

«АСУ с ИИ» – решаемые задачи и принципы построения



Александр ГЕРАСИМОВ,
сооснователь аналитической
компании N4A

Автоматизированные системы управления с искусственным интеллектом (АСУ с ИИ)

Чем принципиально АСУ с ИИ отличаются от обычных АСУ, широкое применение которых началось 50 лет назад, в 1970-х годах? Способностью к самоадаптации (самооптимизации) за счет наличия интегрированной цифровой модели объекта управления, накопленных данных телеметрии от объекта управления, и, соответственно, возможности «прокручивая» данные через самообучающиеся на этих данных модели, с возрастающей точностью просчитывать оптимизационные сценарии и выбирать из них наилучший в конкретный момент времени (рис. 1). Результат – повышение эффективности использования ресурсов объекта управления.



Виталий АНТОНЕНКО,
независимый эксперт по сетям связи
нового поколения

Возможности по оптимизации значительно расширяются, если рассматривать АСУ и объект управления не как изолированную систему, а как взаимодействующую с АСУ других объектов, вовлеченных в единую цепочку создания добавленной стоимости, где каждый из элементов цепочки стремится к наиболее оптимальному

состоянию в конкретный момент времени. Такие взаимодействующие АСУ с ИИ, то есть самоадаптирующиеся системы, формируют технологическую основу цифровой экономики будущего, значительно более рациональной, чем существующая, и представляют собой генеральный тренд развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на десятилетия вперед.

Понятно, что задача по их созданию столь науко- и трудоемка, что потребует триллионов рублей инвестиций. В связи с чем возникает вопрос: какой подход к развитию инноваций сложился сейчас? Насколько он соответствует столь масштабной задаче?

Зачем нужны новые технологии и как их развивать

Чтобы ответить на вопрос о правильных и неправильных подходах к развитию инноваций в ИКТ, давайте спросим себя: а зачем, в принципе, нужны новые технологии? Ответ очевиден: чтобы решить нерешаемые в сложившейся технологической и социально-экономической парадигме ключевые



Рис. 1. АСУ с ИИ – кибер-компоненты самоадаптирующейся кибер-физической системы

проблемы, стоящие перед обществом, то есть нерешаемые имеющимися технологиями и бизнес-моделями. Новые технологии – это всегда большие инвестиции, которые можно окупить, только если решать реально существующие в обществе принципиальные для его дальнейшего развития проблемы. Поэтому так важно понимать направление развития технологий и создавать новые в соответствии с этим пониманием.

Именно на этом концептуальном уровне и существует проблема, без решения которой дальше двигаться вряд ли возможно. А именно: в последние годы в России сложилась дуополия подходов к развитию новых технологий. Как ни странно, ставку на прорывные перспективные технологии делают отнюдь не продуктовые ИТ-компании, а внутренние службы разработки компаний, позиционирующих себя как центры формирования цифровых экосистем. Это различные маркетплейсы, финансовые организации, развивающие цифровые банковские и страховые услуги, логистические компании нового поколения, провайдеры облачных ИКТ-сервисов – они создают действительно прорывные услуги, базирующиеся на самых современных технологиях, и вносят значительный вклад в их развитие. Но их усилий, разумеется, недостаточно.

Подход продуктовых ИТ-компаний, то есть компаний, разрабатывающих тиражные ИТ-продукты, пока иной. Будучи ориентированными на «традиционных» заказчиков, в последние годы они делают ставку на импортозамещение. В этом слове многим режет слух вторая часть, ведь замещение означает не просто признание факта отставания, но и его «цементирование». Давайте заместим то, что разработано несколько десятилетий назад в других странах, на свое аналогичное. Но зачем? С тех пор технологии перестали развиваться?

Возьмем, например, широко обсуждаемую в ИКТ- кругах тему – сетевую безопасность. Уже третий десяток лет существует и широко

применяется такая прорывная по состоянию на начало нулевых годов технология, как «Межсетевой экран нового поколения» (Next Generation Firewall, NGFW). Идея NGFW – в фильтрации трафика не только на уровне портов и IP-адресов, но и на уровне приложений. Помните волны, мягко говоря, непонимания от российских разработчиков МСЭ в сторону создателя этой технологии – компании Palo Alto Networks. «Это все маркетинговые штучки». Но спустя 25 лет оказалось, что технология действительно хорошая, давайте импортозаместим. Отчасти даже получилось – для малых скоростей, судя по опросу журнала «КОННЕКТ». Одна проблема: за эти 25 лет концептуально и угрозы сетевой безопасности, и, разумеется, средства борьбы с ними ушли далеко вперед. Например, еще лет десять назад выяснилось, если архитектурно разделять трафик по приложениям (например, SFC/SD-WAN), снижается потребность в глубокой фильтрации на высоких скоростях. Что, в свою очередь, привело к пониманию, что вся операторская сеть связи может быть не просто «трубой», а средой обеспечения сетевой безопасности, причем с измеримым и управляемым SLA, индивидуальным для каждого из приложений. Практическая реализация этого подхода операторами наложенных сетей нового поколения стала пререквизитом бурного развития услуг страхования киберрисков, изменения позиционирования ведущих вендоров сетевой безопасности с продуктового на сервисное, и множества других довольно кардинальных изменений, за несколько лет буквально до неузнаваемости преобразивших ландшафт глобального рынка кибербезопасности.

Но вернемся к заявленной теме про АСУ с ИИ, то есть к автономным от человека самоадаптирующимся системам управления. Применительно к управлению системами сетевой безопасности отмечу, что операторы нового поколения, такие как Zscaler, Mimecast, Cloudflare и другие наиболее близко

подошли к реализации концепции автономных сетей, используя те самые АСУ с ИИ, в отличие от традиционных операторов, которые остаются на уровнях автономности L0L1 (по TM Forum/3GPP), без перехода к более высоким уровням. Более подробно об этом можно почитать в публикации «КОННЕКТ» 2022, № 1–2, стр. 50–55, и в отчете по исследованию перспектив автономных сетей, выполненном автором в 2021 году для Ростелекома и Huawei¹.

Проблема дефицита кадров и возможная роль новой технологии – АСУ с ИИ, в ее решении

Ключевые проблемы в российской экономике сейчас – это высокая ставка по кредитам и дефицит кадров. Если первая проблема зависит от решения ЦБ, то со второй, носящей фундаментальный характер, все намного сложнее. Возможно ли хотя бы теоретически решить проблему дефицита кадров с помощью технологических новаций, основанных на АСУ с ИИ, или же помогут только «новации» тысячелетней давности вроде завоза в страну 1 млн. индусов²?

Для начала переформулируем вопрос: почему идея экстенсивного подхода – «завезем миллионы индусов» – плоха и чем интенсивный подход, базирующийся на новых технологиях, лучше?

Дело в том, что нагрузка на любой вид ресурсов, что сетевой и вычислительный, что кадровый – неравномерна и меняется во времени с большой амплитудой. Применительно к кадровому ресурсу эту азбучную истину подтвердил проведенный недавно N4A опрос. Поэтому и дефицит возникает не вообще, а в конкретные промежутки времени в конкретных локациях. Причем у разных работодателей в разные. Следовательно, более красивым решением мог бы стать маневр персоналом. Причем наиболее впечатляющим решение получается, если этот маневр мог бы быть скоординирован между

¹ <https://www.company.rt.ru/press/news/d461174/>

² <https://www.rbc.ru/society/09/07/2025/686e4e9e9a79470e09f54e1f>



Рис. 2. Основные модули WFM и подходы к их внедрению

различными работодателями, заявленными в единую производственно-логистическую-торговую цепочку.

Для осуществления такой смелой концепции нужны те самые АСУ с ИИ и автоматическое взаимодействие между ними.

Начнем с самой возможности маневра. Как известно, штатным персоналом, не находящимся на сдельной или повременной оплате, особо не поманеврируешь. Так что эта часть, в основном официальные работники, отпадает. Но она относительно немногочисленна и дефицит там не так сильно выражен. Основной дефицит – в массовых рабочих специальностях, которые составляют 70–80% всех рабочих мест в России³. И как раз их труд оплачивается преимущественно сдельно или по времени (по сменам). Таким образом, возможность маневра для большинства рабочих мест в России существует.

Теперь как маневрировать – тут нужны три составляющие:

- Система прогнозирования нагрузки на персонал, способная с необходимой точностью и детализацией предсказывать волатильность нагрузки.
- Система планирования, способная составить оптимальный план использования персонала, например план смен при посменной работе.

- Процессы и регламенты, желательно высокоавтоматизированные, позволяющие реализовать план на практике.

При наличии принципиальной возможности маневра персоналом, первые две части – «дело техники», хоть и довольно сложной.

Как показало проведенное в N4A исследование, примерно с 2023 года крупные работодатели, особенно работающие в сфере розничной торговли и логистики, а это основные работодатели для массового персонала низкой и средней квалификации, перешли от отдельных «пилотов» к быстрому масштабированию систем класса WorkForce Management (WFM). Изначально созданные для очень узкой задачи – планирования смен персонала колл-центров, – они оказались очень кстати и для других сфер применения, испытывающих выраженный дефицит персонала.

Однако возникла фундаментальная проблема. Если транзакционные модули системы, отвечающие за учет и контроль отработанного времени, можно использовать тиражные, «из коробки», то два ключевых модуля – планирования и прогнозирования, нет (рис. 2). Специфика даже схожих видов бизнеса так велика, что никакие шаблоны здесь не применимы. Более

того, прогнозные модели столь сложны, что реализовать их можно только как самообучаемые на большом объеме данных, то есть как те самые АСУ с ИИ.

Все это ограничило круг компаний, способных полноценно внедрить WFM теми, у кого имеется развитая служба собственной разработки, с опытом работы со сложными ИИ-моделями. Наибольшая степень готовности к решению этой задачи оказалась у крупных торговых сетей. Большинство из них еще до внедрения WFM реализовали функцию автозаказа товаров: директоры торговых точек этим не занимаются, заказ формируется автоматически. Функция автозаказа базируется на сложных предиктивных аналитических ИИ-моделях, предсказывающих спрос с необходимой детализацией. «Докрутить» к этим моделям функционал предсказания нагрузки на персонал оказалось вполне решаемой задачей. Аналогично и с функцией планирования.

То есть первый барьер преодолели немногие. Но он оказался не последним и далеко не самым сложным. Главная проблема – в исполнении плана.

Пики нагрузки на персонал внутри суток небольшие по продолжительности, чтобы их закрывать, надо дробить обычные длинные смены. Но как мотивировать персонал выходить на короткие смены? Только повышением уровня удельной оплаты, то есть час краткой смены должен стоить дороже, чем длинной. Или доставка заказа в пик нагрузки – дороже, чем обычно. А как эту стоимость рассчитать? Для проведения такого расчета нужна интеграция WFM с другими корпоративными информационными системами и внедрение модулей сценарного планирования, просчитывающих сценарии почти реальным временем. Это на грани возможного даже для продвинутых в ИТ-плане компаний с большим опытом внутренней разработки.

Но и это еще не все. Пики нагрузки внутри суток не только

³ <https://www.demoscope.ru/weekly/2007/0277/analit04.php>

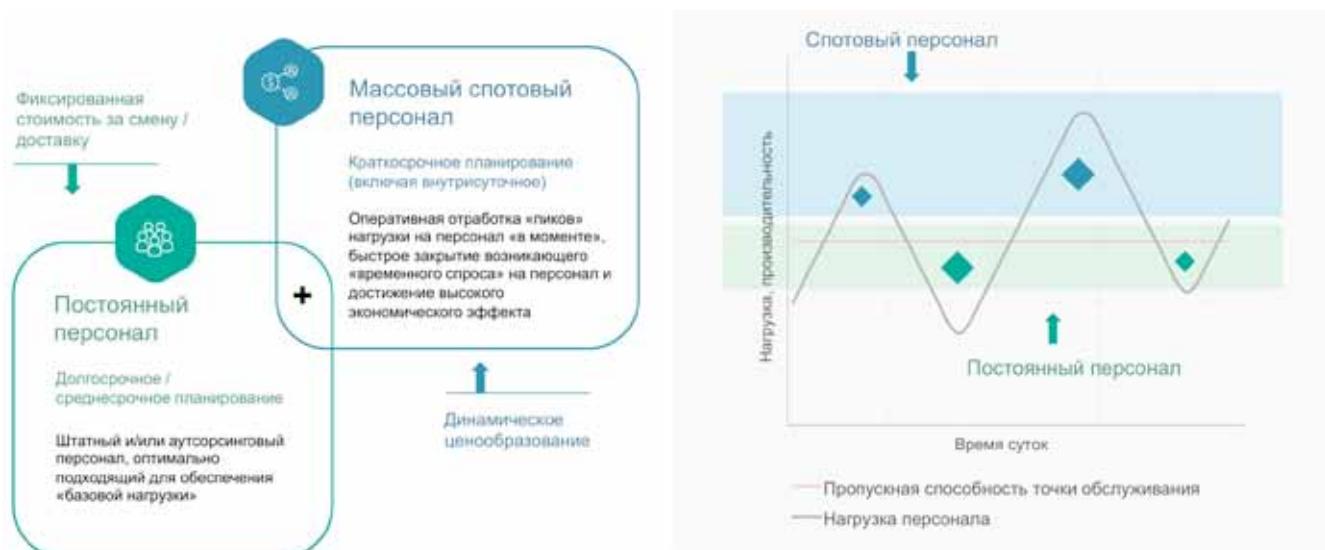


Рис. 3. Гибридная модель найма с массовым привлечением «спотового» персонала

непродолжительны по времени, но и велики по амплитуде, поэтому маневра штатным персоналом с использованием внутренних «бирж смен» недостаточно. Нужен внешний персонал, то есть гибридная модель (рис. 3). Но в отличие от ИТ-рынка, на рынке труда нет своего Яндекса или AWS.

Чтобы привлекать дополнительный внешний персонал во время пиков нагрузки, необходима специализированная цифровая платформа, способная автоматически взаимодействовать с WFM-системами работодателей, выступая формальным работодателем для «спотового» персонала. Базовый функционал, который необходимо реализовать на стороне «спотовой»

биржи – это автоматическое определение оптимальной (балансирующей) цены, при которой в максимальной степени закрываются выставленные работодателями потребности в персонале, но удельная стоимость персонала не превосходит «выигрыш» работодателя от выхода персонала на работу (рис. 4). Так формируется баланс интересов, но не вообще, а именно в моменте.

Для автоматического взаимодействия со «спотовой» биржей персонала на стороне работодателя должно автоматически выполняться не только прогнозирование и планирование спотовой потребности в дополнительном персонале. Нужен еще расчет допустимого диапазона

удельной оплаты труда (в час, за единицу выполненной работы), которая определяется размером маржи возможной недополученной в случае отсутствия дополнительного персонала выручки.

Как показал опрос директоров по персоналу, проведенный N4A, осознание необходимости создания «спотовой» биржи персонала уже начинает формироваться.

Но и «спотовой» бирже недостаточно для полноценного решения проблемы дефицита кадров. Если пики потребности нескольких работодателей наложатся друг на друга по времени и месту, то спрос на персонал может оказаться настолько высок, что его пиковая стоимость превзойдет возможный



Рис. 4. Схема взаимодействия WFM работодателя с цифровой биржей «спотового» персонала



Рис. 5. Сквозная оркестрация потребности в персонале всех звеньев кооперационно-логистической цепочки

выигрыш работодателя. В этом случае необходим еще более сложный механизм, известный в телекоме под названием «кросс-доменная оркестрация», в сочетании с динамическим ценообразованием на ресурсы всех вовлеченных доменов⁴.

Применительно к задаче перебалансировки нагрузки на кадровый ресурс, кросс-доменная оркестрация состоит в перепланировании как минимум соседних звеньев кооперационной цепочки, или же всей цепочки целиком (рис. 5). Например, в пики нагрузки стоимость обработки груза на складе резко вырастает, что стимулирует грузоотправителя пересмотреть время его отправки. Это, в свою очередь, требует автоматического взаимодействия между АСУ с ИИ грузоотправителя, транспортной компании и склада.

Предпосылки к реализации автоматической кросс-доменной оркестрации потребностей в персонале разных работодателей уже есть: в магистральной и складской логистике широко применяется механизм аукционов на окна разгрузки, в логистике «последней милии» – привлечение внешних логистических компаний для доставки заказов через механизм аукционов и т. п. Все это на динамической основе, то есть изменение в АСУ одного

хозяйствующего субъекта становится триггером для автоматического перепланирования в системе его контрагента. Таким образом, ничего принципиально невозможного тут нет, и набор относительно простых взаимодействий между соседними звеньями кооперационной цепочки может со временем трансформироваться в сквозную оркестрацию (перепланирование) всей кооперационной цепочки.

Также важно отметить кросс-индустриальный характер конкуренции за персонал низкой и средней квалификации. Так, например, промышленность конкурирует за рабочий персонал с логистикой и торговлей, а те, в свою очередь, со сферой услуг. И выигрывает тот, кто эффективнее использует этот ресурс и делится частью этой возросшей эффективности с работником в виде более высокого его дохода при сдельной и повременной оплате. Поэтому никому из работодателей, ориентированных на массовый персонал, не получится отсидеться в стороне и ничего не делать.

Принципы цифровой экономики

По определению, экономика – это сумма взаимодействий

хозяйствующих субъектов, возникающих в процессе создания, распределения и потребления добавленной стоимости. До недавнего времени эти взаимодействия осуществлялись только людьми: даже взаимодействие бизнесов было взаимодействием персонала этих бизнесов.

Феномен автоматического взаимодействия способных к самооптимизации АСУ различных хозяйствующих субъектов интересен тем, что это принципиально новый вид взаимодействия, трансформирующий привычную экономику в цифровую. Изучение формирующихся принципов такого взаимодействия имеет практическую ценность – оно необходимо для понимания логики, которую следует реализовать в АСУ нового поколения, а также технологических и смысловых⁵ подходов к их интеграции. Речь как об АСУ хозяйствующих субъектов, так и об АСУ, выполняющих функции их оркестрации.

Впервые принципы взаимодействия АСУ с ИИ, включающие не только технические, но и экономические аспекты, были описаны авторами в 2020 году применительно к задаче кросс-доменной оркестрации в сетях 5G⁶. Особенность в том, что взаимодействуют

⁴ <https://ieeexplore.ieee.org/document/9209692/>

⁵ Взаимодействующие системы должны «понимать» друг друга, для чего необходим общий понятийный аппарат

не обычные АСУ, а АСУ, способные к самоадаптации, то есть их цель – достижение наиболее оптимального состояния объекта управления в конкретный момент времени с учетом текущего и прогнозного состояния его кооперационного окружения. Главный вывод – наличие оптимизирующего ядра в каждой из таких АСУ и спая оркестрации делает невозможными широко распространенные в привычной нам экономике модели игры с нулевой или отрицательной призовой суммой, пагубно влияющие на устойчивость кооперационных цепочек. На этапе сценарного моделирования система автоматически отбросит сценарии, приводящие к экономическому проигрышу управляемого им объекта. Это означает также, что между АСУ с ИИ возможно только взаимодействие «равный с равным», ни одна система не может приказать другой согласиться на сценарий, приводящий к ее проигрышу. Третий принцип – ничто не зафиксировано, но все управляемо – необходим для максимизации количества возможных сценариев, расширения пространства вариантов действий, чтобы повысить вероятность наличия среди них такого, который бы устроил всех участников кооперационной цепочки. А гарантией исполнения этих принципов как раз является новый вид взаимодействия автономное, то есть взаимодействие кибер-компонент без непосредственного участия человека (рис. 6). Очевидно, что построенная на таких принципах цифровая экономика будет более устойчивой, справедливой и рациональной, нежели существующая сейчас.

Предложенные авторами принципы кросс-доменной оркестрации были реализованы в пилотном проекте – гибридном мультиоблачке, в состав которого входили два независимых облачных провайдера и оператор магистральной сети связи, предоставляющий им сетевую емкость по требованию для обеспечения связности мультиоблачка⁷. Последующие исследования, выполненные Н4А, показали

Три принципа взаимодействия в сквозных процессах



Три вида взаимодействия в сквозных процессах

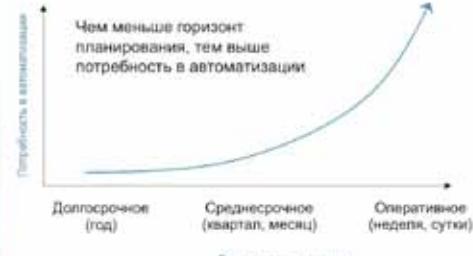
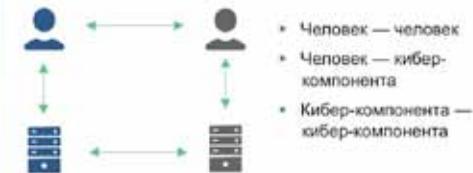


Рис. 6. Сквозная оптимизация в B2B2C-цепочках: динамический win-win для всех участников

универсальность предложенных принципов. Так, например, они применимы и к оркестрации использования кадровых ресурсов в сложных цепочках создания добавленной стоимости, как это отмечено выше.

Выводы

АСУ с ИИ – ключевой технологический элемент построения цифровой экономики. Разработка и внедрение таких систем является чрезвычайно сложной стратегической задачей, открывающей принципиально новые возможности как для бизнесов-потребителей ИТ, так и для ИТ-разработчиков. Снижение остроты проблемы дефицита персонала – одна из таких возможностей, но далеко не единственная.

Создание АСУ с ИИ требует скординированного развития множества видов информационно-коммуникационных технологий. Поэтому так важен правильный подход – развивать ИКТ-продукты и технологии следует на основе четкого понимания долгосрочных тенденций, определяемых потребностями в решении ключевых проблем общества и экономики, сколь сложными бы они ни выглядели.

Чтобы «съесть слона по частям», существует принцип единства дальних и ближних целей, сформулированный академиком АН СССР В.М. Глушковым: «Не следует заниматься какой-то конкретной ближней задачей, не видя дальних перспектив ее развития. И наоборот, никогда не следует предпринимать дальнюю перспективную разработку, не продумав, нельзя ли ее разбить на такие этапы, чтобы каждый отдельный этап, с одной стороны, был шагом в направлении этой большой цели, а вместе с тем он сам по себе смотрелся как самостоятельный результат и принес конечную пользу»⁸. Бизнесы, позиционирующие себя в качестве центров формируемымими цифровых экосистем, очень близки к именно такому подходу к развитию ИКТ, в отличие от продуктовых ИТ-компаний.

Возвращаясь к проблеме дефицита кадров, отмечу что именно этот принцип уже реализуется наиболее продвинутыми работодателями, и остальным не следует оставаться в стороне. Как было сказано выше, конкуренция за персонал низкой и средней квалификации не знает отраслевых границ, и никаких защищенных от этой конкуренции отраслей не существует. ■

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=9YdYQw8KA5o>

⁷ <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=TuzDDZT4NL4&t=7s>

⁸ https://www.computer-museum.ru/books/vt_face/4_glushkov_3.htm