогресс-Традиция, 2009. — 272 с. ISBN 978-5-89826-316-0
20. Пенроуз Р. Структура пространства-времени = Structure of Space-Time / Перевод с англ. Л. П. Грищука и Н. В. Мицкевича; под ред. Я. Б. Зельдовича и И. Д. Новикова. — М.: Мир, 1972. — 521 с.
21. Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики The Emperor’s New Mind. Concerning Computers, Minds and The Laws of Physics / Перевод с англ. под общ. ред. В. О. Малышенко. — 4-е изд. — М.: УРСС, ЛКИ, 2011. — 402 с. — (Синергетика: от прошлого к будущему). — ISBN 978-5-382-01266-7.
22. Анатолий Гершман. Заблуждения искусственного интеллекта. Postnauka.ru. Дата обращения: 6 октября 2017. Архивировано 6 октября 2017.
23. .Аверкин А. Н., Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. — М.: Радио и связь, 1992. — 256 с. Дата обращения: 26 мая 2010. Архивировано 5 мая 2010 года.

24. ГОСТ Р 59276-2020 «Национальный стандарт Российской Федерации. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения»
25. ISO/IEC DIS 22989 Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology
26. R.6216 — National Artificial Intelligence Initiative Act of 2020
27. EUROPEAN COMMISSION. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION. Artificial Intelligence for Europe {SWD(2018) 137 final}.
28. Т.В. Черниговская, Зеркальный мозг, концепты и язык: цена антропогенеза.
29. Физиологический журнал им. ИМ Сеченова 92 (1), 84-99. Функциональная асимметрия мозга и нейронная организация лингвистической компетенции.
30. Т.В. Черниговская, В.Л. Деглин. Мозг и язык 29 (1), 141-153
31. Структура ментального лексикона при усвоении языков L1 и L2: русский опыт. К. Гор, Т. Черниговская. Глоссос 4, 1-31
32. Если зеркало будет смотреться в зеркало, что оно там увидит (к вопросу об эволюции языка и сознания) Т.В. Черниговская
33. Сборник научных трудов «Когнитивные исследования. Принципы эволюции естественных и компьютерных языков и физиологических систем».
34. Т. Черниговская, Ю. Наточин, В. Меншуткин. “Становимся болтунами” — Bochum Publications in Evolutionary Cultural Semiotics.
35. “До опыта приобрели черты”. Мозг человека и породивший его язык Т. Черниговская. Философско-литературный журнал «Логос», 79-96.
36. Психиатрия в свободном падении: в поисках семиотической точки опоры С. Давтян, Т. Черниговская.
37. Исследования знаковых систем 31 (2), 533-546
38. Нейробиология и физиология поведения 37, 293-302
39. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Н. Винер; пер. с англ. И. В. Соловьева и Г. Н. Поварова; под ред. Г. Н. Поварова. – 2-е издание. – М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
40. Т95 Вычислительные машины и разум / Алан Тьюринг; [пер. с англ. К. Королева]. — Москва: Издательство АСТ, 2018. — 128 с. — (Эксклюзивная классика). ISBN 978-5-17-105970-5.
41. Gardner H. “A Blessing of Influences” in Howard Gardner Under Fire (англ.) / Schaler, Jeffrey A. — Illinois: Open Court, 2006. — ISBN 978-0-8126-9604-2.

42. Душкин Р. В. Искусственный интеллект. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 280 с., ISBN 978-5-97060-787-9.
43. Бор Н. Избранные научные труды. — М.: Наука, 1966. — Т.
44. Гейзенберг В. Физика и философия, часть и целое. — М.: Наука, 1989.
45. Фон Нейман И. Математические основы квантовой механики. — М.: Наука, 1964.
46. Паули В. Физические очерки. — М: Наука, 1975.
47. Пригожин И. От существующего к возникающему. — М.: Наука, 1986.
48. РАН Архивная от 23 мая 2015 на Wayback Machine на сайте ГАИШ МГУ.
49. Князева Е. Н. Эпистемологический конструктивизм // Философия науки. 2006. №12. С. 133–153.
50. Рябушкина Т. М. Самореференция и самоописание как основания самоидентичности: поиск альтернативы субстанции // Субъект и культура / Под ред. В. Н. Поруса. Спб.: Алетейя, 2014. С. 230-254.
51. Цоколов С. Дискурс радикального конструктивизма. Традиции скептицизма в современной философии и теории познания. Munchen: PHREN, 2000. 333 с. 5. Шмерлина И. А. Наука о сложных системах и ее социологические коннотации // Человек. Сообщество. Управление. 2004. №1. С. 36-49.
52. Попов А.П. — Самореференция и самоидентичность в эпистемологии наблюдателя // Философская мысль. – 2018. – № 2. – С. 45 – 52. https://iphras.ru/uplfile/zinaida/ROOTED/aspir/autoreferat/popov/12_avtoreferat_poiov.pdf?ysclid=lowwblbyzj480024220
53. Foerster, H. von, P. Mora, and L. Amiot. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. At this date human population will approach infinity if it grows as it has grown in the last two millennia // Science. — 1960. — № 132. — С. 1291—1295.
54. Андлер, Дэниел (2007). Феноменология в искусственном интеллекте и когнитивной науке. В: Компаньон по феноменологии и экзистенциализму. Blackwell Publishing Ltd, 377-393 https://doi.org/10.1002/9780470996508.ch26 (на английском языке)
55. Биверс Энтони Ф. (2002). Феноменология и искусственный интеллект. Метафилософия. Том 33, Выпуск 1-2: 70-82 DOI: https://doi.org/10.1111/1467-9973.00217 (на английском языке)
56. Боддингтон П. (2017). Введение: Искусственный интеллект и этика. В кн.: На пути к этическому кодексу искусственного интеллекта. Искусственный интеллект: основы, теория и алгоритмы. Спрингер, Чам ДОИ: (на английском языке).

57. Чалмерс Д. Дж. (1995). Лицом к проблеме сознания, Журнал исследований сознания. Выпуск 2 (3), Стр. 200-219. (на английском языке).
58. Деннет Д. Как исследовать человеческое сознание эмпирически / пер. с англ. Н.С. Юлиной // История философии. — М.: ИФ РАН, 2005. — Вып. 12.
59. Деннет Д. Онтологическая проблема сознания / пер. с англ. А.Л. Блинова // Аналитическая философия: Становление и развитие (антология) / сост. А.Ф. Грязнов. — М.: ДИК «Прогресс-Традиция», 1998. — С. 361–375.
60. Грэхэм Л.П. К. Анохин // Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе/ Лорен Грэхэм.
61. Аристотель. Метафизика // Собрание сочинений. М.: Мысль, 1998. Т.
62. Васильев В. И. Интеллектуальные системы защиты информации. М.: Машиностроение, 2013. 172 с Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / пер. с англ. И. В. Соловьева и Г. Н. Поварова; под ред. Г. Н. Поварова. 2- е изд. М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран.
63. Декарт Р. Рассуждение о методе // Декарт. Сочинения в 2 томах. М.: Мысль, 1989-1994.
64. Реальность и прогнозы интеллектуального интеллекта: сборник научно-популярных статей / пер. с англ. В. Л. Стефанюка. М.: Мир, 1986.
65. Хокинс Д., Блейксли С. Об интеллекте / пер. с англ. М.: И. Д. Вильямс, 2007.
66. Чалмерс Д. Сознающий ум. В поисках фундаментальной теории The Conscious Mind / пер. с англ. В. В. Васильева. М.: URSS: ЛИБРОКОМ, 2013.
67. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е изд. / пер. с англ. М.: Вильямс, 2007.
68. Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук. Т. 2. Философия природы. М.: Мысль, 1975.
69. Поппер К. Критерий эмпирического характера теоретических систем // Журнал «Erkermtnis» («Познание»). Избранное. М., 2006. С.
70. Сёрл Дж. Рациональность в действии. М., 2004
71. Черниговская Т. В. Чеширская улыбка кота Шредингера: язык и сознание / Санкт-Петербургский гос. ун-т, Фак. свободных искусств и наук. — М.: Языки славянской культуры, 2013. — (Разумное поведение и язык; Language and reasoning). — ISBN 978-5-9551-0677-9.

72. Черниговская Т. В. и др. Взгляд кота Шрёдингера: Регистрация движений глаз в психолингвистических исследованиях / Санкт-Петербургский гос. ун-т. — 2-е изд. — СПб: СПбГУ, 2019. ISBN 978-5-288-05929-2.
73. Пенроуз Р. Циклы времени. Новый взгляд на эволюцию Вселенной Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe / Перевод с англ. — М.: Бином. Лаборатория знаний, ISBN 978-5-9963-1405-8.
74. Пенроуз Р. Мода, вера, фантазия и новая физика Вселенной Fashion, Faith, and Fantasy in the New Physics of the Universe / Перевод с англ. — СПб.: Питер, 2020. — 512 с. — 3000 экз. — ISBN 978-5-4461-1598-3.
75. Бехтерева Н. О мозге человека. XX век и его последняя декада в науке о мозге человека. (On the Human Brain. XX century and its last decade in Human Brain Science). СПб, 1997, изд. Нотабене.
76. Бехтерева Н.[www.libfox.ru/102734-natalya-behtereva-magiya-mozga-i-labirinty-zhizni.html Магия мозга и лабиринты жизни] Архивная копия от 4 июня 2020 на Wayback Machine. — СПб: Нотабене.
77. ГОСТ Р 59895-2021 «Технологии искусственного интеллекта в образовании» https://docs.cntd.ru/document/1200181910?ysclid=lqjv8zeb87354099319.
78. «Комплексная Программа развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года», утверждённой распоряжений Правительства Российской Федерации от 25 июня 2022 г. № 1693-р, https://docs.cntd.ru/document/350899839?ysclid=lqjvcp2357105526552.
79. Распоряжение Правительства РФ от 01.10.2021 N 2765-р «Об утверждении Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года», https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-01102021-n-2765-r-ob-utverzhdenii/?ysclid=lqjuxpe9p9617247927.
80. Doc 9859. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) https://ya.ru/search/?text=ИКАО+__МОДЕЛЬ+РИЗОНА&lr=10716, https://ya.ru/search/?text=ИКАО+__МОДЕЛЬ+РИЗОНА&lr=10716
81. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Н. Винер; пер. с англ. И. В. Соловьева и Г. Н. Поварова; под ред. Г. Н. Поварова. – 2-е издание. – М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
82. Циркуляр 234-an/142 ИКАО1992 человеческий фактор сборник материалов № 5, https://dream-air.ru/tpl/cir/234_ru.pdf?ysclid=lqjuv7zf6377371160

83. «Подмена понятий подвела искусственный интеллект», https://www.comnews.ru/content/220572/2022-06-06/2022-w23/podmena-ponyatiy-podvela-iskusstvennyy-intellekt?ysclid=lqcraue0o7445575619.
84. Италия первая в мире запретила использование ChatGPT,https://vc.ru/future/651858-italiya-pervaya-v-mire-zapretila-ispolzovanie- chatgpt.
85. Норберт Винер «Творец и робот», https://triz-guide.com/storage/app/media/books/viner_n_tvorec_i_robot.pdf
86. Воздушный кодекс Российской Федерации" от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 04.08.2023) https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/?ysclid=lr9cs9l87z352629047
87. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения. https://docs.cntd.ru/document/1200006979?ysclid=lr9f5k8nlu621812020
88. ГОСТ Р 55585-2013. Воздушный транспорт. Система управления безопасностью полетов воздушных судов. Термины и определения. https://docs.cntd.ru/document/1200109124
89. ГОСТ Р 57908-2017. Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности, база данных. Авиационные риски по реализации системы оценки безопасности полетов при обеспечении воздушного движения. https://docs.cntd.ru/document/1200157566?ysclid=lr9bt03bas529356973
90. ГОСТР 51897—2011. Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения. https://medprofsouz.ru/media/userfiles/files/51897-2011.pdf?ysclid=lr9bmuk7k9143802429
91. Doc 10004 ИКАО. Глобальный план обеспечения безопасности полетов. https://caa.gov.kz/storage/app/media/дубп/ICAO%20Doc%2010004_kz.pdf
92. Cir 314 ИКАО. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным транспортом. https://dream-air.ru/tpl/cir/314_ru.pdf?ysclid=lr9aqc3lsv782402405
93. Cir 300AN/173 ICAO. Сборник материалов "Человеческий фактор" № 15. https://dream-air.ru/tpl/cir/300_ru.pdf?ysclid=lr9b1m1j38661265985
94. Doc 9683-AN/950 ИКАО. Руководство по обучению в области человеческого фактора. https://standart.aero/en/icao/book/документ-9683-руководство-по-обучению-в-области-человеческого-фактора-ру-конс

95. Doc 4444 ИКАО. Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения https://training.urrv.ru/wp-content/uploads/2019/12/4444_cons_ru.pdf?ysclid=lr9bccpowt975421948
96. Приложение 6. ИКАО. Эксплуатация воздушных судов. Часть II. Международная авиация общего назначения. Самолеты. https://caa.gov.kz/storage/app/media/icao/pril-6.-ch-ii.-mezhdunarodnaya-aviacziya-obshhego-naznacheniya.-samolety.pdf
97. Doc 9806 ИКАО. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов. https://aerohelp.ru/sysfiles/374_268.pdf
98. Cir 234-AN/142 ИКАО. Эксплуатационные последствия автоматизации в оборудованных передовой техникой кабинах экипажа. https://dream-air.ru/tpl/cir/234_ru.pdf?ysclid=lr9cvr5mgu436078792
99. Doc 9824 ИКАО. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов. http://laynercenter.ru/images/IKAO/ICAO_doc_9824_izd_1.pdf
100. Система документов ИКАО по безопасности полетов. https://cdn.aviaforum.ru/data/attachment-files/2019/11/1457535_0c876e4dbda35ef8c0fe1459b422e720.pdf
101. С. Н. Тиц. Человеческий фактор. https://www.flightcenter.aero/sites/default/files/inline-files/tic-s.n.-chelovecheskii-faktor.pdf?ysclid=lr9evmva4i594235412
102. Теория перспектив Канемана. https://goal-life.com/page/kniga/idea/teoriya-perspektiv?ysclid=lr9ey0x2pa147030639
103. «Будущее — вызовы и проекты. междисциплинарный контекст». С.П.Курдюмов, Г.Г.Малинецкий. https://spkurdyumov.ru/forecasting/budushhee-vyzovy-i-proekty/?ysclid=lr9fc5pobg221861810
104. Человеческий фактор в авиации и реализация системы управления безопасностью полетов. Власов В.Д. https://aviacosmosmed.ru/wp-content/uploads/2023/01/chelovecheskij-faktor-v-aviaczii-i-realizacziya-sistemy-upravleniya-bezopasnostyu-poletov.pdf
105. Нейропсихология учебное пособие. https://elib.usma.ru/bitstream/usma/2363/1/VR_2020_002.pdf
106. Нейропсихология: эпоха Л.С. Цветковой. Шипкова К.М., Цветков А.В., Семенович А.В., Сергиенко А.А., Селявко Л.Е. (Москва, Россия). http://mprj.ru/archiv_global/2017_3_44/nomer08.php

107. Мир другими глазами: мозг зеркальный и “неверный”. Лекция. Татьяна Черниговская. https://www.livelib.ru/author/669365/top/listview/biglist/~2
108. Субъективная реальность и мозг. Татьяна Черниговская. https://www.livelib.ru/author/669365/top/listview/biglist/~3
109. Когнитивные исследования. Сборник научных трудов. Выпуск 5 Андрей Кибрик. https://www.livelib.ru/author/669365/top/listview/biglist/~3
110. Как научить мозг учиться. Лекция Татьяна Черниговская. https://www.livelib.ru/author/669365/top/listview/biglist
111. Цифровые технологии в Российской Федерации. https://datareportal.com/digital-in-the-russian-federation?utm_source=DataReportal&utm_medium=Country_Article_Hyperlink&utm_campaign=Digital_2023&utm_term=Russian_Federation&utm_content=Country_Page_Link
112. Анализ и перспективы развития российской авиастроительной отрасли. https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6000&ysclid=lrywhlt3pu236434301
113. Программа “Цифровая экономика Российской Федерации”. https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/
114. ГОСТ Р 55859-2013 Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности. Базы данных. https://docs.cntd.ru/document/1200107505?ysclid=lryxyrzem7671286685
115. ГОСТ 33707-2016Информационные технологии. https://sysadminmosaic.ru/_media/gost_rf/33707-2016.pdf
116. ГОСТ Р ИСО/МЭК 29161-2019 Информационные технологии. Структура данных. https://docs.cntd.ru/document/1200164026?ysclid=lryx439yf5213997769
117. Информационные технологии. Интернет вещей промышленный. https://docs.cntd.ru/document/1200183441?ysclid=lryx8esune788578860
118. ПНСТ 417-2020 Система киберфизическая. Термины и определения. https://docs.cntd.ru/document/1200174442?ysclid=lryxbhfrq6555890132
119. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021 Большие данные. Обзор и словарь. https://docs.cntd.ru/document/1200180276?ysclid=lryxe0lp3s339412769
120. ГОСТ 34.321-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. https://docs.cntd.ru/document/1200017662?ysclid=lryxgjyroa220253483

121. ГОСТ Р 54080-2010 Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Информационно-аналитическая система мониторинга летной годности воздушных судов. Общие требования. https://docs.cntd.ru/document/1200083496?ysclid=lryy5ist45960122790
122. ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения. https://avitekengineering.ru/upload/iblock/995/gost_28195_89_ocenka_kachestva_programmnykh_sredstv.pdf?ysclid=lryy7qnfcl724080179
123. GPT-4 Technical Report https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1706532976&tld=ru&lang=en&name=gpt-4.pdf&text=gpt-4%20technical%20report%20presents&url=https%3A%2F%2Fcdn.openai.com%2Fpapers%2Fgpt-4.pdf&lr=10716&mime=pdf&l10n=ru&sign=e95641e02a8d92b48f4e0a0745c153c4&keyno=0&serpParams=tm%3D1706532976%26tld%3Dru%26lang%3Den%26name%3Dgpt-4.pdf%26text%3Dgpt-4%2Btechnical%2Breport%2Bpresents%26url%3Dhttps%253A%2F%2Fcdn.openai.com%2Fpapers%2Fgpt-4.pdf%26lr%3D10716%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3De95641e02a8d92b48f4e0a0745c153c4%26keyno%3D0