

1.3. ПОДДЕРЖКА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Райков А.Н., д.т.н., профессор ИАУ РАН, Москва
Коротаев Д.А., магистрант РАНХГС, Москва

Работа посвящена определению проблем и основных направлений их разрешений в области интенсификации становления инновационной среды за счет применения перспективных методов искусственного интеллекта (ИИ) в условиях цифровой экономики. Проведена оценка состояния различных подходов формулирования и разрешения этих проблем в мировой науке и практике. Построена обобщенная для различных стран эталонная архитектурная модель деятельности в инновационной среде при поддержке сквозных цифровых технологий и ИИ. Предложен авторский конвергентный подход для обеспечения целенаправленности и устойчивости развития междисциплинарных инновационных процессов, включая коллективный синтез инновационных идей и решений, при высокой неопределенности целей и в условиях динамически сегментированного рынка. Этот подход опирается на методы решения обратных задач в топологических пространствах. Обоснована целесообразность и предложен механизм инвестиционной поддержки поэтапного развития большого множества инновационных процессов, в которых на определенных этапах инициативу стимулирования перехватывает бизнес. В качестве инструментов выстраивания этапности развития инновационных процессов использованы сложившиеся за многие годы в мировой инновационной практике методики и технологии структурирования функций качества и оценки технологической, производственной и рыночной готовности инновационного продукта (TRL/MRL/CRL). Отмечена особая роль при этом распределенных экспертных процедур, на которые ложится основная нагрузка коллективного синтеза стратегических новшеств. Показана уникальная роль систем ИИ и других сквозных цифровых технологий для ускорения междисциплинарных инновационных процессов. В качестве практической реализации перечислены примеры применения предложенного подхода к обеспечению поддержки развития инновационной среды с применением средств ИИ в реальной практике государственного управления.

1. Введение

Проблемой развития любой инновационной среды, как известно, является разрешение фундаментального противоречия между сложившимся консервативным трендом развития продуктовой политики, имеющим, как правило, инерционный характер, и потребностью в формировании неординарных новшеств в генерации продуктов и услуг, которые должны характеризоваться стратегическими особенностями – быть оригинальными, непохожими на других. Вместе с тем в условиях цифровой экономики процесс стремительного накопления опыта, знаний и данных с последующей их аналитической обработкой имеет склонность к инерционной экстраполяции на будущие устаревших проектных решений. Это, в свою очередь, порождает высокий риск порождения стереотипов при проведении работ, производстве продукции и предоставлении услуг. Не является исключением и использование здесь продвинутых средств искусственного интеллекта (ИИ), которые также базируются на методах обучения на ретроспективных данных и, тем самым, допускают возможность попадания создаваемой инновации в ловушку обыденности.

В производстве товаров, формировании и предоставлении услуг может участвовать большое количество специалистов, организаций и предприятий, регионов и даже стран. Довольно хаотичным в условиях рынка видится построение цепочек добавленной стоимости, цепочек создания ценности и пр. Под цепочкой здесь понимается некая структура конструктивного взаимодействия различных участников, которые делают проектное решение, создают продукт, услугу или ценность для удовлетворения потребности человека, общества, страны, глобального рынка. На это построение все больше оказывает влияние междисциплинарный фактор, когда множество специалистов и ученых из различных областей знаний прикладывают свои усилия для генерации чего-то нового, чтобы результирующее новшество носило оригинальный характер хотя бы потому, что все придуманные и опробованные предыдущие решения в стратегическом прорыве успеха особого не имели. Это относится как к производству товаров и услуг на всех уровнях государственного управления, так и формированию научных знаний.

Специфика совершенствования инновационного производства и технологий характеризуется высоким уровнем неопределенности, невозможностью представить эти процессы в формализованном виде. Значительную роль в этих процессах играют когнитивный, творческий, эмоциональный, репутационные факторы, что, как следствие, не позволяет свести задачу совершенствования процессов к традиционной математической модели с последующей оптимизацией решения. Поэтому в инновационные процессы включаются экспертные процедуры и когнитивное моделирование, которые подразумевают оперирование понятиями, обогащение логических модельных репрезентаций неформализуемой эмоциональной и эстетической семантикой. Стандартная ситуация, связанная с построением любых инновационных разработок, определяется с учетом технологического, производственного и рыночного контекстов.

Технологический контекст охватывает:

- научные исследования и разработки (стартапы);
- собственно технологии, которые создают образцы и эффекты;
- программное обеспечение;
- инструктивные, нормативные, методические и другие документы и др.

Производственный контекст включает:

- менеджмент на производстве;
- конечные решения в виде продуктов и услуг;
- технологическое и испытательное оборудование и др.

Рыночный контекст характеризуется:

- потребительскими характеристиками;
- эффектами от внедрения;
- емкостью рынка продукции или услуг и др.

Россия за последние годы накопила весомый опыт реализации отдельных этапов инновационного и внедренческого процесса. Так, в начале нулевых годов в регионах России создавались для этого центры трансфера технологий, которые должны были обеспечить трансформацию результатов прикладных научных исследований в конкурентоспособный продукт. С 2005 г. проводилась целенаправленная работа по формированию пяти международных (по всем континентам) центров научно-технического и инновационного сотрудничества с целью доведения российской научно-технической продукции до конкурентоспособного мирового уровня. Длительная реализация политики импортозамещения показала плюсы и минусы отдельных организационных и технологических решений в области производства отечественной высококачественной продукции и достижения конкурентоспособного уровня. Интенсивно изучается зарубежный опыт управления интеллектуальной собственностью; например, осваивается опыт Китая, который в 2008 г. принял нормативные акты, создал соответствующую организационную и цифровую блокчейн-инфраструктуру для поддержки управления интеллектуальной собственностью. В 2018 г. в России по планам развития цифровой экономики осуществлена попытка встроиться в мировые тренды развития внедренческих технологий, в частности создана упрощенная система оценки из 35 показателей рыночной потребности [1]. В настоящее время в России на мировом уровне организована работа фондов развития для поддержки начальных этапов инновационного процесса (Российский научный фонд, Фонд содействия инновациям, фонды-акселераторы и др.).

Вместе с тем в мировой практике еще остается множество нерешенных вопросов в области совершенствования средств поддержки инновационных технологий. Так, в последнее время с особой остротой встал вопрос организации междисциплинарной деятельности, подразумевающей ускоренную коллективную работу множества ученых и специалистов, между которыми всегда существовали высокие барьеры для достижения взаимопонимания и совместного синтеза идей и проектных решений. Примером может служить совместная генерация идей в области энтомологии и ИИ, ИИ и астрофизики и др. Повышение сложности решаемых проблем с производством новой продукции и предоставлением услуг, особенно наукоемких, заставляет сейчас больше акцентировать внимание ученых и специалистов на расщеплении этих сложных проблем на части с последующей сборкой и синтезом оригинальных инновационных решений. Остается актуальным также вопрос ускорения достижения согласия и повышения качества междисциплинарной экспертной деятельности, когда в оценочной группе участвуют эксперты различных специальностей. Попытке подойти к ответу на эти вопросы с учетом возможностей цифровых технологий и систем ИИ посвящена настоящая статья.

1. Мировые тренды цифровой поддержки производства инноваций

Критерии аналитического обзора, учитывающие особенности цифровой поддержки инновационных технологий, могут быть следующими:

- совокупная направленность научно-исследовательской и производственной деятельности на рыночную потребность;
- экспертная поддержка инновационного процесса с обеспечением стратегического согласия;
- использование сквозных цифровых технологий в инновационном производстве;
- продвинутые подходы к созданию информационных систем на архитектурных принципах.

Основной мировой тренд в решении вопроса разработки и особенно внедрения инноваций можно охарактеризовать интеграцией научно-исследовательской и производственной деятельности с обеспечением синхронизации уровней готовности (инновационного продукта, услуги): технологической, производственной, потребительской (соответственно, TRL/MRL/CRL), см., например, по TRL [2]. Этот тренд предполагает создание специальной экспертной среды, обеспечивающей оценку готовности продукта и упорядочение государственной поддержки его разработки для устранения разрывов между достигнутым уровнем научно-технического задела и потребностью рынка, а также наведению мостов между этапами научных исследований и разработок (R&D), коммерциализацией и запуском новой продукции на рынок.

Такой уровневый подход позволяют сложную проблему генерации инноваций и обеспечения их конкурентоспособности решить по частям, а затем собрать части в единое целое, сделать процесс прозрачным и хорошо управляемым. Процесс синхронизации уровней готовности можно проиллюстрировать схемой (в части TRL/MRL), приведенной на Рис. 1.

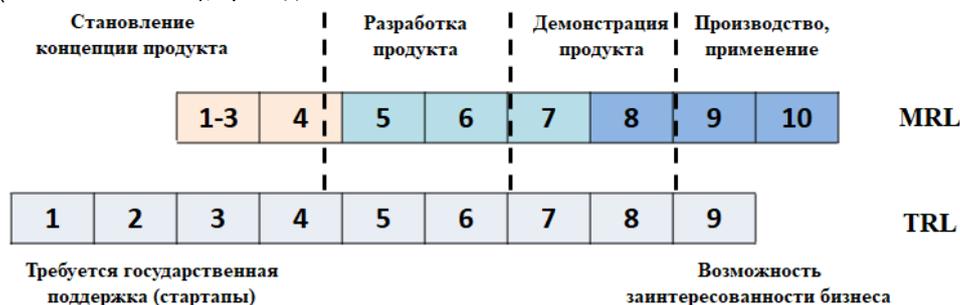


Рис. 1. Наложение этапов оценки уровней готовности инновационного продукта (услуги)

Приведенная на Рис. 1 схема предполагает выделение в процессах разработки и внедрения инновационного продукта от идеи до рынка до 9–10 этапов на каждом из трех отмеченных уровней (всего насчитывается 28 этапов). По каждому этапу дается оценка по набору до 45 показателей. При этом на независимую оценку поэтапной готовности выделяется 10–15 процентов стоимости самого проекта (например, в NASA). Продвинутые мировые компании считают такие расходы на независимую оценку экономически оправданными. Оказалось, наиболее сложно преодолеть отдельные этапы, особенно внедрения, что можно проиллюстрировать рис. 2 (показано на примере TRL). Замечено, что бизнес начинает вкладывать инвестиции, начиная с 8 этапа. Между этапами 4 и 5, а также 7 и 8 отмечаются наиболее рискованные промежутки в создании и реализации инновационного продукта.



Рис. 2. Наиболее сложные этапы продвижения инновационной технологии

Особое место в поддержке инновационного процесса в мировой практике занимает использование методов ИИ. Уже в начале 1990-х для оценки инвестиционной привлекательности деятельности и кредитоспособности клиентов в мировой практике начали применяться нейронные сети.

Современные средства ИИ и анализа больших данных обеспечивают верификацию (проверку) оценочных мнений экспертов и автоматизации построения различных моделей для поддержки инновационных решений. Для охвата слабоформализуемых аспектов инновационного процесса используются нечеткие когнитивные технологии. Когнитивное моделирование помогает поддерживать стратегическое планирование инновационного процесса со сложными критериями и нечеткими целями. Когнитивные модели, в том числе нечеткие когнитивные карты (FCM), используются для решения различных проблем, связанных с плохо определенными ситуациями. Они могут быть построены полуавтоматически и экспертами. Модели FCM начинают создаваться автоматически; этот подход относится к набору технологий мягких вычислений, которые сочетают в себе элементы нечеткой логики и рекуррентных нейронных сетей.

Примеры областей, в которых применяются нечеткие когнитивные модели и нечеткие подходы, включают создание экосистем [3], развитие экономических систем [4], управление рисками проектов [5], информационную безопасность [6], классификацию образов [7], управление промышленными системами [8] и другие. Преимущество методов создания FCM состоит в гарантированной сходимости к точкам равновесия, но для этого необходимо использовать большие данные нечетких правил. В [9] введена новая схема для FCM с функциональными весами, сохраняющая свойства сходимости при классификации событий. Это снижает требования к памяти и вычислениям, а также потребность во вмешательстве человека.

Особый интерес в построении цифровых систем для перспективной поддержки инновационных процессов представляют проектные решения в области ИИ, которые обеспечивают возможность выявления и генерации некаузальных явлений, то есть таких, для которых трудно найти причину появления. К таковым относятся результаты творческой деятельности, формируемые в виде научного инсайта. Именно они могут породить стратегическую инновационную оригинальность. К таким решениям в области ИИ стоит отнести построение когнитивных архитектур [10] и эволюционное моделирование (генетические алгоритмы) [11].

Наиболее трудным для обеспечения цифровой поддержки инновационного процесса является репрезентация неформализуемых аспектов технологии, в том числе выраженных на предметном языке

пользователя. В ее разрешении может помочь архитектурный подход к проектированию информационных систем [12, 13].

Сочетание перечисленных аспектов инновационной деятельности в контексте внедрения цифровых технологий и ИИ позволяет по-новому подойти к построению прорывной архитектуры информационной системы ее поддержки.

2. Нацеленность на рыночную потребность

Существенным отличием научно-исследовательской деятельности, которая характерна для начальных этапов инновационного процесса, от инновационной деятельности в целом является четкая направленность последней на рыночную потребность. Между первой и второй деятельностью требуется построить технологический мост, в том числе с помощью процедур оценки готовности инновационного продукта, экспертной поддержки и пр. Для этого рыночная опора моста может быть реализована с применением различных маркетинговых инструментов.

Например, для оценки сегментированной рыночной потребности может быть использован классический метод структурирования функций качества, который основывается на поэтапной сетевой экспертизе [14, п. 2.5]. Составление списка потребительских требований и их перевод в требования к набору контролируемых характеристик конечного продукта, а затем инжиниринговых характеристик (способов, инструментов, технологий производства) может включать порядка десяти этапов.

На начальном этапе осуществляется составление списка требований к инновационной продукции или услуге на языке потребителей. Это начальные внешние требования, которые выражают пожелания потребителей. Таких требований для одного сегмента рынка может быть порядка 100 (скорость; цвет; удобство и др.). Далее эти требования подлежат парному сравнению по важности, то есть проводится ранжирование потребительских характеристик.

Следующий этап связан с экспертным формулированием инжиниринговых характеристик новой продукции, правильный подбор значений которых должен обеспечить удовлетворение потребительских требований. Список таких характеристик обычно бывает много длиннее списка потребительских требований (мощность компьютера, робототехника и др.).

Далее осуществляется проверка соответствия подобранных инжиниринговых характеристик потребительским требованиям, для чего заполняется соответствующая матрица. Эта работа требует подключения множества экспертов различных специальностей.

После этого, собственно, наступает этап, инициирующий инновации. На нем экспертами выявляются противоречивые инжиниринговые характеристики к инновационной продукции. Например, «скорость вычислений должна расти», а «число вычислительных элементов уменьшаться». Такое противоречие требует организации отдельной научно-исследовательской работы, в результате которой вырабатывается оригинальное ноу-хау, делающее продукт уникальным, оригинальным и имеющим высокий уровень конкурентоспособности.

Может быть выделен этап бенчмаркинга, который может привести к реализации процедур организации совместной деятельности различных компаний, и даже слиянию или поглощению. Дальнейшие этапы связаны с производством и выводом продукта на рынок.

Вместе с тем приведенный Классический маркетинговый подход в условиях цифровой экономики далеко не всегда работает. Потребность рынка колеблется слабо предсказуемым образом, много неопределенностей, и традиционные методы маркетинга не могут адекватно решать задачи прогнозирования. Поэтому приходится использовать комплексный подход, в том числе реализуемый автоматизировано с применением методов анализа больших данных и систем ИИ [15].

В работе [1] на основе авторской конвергентной методологии предложен подход для автоматизированной оценки потребностей секторов экономики в инновационной продукции, а также для ускоренного преодоления разрыва между достигнутым уровнем существующего научно-технического задела и существующими потребностями в инновационной продукции. Эта методология обеспечивает необходимые условия для сходимости междисциплинарных процессов коллективного целенаправленного принятия решений. Конвергентная методология позволяет разделить сложную проблему на несколько обозримых частей, а затем собрать их в единое целое, обеспечив необходимую синергию для получения нового решения. В этой методологии используются методы решения обратных задач на топологических пространствах, фундаментальной термодинамики, стратегического маркетинга, управления качеством, анализа больших данных и ИИ, а также групповые экспертные процедуры, реализованные в сетевой среде.

Ввод процесса оценки потребностей секторов экономики в инновационном продукте начинается с систематического сбора рыночных данных и нормативных правовых документов. Выходом является информация о рыночных потребностях по секторам экономики. При этом использовались метрики TRL/MRL в качестве основы для формирования необходимой системы критериев для отбора кандидатов инновационной продукции на государственную финансовую поддержку. В качестве критериев выбрана 3-уровневая система иерархически упорядоченных показателей.

На первом уровне иерархии находится общая оценка целесообразности государственной поддержки (по 35-балльной шкале); на втором уровне — показатели спроса на продукт, важности государ-

ственной поддержки с учетом уровня имеющегося научно-технического задела, а также показатели публичности, патентования, тиражируемости, комплексированности; на третьем уровне — около 25 детализирующих показателей (связь с реальными проектами, распространенность среди организаций, планируемая выручка от реализации, степень соответствия мировому уровню, наукометрические параметры, эффекты и др.).

3. Экспертная поддержка стратегического инновационного выбора

Для получения хорошего инновационного решения необходимо осуществить стратегический выбор пути, для чего требуется концентрация коллективного интеллекта. Для этого может быть проведено сетевое стратегическое совещание [14]. Сетевое совещание проводится с согласованной выработкой целей, формулированием проблем, построением путей действий для успешного развития и внедрения инновации. Оно ведется модератором, типовой порядок модерации стратегического совещания включает следующие этапы:

- формирование дерева целей генерации инновации;
- выявление внешних факторов, характеризующих рыночную ситуацию;
- выявление факторов, характеризующих внутренние инженерные возможности;
- формирование перечня приоритетов действий;
- оценка различных путей достижения целей (решение обратной задачи);
- подготовка рекомендаций.

Методика стратегического совещания может предусматривать построение взвешенного трехуровневого дерева целей, для чего, например, экспертами в сетевом режиме заполняются соответствующие анкеты, а затем цели оцениваются по важности известными методами парных сравнений или анализа иерархий.

Важное место в совещании может занять выявление мультиплицирующих факторов, для чего проводится оценка взаимовлияния между факторами. Такой оценке может помочь изображение этих взаимовлияний в виде матрицы, графа или когнитивной модели. При поиске ответа на вопрос: «Что надо сделать, чтобы получить оригинальную инновацию?» - (обратная задача) можно использовать хорошо известный метод эволюционных вычислений (генетический алгоритм, Рис. 3). С его помощью можно быстро определить оптимальное соотношение некоторого сочетания факторов, создающих необходимую синергию действий.

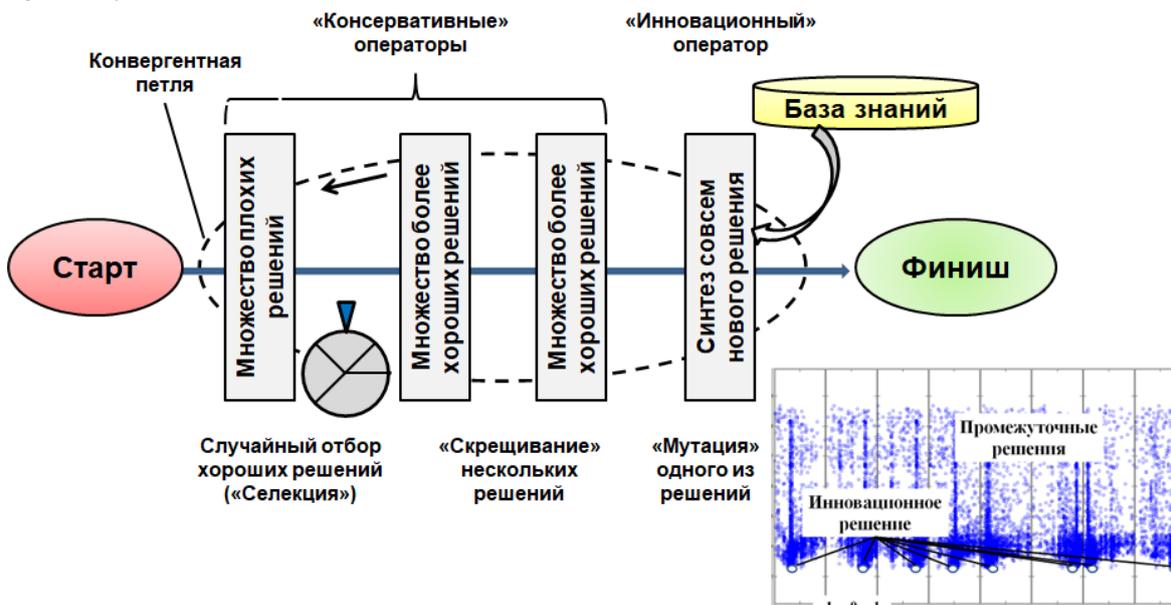


Рис. 3 Генетический алгоритм (фрагменты операций селекции и скрещивания)

Для обеспечения инновационности генетический алгоритм дает возможность вносить принципиально новые изменения в процесс синтеза оригинального решения. По всей видимости, в операторах генетического алгоритма такой уникальной способностью обладает операция мутации. Однако, в отличие от традиционных генетических алгоритмов, инновационный процесс потребует внесения дополнительных компонентов в его реализацию, например, в виде специальной базы знаний, которая обеспечит, с одной стороны, скачкообразное изменение структуры параметров решения, а с другой, будет ограничивать эти изменения рамками выбранного сегмента рынка.

Стратегическое совещание проводится экспертами, которые могут заблуждаться или иметь свои интересы, поэтому есть риск манипуляционного воздействия. Современные средства ИИ и анализа больших данных допускают более упрощенную форму верификации (проверки) мнений экспертов [16].

В разработанном в приведенной работе подходе алгоритм проверки наличия связи между двумя факторами когнитивной модели предусматривает несколько вариантов оценки:

- «Связь присутствует с высокой вероятностью» — найдены релевантные данные (документы), в которых подтверждается наличие взаимосвязи факторов.
- «Связь присутствует с низкой вероятностью» — не найдены релевантные данные, подтверждающие взаимосвязь факторов, но для каждого фактора найдена своя совокупность данных и удовлетворяется критерий близости их словарных спектров.
- «Связь отсутствует» — для каждого фактора найдена своя совокупность релевантных документов, но не удовлетворяется критерий близости их словарных спектров.

Алгоритм может быть уточнен для учета тональной окрашенности слов (сентиментов). Методы верификации модели с применением больших данных могут совершенствоваться и далее, вплоть до доведения процесса до автоматизации построения имитационной модели на основе анализа больших данных с применением средств ИИ. Для этого требуется «обучить» глубокую нейронную сеть. Вместе с тем, как показано в упомянутой работе [16], система, допускающая замену процесса верификации модели через обращение к большим данным на автоматизированное построение модели через обращение к нейронной сети, показывает сравнительно низкие значения параметров аккуратности синтеза факторов модели (30%). Последнее пока говорит о необходимости обязательного включения в инновационный процесс экспертных процедур с участием междисциплинарной группы экспертов.

4. Особенности применения ИИ для поддержки инновационных процессов

Продвинутость современных средств ИИ пока не гарантирует достижения высокого результата оригинальности. Как показано в предыдущем разделе (п. 3), аккуратность синтеза когнитивных моделей на основе анализа больших данных является сравнительно низкой, что не сможет обеспечить получения надежного инновационного решения. Существенное влияние на инновационное решение оказывает обращение к самым большим данным для обучения нейронной сети или генерации компонентов когнитивной модели, что может характеризоваться высокими рисками получения оригинального результата, поскольку настройка системы ИИ делается на основе ретроспективной информации.

Возможным путем снижения риска получения стереотипа может быть обращение именно к слабым сторонам создания систем ИИ, а именно, к методам обучения нейронных сетей на малых выборках. Такие выборки минимизируют возможность обучения нейронной сети стереотипными паттернами и приносят в процесс обучения мутационные новшества из других дисциплин, делая нейронную сеть по необходимости «междисциплинарной». Однако, следует заметить, что современная парадигма развития ИИ пока еще далека от междисциплинарных решений (это атрибут общего и сильного ИИ, о котором в настоящей статье речь не идет), поэтому в рассматриваемом инновационном процессе пока уклон делается на варианте слабого (узкого) ИИ.

Проблема малых выборок для обучения моделей ИИ известна давно, и она связана с разреженностью, недостатком, обрывом, множеством ошибок в данных. Причин недостатка данных множество: закрытая отраслевая информация, высокая цена сбора, очистки и обработки данных, отсутствие систем мониторинга. Вместе с тем обучающая выборка должна быть репрезентативной.

В настоящее время отсутствует общепринятое определение того, что такое малая выборка. Например, в работе [17] для определения такой выборки используется соотношение между объемом обучающей выборки и размерностью векторов применительно к заданному алгоритму классификации. Это определение основывается на доказанном положении, что чем больше у алгоритма классификации свободных параметров, тем меньше ошибок можно получить на обучении.

Сейчас просматривается пять базовых методов обучения на малых выборках: трансферное обучение, Байесовские методы, обучение с подкреплением, методы разметки данных, генерация синтетических данных. Трансферное обучение основано на использовании достаточно большого массива данных по смежной задаче. Байесовские методы опираются на использование в явном виде априорной информации о ее структуре. Методы разметки данных используются при наличии ограниченного набора размеченных данных, и при этом есть доступ к неразмеченной выборке большого объема. Обучение с подкреплением реализуется на больших данных, которые генерируются постепенно, и нейронная модель на потоке данных обучается.

Синтетические данные специально генерируются по определенному алгоритму для пополнения обучающей информации. Для этой цели могут корректироваться исходные данные (например, обрезка или вращение изображений), а также более сложные методы, которые направлены на аппроксимацию структуры имеющихся данных. Синтетические данные для обучения нейронной сети могут формироваться даже при условии, когда имеется только теоретический результат предсказания какого-нибудь явления. Например, многолетние теоретические исследования и предсказание наличия космических струн, существование которых довольно сомнительно, уже много лет ведутся на основе симуляции массивов данных [18].

Подсказкой в получении оригинального новшества с применением ИИ может служить операция мутации в генетических алгоритмах, которая вносит случайным образом разнообразие в процесс принятия решения. Правда, для этого стоит специальным образом сформировать эту операцию, чтобы сохранить

сходимость алгоритма к целевому решению, не имеющему четкого очертания и ограниченного совокупностью ограничений, заданных значениями потребительских характеристик выбранного сегмента рынка.

5. Эталонная модель деятельности архитектуры цифровой поддержки

В рамках озаглавленной темы основная цель архитектурного подхода состоит в обеспечении увязки сформированной стратегии развития инновационной деятельности со стратегией трансформации сложившейся организационной структуры на основе использования сквозных цифровых технологий, включая ИИ.

При реализации архитектурного подхода выдерживается принцип выделения ряда архитектурных уровней (деятельности, системного и технологического) и отдельных аспектов (данных, взаимодействия, результативности, доверия, обоснования, безопасности и пр.). Это обеспечивает независимость компонентов цифровой технологии и высокое удобство для целостного и покомпонентного проектирования цифровой системы. Для каждого уровня или аспекта строится своя эталонная модель. Применительно к инновационному процессу, например, эталонная модель деятельности в архитектурной схеме может иметь вид, приведенный на Рис. 4.



Рис. 4. Эталонная модель инновационной деятельности в разрезе архитектурного подхода

Эталонная модель деятельности отображает ситуацию, которая складывается при реализации инновационного процесса. Предложенная архитектурная схема может использоваться в качестве шаблона для увязки различных организационных структур, участвующих в инновационном процессе. На Рис. 4 аспект «Цели» предполагает как необходимость обеспечения целеполагания в самой создаваемой информационной системе, так и включение в разряд выявляемых потребительских характеристик целеполагающих параметров по исследуемому сегменту рынка. Например, в области агропромышленной деятельности в нормативных документах сформулировано порядка 40 различных целей и задач развития. Для достижения целей в каждом секторе экономики имеются программы, проекты. Их также целесообразно учитывать при выявлении потребительских характеристик сегмента рынка. Аспект «Организация» структурирует и определяет рамки организационного обеспечения инновационного процесса. Он предполагает формирование и поддержку деятельности междисциплинарного экспертного сообщества. Аспект «Выгода и результат» определяет структуру отдельных элементов деятельности сектора или отрасли экономики.

Создаваемая информационная система потребует определения количественных характеристик, определяющих эффективность функционирования организаций в исследуемом сегменте рынка, в рамках которого формируется инновационный продукт или услуга.

6. Фрагменты практической реализации

Элементы предложенного подхода цифровой поддержки инновационной деятельности реализованы авторами в различных областях государственного, отраслевого и корпоративного управления. Например, сетевой подход к организации экспертных процедур в сочетании с когнитивным моделированием использовался для поддержки процессов целеполагания в среде системы распределенных ситуа-

ционных центров, созданных для обеспечения национальной безопасности [19], при построении стратегии развития туристской деятельности в г. Москве до 2025 г. [20], разработки стратегии развития наукоградов Фрязино и Королев и др.

В ходе оценки потребностей секторов экономики в сквозных цифровых технологиях с помощью методов ИИ и аналитической обработки данных решались задачи верификации экспертных оценок этих потребностей и оценки изменения научно-технических заделов [1]. При этом отмечено, что изменение общего числа патентов в некотором рыночном сегменте может быть применено для оценки распространения технологии: быстрый рост количества научно-технических и патентных документов говорит об активизации научной и технологической деятельности в некотором направлении. Для определения этапа развития инновационного продукта может использоваться анализ прироста массы научно-технических и патентных документов.

Информационная поддержка оценки роста заделов состоит в уточнении показателей TRL, MRL и CRL, для чего использовались массивы публикаций и документов WoS, Scopus и Роспатента. Для уточнения уровня TRL выявляется динамика и количество научных публикаций и патентов, соответствующих анализируемому сегменту рынка. Низким уровням TRL (1-3) обычно соответствует сравнительно малое количество патентов, высоким уровням (4-9) соответствует скачкообразный рост числа патентов.

Для оценки уровней CRL и MRL использовалась информация об основных патентообладателях. Низкому уровню CRL соответствовало большое количество физических лиц и исследовательских организаций при одновременном отсутствии крупных промышленных компаний в списке патентообладателей. Большое количество крупных промышленных компаний в списке патентообладателей соответствует высокому уровню CRL. Для выявления уровня MRL аналогичным образом анализировалась государственная принадлежность компаний-патентообладателей.

Оценка «рыночной потребности» также выполнялась на основе материалов средств массовой информации (СМИ). Единицей данных в этом случае является документ (новость, статья и др.), опубликованный на конкретном сайте в сети Интернет. Предметом анализа выступает содержательная часть документа. Процесс сбора, обработки и представления данных в этом случае содержит следующие этапы:

- Определение границ информационного поиска, подбор источников.
- Выбор формата взаимодействия с данными сайтов.
- Формулирование поисковых запросов.
- Выбор формата получения результатов выполненных запросов.
- Обработка собранных данных и представление результатов обработки.

Подбор новостных источников выполнялся с использованием базы данных СМИ «Яндекс. Новости». Это служба взаимодействует с более чем 7000 новостных ресурсов. В процессе подбора источников проверялась гипотеза, что значимое информационное сообщение может быть представлено не только в специализированных источниках, но и в СМИ. В результате созданная выборка сайтов включала:

- новостные источники (lanit.ru; habrahabr.ru; snews.ru; computerra.ru и др.);
- федеральные и региональные СМИ (vesti.ru; newsru.com; regions.ru и др.);
- специальные источники в разрезе НИР (industrialnews.ru; transportrussia.ru; rbc.ru и др.).

Поисковые запросы формулировались с условиями и ограничениями языка запросов конкретного интернет-агрегатора и соответствующими возможностями их API. Для проведения сравнительного анализа эффективности сбора данных использованы разнообразные средства по сбору данных из сети Интернет. Например, условно-бесплатные программные продукты по обработке данных.

Таким образом, в результате практической реализации различных компонент предлагаемого в настоящей статье подхода продемонстрирована плодотворность его применения на различных участках инновационного процесса, начиная от стратегического планирования и заканчивая поддержкой принятия решений с применением методов анализа больших данных и систем искусственного интеллекта.

7. Дискуссия и заключение

Поддержка развития инновационной среды на основе сквозных цифровых технологий и ИИ требует выработки оригинального подхода к обеспечению, с одной стороны, целенаправленного стратегического взгляда на процессы синтеза новшеств в области продукции и услуг, а с другой стороны, характеризуется потребностью междисциплинарного подхода, имеющего склонность к проявлению дивергентных тенденций синтеза проектных решений. Здесь проявляется отмеченное в начале статьи фундаментальное противоречие между сложившимся консервативным трендом развития продуктовой политики и потребностью в разработке неординарных продуктов и услуг.

Для снятия отмеченных препятствий предложено применить авторский конвергентный подход, который создает необходимые условия для обеспечения сходимости процессов управления к нечетко поставленной цели. Этот подход уже нашел свое применение в секторах реальной экономики на федеральном, региональном, муниципальном и корпоративном уровнях, в частности, при разработке отраслевых стратегий социально-экономического развития. Инновационный аспект дополнительно накладывает требование обеспечения наукоемкой оригинальности. Этот подход помогает при проведении стратегических совещаний, коллективном синтезе междисциплинарных решений [21].

В получении оригинального результата может помочь применение эволюционных вычислений. Однако препятствием к его применению в рассматриваемой проблемной области в настоящее время является их реализация при больших объемах обрабатываемых данных [11].

Особым препятствием в приложении традиционных систем ИИ, в основном базирующихся на глубоком обучении, к развитию инновационной среды является их неспособность давать объяснение генерируемым ими выводам [22]. Это уже атрибут продвинутых методов ИИ, которые рассматриваются в рамках парадигм общего и сильного ИИ [23, 24].

Перечисленные результаты и препятствия позволяют определить направления дальнейших исследований авторов в области создания инновационных сред.

Работа поддержана Российским научным фондом, грант № 21–18–00184 «Социогуманитарные основания критериев оценки инноваций, использующих цифровые технологии и искусственный интеллект».

Литература

1. Raikov A.N., Ermakov A.N., Merkulov A.A. Assessments of the Economic Sectors Needs in Digital Technologies, Lobachevskii Journal of Mathematics. Pleiades Publishing, Ltd. 2019. Vol. 40, No. 11, pp. 1837–1847. Doi: <https://doi.org/10.1134/S1995080219110246>
2. Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications. [Электронный ресурс]: URL: https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL_Handbook.pdf: European Space Agency. 2008 (дата обращения: 23.05.2022)
3. Ozesmi S., Ozesmi U. Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. Ecol. Model. 2004. Vol. 176, No. 1–2, pp. 43–64.
4. Jetter A., Schweinfurt W. Building scenarios with Fuzzy Cognitive Maps: An exploratory study of solar energy. Futures. 2011. Vol. 43, No. 1, pp. 52–66.
5. Lazzarini B., Mkrtychyan L. Analyzing risk impact factors using extended fuzzy cognitive maps. IEEE Syst. J. 2011. Vol. 5, No. 2.
6. Ryjov A.P., Mikhalevich I.F. Hybrid intelligence framework for improvement of information security of critical infrastructures. In: Cruz-Cunha, M.M., Mateus-Coelho, N.R. (eds.) Handbook of Research on Cyber Crime and Information Privacy. Hershey, PA, US 2021. pp. 310–337.
7. Szwed P.: Classification and feature transformation with Fuzzy Cognitive Maps. Applied Soft Computing 2021. Vol. 105, 107271. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107271>.
8. de Souza L.B., Soares P.P., Mendonza M., Mourhir A., Papageorgiou E.I. Fuzzy cognitive maps and fuzzy logic applied in industrial processes control. In: 2018 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), IEEE, 2018. pp. 1–8.
9. Karatzinis G.D., Boutalis Y.S. Fuzzy cognitive networks with functional weights for time series and pattern recognition applications. Applied Soft Computing 106, 2021. 107415. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107415>
10. Kotseruba, I., Tsotsos. J.K.: 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. Artif. Intell. Rev. 2020. Vol. 53, No 1, pp. 7–94. <https://doi.org/10.1007/s10462-018-9646-y>
11. Hadi A.A., Mohamed A.W. & Jambi K.M. LSHADE-SPA memetic framework for solving large-scale optimization problems. Complex Intell. Syst. 2019. Vol. 5, pp. 25–40 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40747-018-0086-8>
12. ISO 15704:2019 Enterprise modelling and architecture — Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies.
13. The TOGAF Standard, Version 9.2 Overview. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.opengroup.org/togaf> (дата обращения 23.05.2022).
14. Gubanov D., Korgin N., Novikov D., Raikov A. E-Expertise: Modern Collective Intelligence. Springer. Series: Studies in Computational Intelligence, 2014. XVIII, Vol. 558, 112 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-06770-4>
15. Ершова Т.В., Райков А.Н., Хохлов Ю.Е. Система мониторинга потребностей отраслей экономики в цифровых платформах и технологиях // Информационное общество. 2020. № 2. С. 2-17. <http://infosoc.iis.ru/article/view/460>
16. Raikov A. Automating Cognitive Modelling Considering Non-Formalisable Semantics. In: Nagar A.K., Jat D.S., Marín-Raventós G., Mishra D.K. (eds) Intelligent Sustainable Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Singapore. 2022. Vol 334. pp 11-18. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6369-7_2
17. Vapnik V. The nature of statistical learning theory / V. Vapnik. — Switzerland AG: Springer Nature, 1995.
18. Sadr A. V., Farhang M., Movahed S. M. S., Bassett B., Kunz M. Cosmic String Detection with Tree-Based Machine Learning. 2018, pp. 1-7, arXiv:1801.04140v1 [astro-ph.CO].

19. Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития / Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. Райкова / Авторский коллектив: Авдеева З.К., Зацаринный А.А., Журенков Д.А., Ильин Н.И., Колин К.К., Лепский В.Е., Малинецкий Г.Г., Райков А.Н., Савельев А.М., Сильвестров С.Н., Славин А.Б., Славин Б.Б. – М.: Когито-Центр, 2018. 320 с.
20. Raikov A. Megapolis Tourism Development Strategic Planning with Cognitive Modelling Support. In: Yang X.S., Sherratt S., Dey N., Joshi A. (eds) Fourth International Congress on Information and Communication Technology (London). Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. Vol. 1041. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0637-6_12
21. Raikov A. Convergent Ontologization of Collective Scientific Discoveries, 2021 14th International Conference Management of large-scale system development (MLSD), 2021. pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/MLSD52249.2021.9600184>
22. Райков А.Н. Субъектность объяснимого искусственного интеллекта // Философские науки. 2022. № 1. (в печати)
23. Wang P. On defining artificial intelligence. Journal of Artificial General Intelligence. Philadelphia, USA, Temple University. 2019. Vol 10, No 2, pp 1–37,. <https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002>
24. Raikov A. Cognitive semantics of artificial intelligence: A new perspective. Springer Singapore, Topics: Computational Intelligence XVII. 2021. <https://doi.org/10.1007/978-981-33-6750-0>

References in Cyrillics

1. Raikov A.N., Ermakov A.N., Merkulov A.A. Assessments of the Economic Sectors Needs in Digital Technologies, Lobachevskii Journal of Mathematics. Pleiades Publishing, Ltd. 2019. Vol. 40, No. 11, pp. 1837–1847. Doi: <https://doi.org/10.1134/S1995080219110246>
2. Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications. [Электронный ресурс]: URL: https://artes.esa.int/sites/default/files/TRL_Handbook.pdf: European Space Agency. 2008 (дата обращения: 23.05.2022)
3. Ozesmi S., Ozesmi U. Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. Ecol. Model. 2004. Vol. 176, No. 1–2, pp. 43–64.
4. Jetter A., Schweinfurt W. Building scenarios with Fuzzy Cognitive Maps: An exploratory study of solar energy. Futures. 2011. Vol. 43, No. 1, pp. 52–66.
5. Lazzerini B., Mkrtchyan L. Analyzing risk impact factors using extended fuzzy cognitive maps. IEEE Syst. J. 2011. Vol. 5, No. 2.
6. Ryjov A.P., Mikhalevich I.F. Hybrid intelligence framework for improvement of information security of critical infrastructures. In: Cruz-Cunha, M.M., Mateus-Coelho, N.R. (eds.) Handbook of Research on Cyber Crime and Information Privacy. Hershey, PA, US 2021. pp. 310–337.
7. Szwed P.: Classification and feature transformation with Fuzzy Cognitive Maps. Applied Soft Computing 2021. Vol. 105, 107271. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107271>.
8. de Souza L.B., Soares P.P., Mendonça M., Mourhir A., Papageorgiou E.I. Fuzzy cognitive maps and fuzzy logic applied in industrial processes control. In: 2018 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), IEEE, 2018. pp. 1–8.
9. Karatzinis G.D., Boutalis Y.S. Fuzzy cognitive networks with functional weights for time series and pattern recognition applications. Applied Soft Computing 106, 2021. 107415. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107415>.
10. Kotseruba, I., Tsotsos. J.K.: 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. Artif. Intell. Rev. 2020. Vol. 53, No 1, pp. 7–94. <https://doi.org/10.1007/s10462-018-9646-y>.
11. Hadi A.A., Mohamed A.W. & Jambi K.M. LSHADE-SPA memetic framework for solving large-scale optimization problems. Complex Intell. Syst. 2019. Vol. 5, pp. 25–40 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40747-018-0086-8>
12. ISO 15704:2019 Enterprise modelling and architecture — Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies.
13. The TOGAF Standard, Version 9.2 Overview. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.opengroup.org/togaf> (дата обращения 23.05.2022).
14. Gubanov D., Korgin N., Novikov D., Raikov A. E-Expertise: Modern Collective Intelligence. Springer. Series: Studies in Computational Intelligence, 2014. XVIII, Vol. 558, 112 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-06770-4>
15. Ershova T.V., Rajkov A.N., Hohlov Ju.E. Sistema monitoringa potrebnostej otraslej jekonomiki v cifrovyh platformah i tehnologijah // Informacionnoe obshhestvo. 2020. № 2. S. 2-17. <http://infosoc.iis.ru/article/view/460>.
16. Raikov A. Automating Cognitive Modelling Considering Non-Formalisable Semantics. In: Nagar A.K., Jat D.S., Marín-Raventós G., Mishra D.K. (eds) Intelligent Sustainable Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Singapore. 2022. Vol 334. pp 11-18. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6369-7_2
17. Vapnik V. The nature of statistical learning theory / V. Vapnik. — Switzerland AG: Springer Nature, 1995.

18. Sadr A. V., Farhang M., Movahed S. M. S., Bassett B., Kunz M. Cosmic String Detection with Tree-Based Machine Learning. 2018, pp. 1-7, arXiv:1801.04140v1 [astro-ph.CO].
19. Strategicheskoe celepolaganie v situacionnyh centrakh razvitiya / Pod red. V.E. Lepsikogo, A.N. Rajkova / Avtorskij kollektiv: Avdeeva Z.K., Zaccarinyj A.A., Zhurenkov D.A., Il'in N.I., Kolin K.K., Lepskij V.E., Malineckij G.G., Rajkov A.N., Savel'ev A.M., Sil'vestrov S.N., Slavin A.B., Slavin B.B. – M.: Kogito-Centr, 2018. 320 s.
20. Raikov A. Megapolis Tourism Development Strategic Planning with Cognitive Modelling Support. In: Yang X.S., Sherratt S., Dey N., Joshi A. (eds) Fourth International Congress on Information and Communication Technology (London). Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. Vol. 1041. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0637-6_12
21. Raikov A. Convergent Ontologization of Collective Scientific Discoveries, 2021 14th International Conference Management of large-scale system development (MLSD), 2021. pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/MLSD52249.2021.9600184>
22. Raikov A.N. Sub#ektnost' ob#jasnimogo iskusstvennogo intellekta // Filosofskie nauki. 2022. № 1. (v pechati)
23. Wang P. On defining artificial intelligence. Journal of Artificial General Intelligence. Philadelphia, USA, Temple University. 2019. Vol 10, No 2, pp 1–37. <https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002>.
24. Raikov A. Cognitive semantics of artificial intelligence: A new perspective. Springer Singapore, Topics: Computational Intelligence XVII. 2021. <https://doi.org/10.1007/978-981-33-6750-0>.

*Райков А.Н., д.т.н., профессор
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва
Коротаяев Д.А. магистрант
Российская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации
Alexander Raikov (Alexander.N.Raikov@gmail.com)
Danila Korotaev (Danila-Korotaev@mail.ru)*

Ключевые слова

Искусственный интеллект, инновационная среда, коллективные решения, конвергентный подход, уровни готовности продукта.

Alexander Raikov, Danila Korotaev. Innovative environment development support with using artificial intelligence

Keywords

Artificial intelligence, innovative environment, collective solutions, convergent approach, product readiness levels.

DOI: 10.34706/DE-2022-02-03

JEL classification: C02 – Математические методы,

Abstract

The article addresses the definition of problems and the main directions of their resolution in the field of intensifying the formation of an innovative environment through the use of promising methods of artificial intelligence (AI) in the digital economy. An assessment of the state of various approaches to the formulation and resolution of these problems in world science and practice has been carried out. A reference architectural model of activity in an innovative environment generalized for various countries was built with the support of end-to-end digital technologies and AI. The author's convergent approach is proposed to ensure the purposefulness and sustainability of the development of interdisciplinary innovation processes, including the collective synthesis of innovative ideas and solutions, with high uncertainty of goals and in a dynamically segmented market. This approach is based on the inverse problem-solving method in topological spaces. The expediency is substantiated and the mechanism of investment support for the phased development of many innovative processes is proposed, in which at certain stages the incentive initiative is intercepted by business. Methods and technologies of the Quality Functions Deployment and assessing the technological, production and market readiness (TRL/MRL/CRL) of an innovative product, which have been developed over many years in the world innovation practice, were used as tools for building up the stages of development of innovative processes. The special role of distributed expert procedures, which bear the main burden of the collective synthesis of strategic innovations, is noted. The unique role of AI systems and other end-to-end digital technologies for accelerating interdisciplinary innovation processes is shown. As a practical implementation, examples of applying the proposed approach to providing support for the development of an innovative environment using AI tools in the real practice of public administration are listed.